



**Politecnico
di Torino**

La Trasformazione della pratica progettuale con introduzione dell'IA

Il caso delle Pratiche Edilizie

**Tesi di Laurea Magistrale in
Architettura Costruzione e Città**
Dipartimento di Architettura e Design
A.A. 2024-2025

Relatore:
Giovanni Durbiano

Studente:
Simone Smoglica

Matricola:
217425

Politecnico di Torino

La Trasformazione della pratica progettuale con introduzione dell'IA

Il caso delle Pratiche Edilizie

Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione e Città



Relatore:
Giovanni Durbiano

Studente:
Simone Smoglica

Ringraziamenti

Per la seconda volta nella mia vita, mi trovo di fronte alla possibilità di esprimere la mia gratitudine nei confronti di amici, parenti, colleghi e persone che in qualche modo hanno interessato il mio lungo e non semplice percorso accademico. Per mantenere coerenza userò lo stesso Incipit che usai nei ringraziamenti della precedente Tesi.

"Ringrazio tutti coloro che hanno sofferto insieme a me questo percorso universitario"; vorrei partire con ringraziare le tre persone fondamentali per la redazione della mia tesi, che mi hanno spronato e sostenuto nella ricerca dei contenuti e della forma finale. Il Professore e Architetto Giovanni Durbiano, che ha sempre trovato interesse in quello che ho fatto, facendomi riavvicinare anche al mondo Accademico che non frequentavo da diverso tempo. Il mio amico e compagno di studi di lunga data, l'Architetto Marco Pippione, che si è interessato al mio impegno e mi ha sostenuto nel percorso finale. La Professoressa e Architetto Federica Joe Gardella che ha curato nei massimi dettagli le revisioni nella forma e nei contenuti, grazie alle sue conoscenze innovative e alla solarità con cui è riuscita a sostenermi nelle fasi finali.

Ringrazio la mia famiglia, ai quali ho taciuto che sono arrivato al traguardo finale, dopo anni di richieste e supporto ricevuto per riuscire a raggiungerlo; spero che non ci rimarranno troppo male se non saranno invitati il giorno dell'esposizione, ma possono essere certi che sono orgoglioso di quello che ho prodotto.

Ringrazio il mio gruppo di scuola Superiore che attendeva questo momento da tanto tempo.

Ringrazio Antonio Losacco, scrittore emergente, che mi arricchisce costantemente con le sue esperienze di vita vissuta, Alessandro Varesio, compagno di sventure e di ingiustizie, che ha saputo trovare la sua strada per la felicità, i miei ex-colleghi ed amici Cristiano e Paolo, infine Marcello C., il numero 1 tra i commessi di Torino.

Ringrazio il Magistrato Giovanni Falcone, assassinato il giorno del mio compleanno, per avermi dato la più vera definizione di "Coraggio"

Ringrazio il Napoli per aver vinto lo scudetto il giorno del mio compleanno e tutti i suoi tifosi che decideranno di marchiare questo giorno sul loro corpo.

Infine vorrei ringraziare i miei colleghi, l'Architetto Gazmend Reitano, il Geometra Francesco La Rocca e la Geometra Gaia Broggio, l'Architetto Vladyslav Mazur.

Abstract

L'intelligenza artificiale sta progressivamente ridefinendo il panorama operativo dell'architettura, non solo in termini di strumenti tecnici ma anche come paradigma culturale, epistemologico e professionale. Questa tesi si propone di indagare, da una prospettiva concreta e operativa, il potenziale dell'IA all'interno delle pratiche edilizie quotidiane, valutandone con spirito critico ma costruttivo l'impatto positivo nella realtà di uno studio professionale condotto da un libero professionista.

L'intero lavoro nasce dal confronto diretto con situazioni reali affrontate durante l'attività lavorativa quotidiana, con l'obiettivo di testare e comprendere come gli strumenti di intelligenza artificiale possano contribuire ad alleggerire le fasi ripetitive, ottimizzare la redazione documentale, migliorare la comunicazione con i committenti e supportare l'interpretazione normativa.

Il percorso si apre con un'analisi storica dell'evoluzione digitale dell'architettura, dalle prime sperimentazioni con il CAD fino all'adozione di ambienti immersivi e strumenti BIM. Si evidenziano i passaggi chiave che hanno condotto alla formalizzazione di nuove figure professionali, alla diffusione di linguaggi di programmazione visuale e all'esigenza crescente di interoperabilità tra software e discipline. All'interno di questo contesto, la standardizzazione informativa emerge come condizione necessaria per l'efficacia dei processi automatizzati e per l'integrazione dell'IA.

Nel secondo capitolo si affronta il tema dell'intelligenza artificiale come cornice concettuale, distinguendo i principali modelli di apprendimento automatico, le loro genealogie e i principi operativi. Particolare attenzione è riservata al Prompt Engineering, nuova forma di interazione semantica tra progettista e macchina, capace di influenzare profondamente l'efficacia delle risposte generate. Il discorso si estende poi alla ridefinizione dell'autorialità progettuale e alla nascita di un sapere architettonico aumentato, che integra processi cognitivi umani e agenti intelligenti.

Il terzo capitolo è dedicato al rapporto tra IA e normativa edilizia. Dopo aver ricostruito l'attuale quadro giuridico multilivello, si valutano le potenzialità dell'IA come assistente normativo: dalla redazione delle pratiche alla consultazione intelligente dei codici edilizi. Un caso studio sperimentale — condotto sulla piattaforma ArcAi — mostra come l'intelligenza artificiale possa supportare l'interazione tra testo normativo, documentazione tecnica e rappresentazioni grafiche, pur evidenziando i limiti legati alla responsabilità e alla discrezionalità interpretativa.

Il quarto capitolo presenta sei casi studio tratti dalla pratica professionale: pratiche di sanatoria, computi metrici, restauro su beni vincolati, visualizzazioni architettoniche e simulazioni materiche. L'IA è stata impiegata come strumento di supporto concreto, con risultati incoraggianti in termini di efficienza, precisione e qualità comunicativa. La sezione si conclude con una riflessione metodologica sull'applicazione del Prompt Engineering ai contesti edilizi e su alcune possibilità di applicazione di una politica degli Archivi.

Infine, l'ultimo capitolo propone uno sguardo prospettico sulla figura del progettista. L'architetto del futuro è descritto come una figura ibrida, capace di abitare il linguaggio computazionale senza rinunciare alla dimensione umanistica e critica del progetto. Viene delineato un orizzonte formativo rinnovato, in cui le competenze algoritmiche convivono con il ruolo del tecnico e con una nuova sensibilità culturale, in un equilibrio dinamico tra tecnica e significato.

1 Capitolo

L'Evoluzione digitale degli Strumenti per Architettura

L'evoluzione degli strumenti digitali in architettura:	12
dalle origini alla realtà virtuale	12
Il BIM: dalla modellazione digitale alla gestione intelligente dell'architettura	16
Software e linguaggi: verso un'architettura computazionale integrata	18
Interoperabilità e integrazione digitale: una nuova cultura del progetto architettonico	21
La standardizzazione dei dati:	24
fondamento invisibile della progettazione digitale	24
Singapore: laboratorio urbano della digitalizzazione edilizia	26
Intelligenza artificiale e futuro dei workflow progettuali: una visione operativa e prospettica	28
La Politica degli Archivi	30

2 Capitolo

Il Machine Learning e l'Evoluzione dell'IA

Machine Learning: paradigmi, genealogie e implicazioni culturali	34
Le cinque "tribù" del machine learning: approcci epistemologici all'apprendimento automatico	35
Modalità di apprendimento e classificazione	36
Intelligenza artificiale, identità e cultura: una riflessione	38
Architettura e machine learning: possibilità, esperimenti e limiti	38
Intelligenza Artificiale e Architettura: un cambio di paradigma	39
L'intelligenza artificiale come specchio della creatività: tra automazione e autorialità	40
Addestrare una rete neurale: tecnica, intenzione e ruolo del progettista	42

SCHEDA APPROFONDIMENTO 1

L'uso dell'Intelligenza Artificiale nella generazione automatica di layout architettonici: un approccio ibrido tra GNN e ABM	44
--	----

SCHEDA APPROFONDIMENTO 2

Il Caso di Zaha Hadid Architects e l'uso attivo dell'Intelligenza Artificiale	48
Fondamenti concettuali del Prompt Engineering	50
Linee guida per una progettazione efficace dei prompt	51
Linee guida per una progettazione efficace dei prompt	54
Le Sfide Chiave nel Prompt Engineering	55

SCHEDA SINTETICA

TECNICHE DEL PROMPT ENGINEERING	58
---------------------------------	----

SCHEDA SINTETICA

PRINCIPALI RISCHI PER LA SICUREZZA NEL PROMPT ENGINEERING	59
---	----

ChatGPT e l'architettura: tra simulazione cognitiva e supporto operativo nei processi edilizi	60
---	----

SCHEDA SINTETICA

ESEMPI DI ASSISTENTI FUNZIONALI NELL'ARCHITETTURA E NELL'EDILIZIA	62
---	----

SCHEDA SINTETICA

TECNICHE AVANZATE DI PROMPT ENGINEERING PER ARCHITETTURA	63
--	----

SCHEDA APPROFONDIMENTO 3

Intelligenza Artificiale e Conservazione Architettonica: Analisi Critica della Tesi "Il rilievo e il monitoraggio della Cattedrale di San Matteo a Salerno"	64
---	----

SCHEDA APPROFONDIMENTO 4

Il tuo professionista Reitano: ChatBot per uno studio professionale Tecnico	68
---	----

3 Capitolo

La Normativa nelle Pratiche Edilizie

Disciplina e nozioni fondamentali	72
Sanatorie culturali e paesaggistiche: disciplina, limiti e implicazioni applicative	73
Prospettive per l'automazione: i limiti della codificabilità	75
L'applicazione dell'Intelligenza Artificiale nel supporto normativo-edilizio: il caso ArcAi	76
Considerazioni emerse dal confronto con uno sviluppatore di ArcAi	77
Apprendimento e Istruzione dell'Intelligenza Artificiale applicata:	80
Sanatoria edilizia in Piazza Castello, Torino	80

4 Capitolo

Casi Studio di IA Applicata alle Pratiche Edilizie

Casi studio applicativi:	
Intelligenza Artificiale nelle pratiche edilizie e confronto con il Prompt Engineering	86
Casi studio SCIA, sanatoria:	
Intelligenza Artificiale applicata per Relazione Tecnica Illustrativa alla fine di sanare Unità Immobiliare	88
Casi studio SCIA, sanatoria:	
Metodologia consigliata per il Prompt Engineering del caso studio	92
Caso studio Soprintendenza di Belle Arti:	
Intelligenza Artificiale applicata per autorizzazione alla Soprintendenza di Belle Arti, Comune di Torino	96
Casi studio SCIA, sanatoria:	
Metodologia consigliata per il Prompt Engineering del caso studio	102
Caso studio calcolo SLP:	114
Intelligenza Artificiale applicata per frazionamento edilizio e calcolo della SLP, Comune di Torino	114
Casi studio calcolo SLP:	
Prompt Engineering per estrapolazione dati e calcolo SLP da Planimetri, script Python per API	118
Caso studio Capitolato Tecnico:	
Redazione Capitolato Tecnico e CME da Analisi Visiva di IA	124
Casi studio calcolo SLP:	
Prompt Engineering per CME rifacimento portale ingresso	128
Caso studio Fotoinserimento:	
Relazione con foto Illustrativa per modifiche Antibagno in CILA e SCIA Sanatoria	138
Casi studio Fotoinserimento:	
Prompt Engineering per corrette istruzioni su Adobe Firefly	142
Caso studio Render materiali:	
Utilizzo di IA Generativa per soluzioni di finitura progetto	146
Casi studio Render con IA Generativa:	
Prompt Engineering per corrette istruzioni su Adobe Firefly	150
La Politica degli Archivi	154
Analisi Critica	156

5 Capitolo

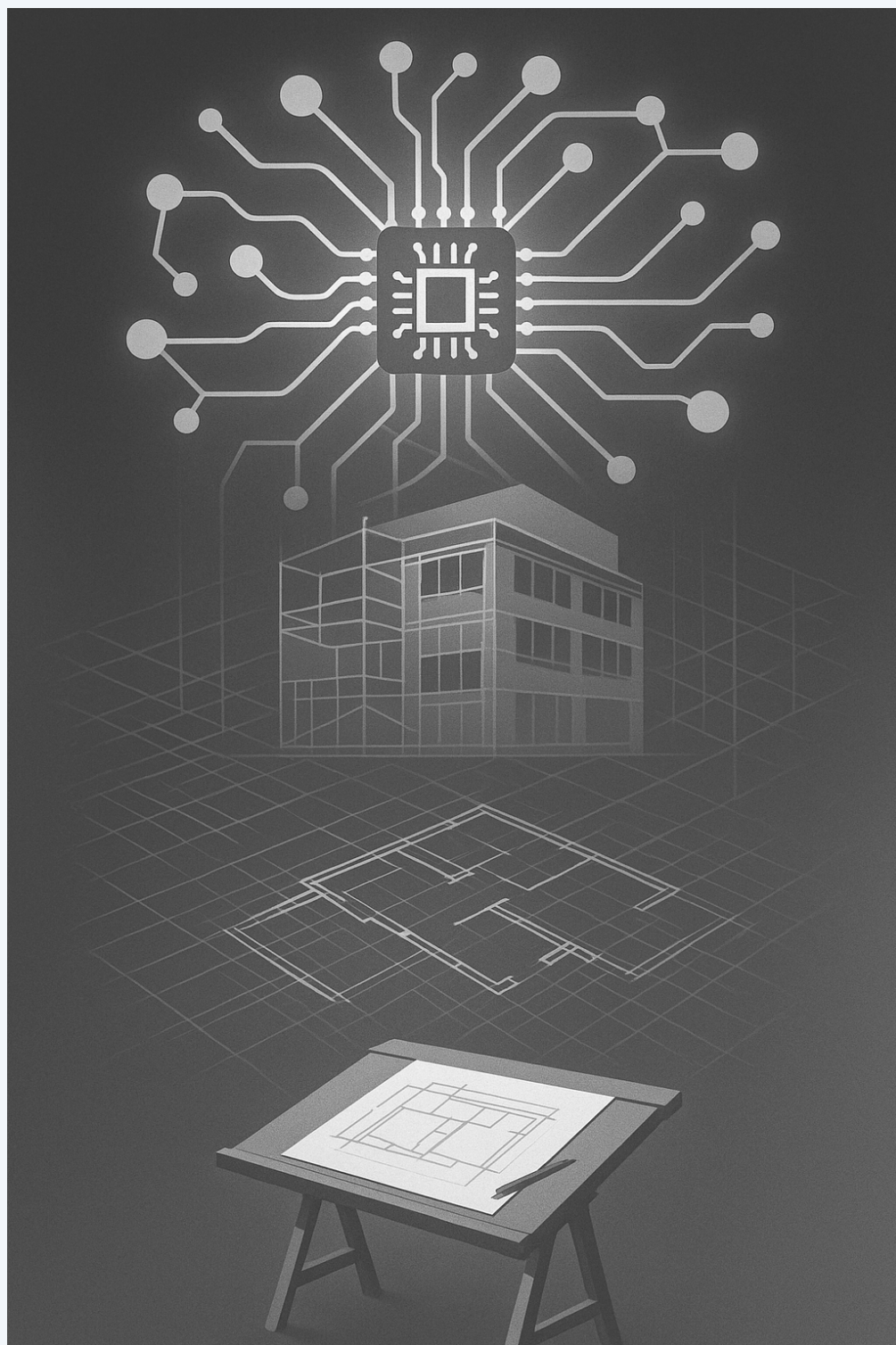
Prospettive Operative

Riflessione Critica e Prospettive Operative	160
Il pensiero di Mario Carpo: dal digitale al post-digitale	162

Il pensiero di Zvonko Luković: il progettista come curatore di conoscenza condivisa	163
Intelligenza artificiale e trasformazione epistemica del sapere architettonico	164
Convergenze e discontinuità: il mio lavoro tra teoria e pratica	166
Conclusioni: abitare il margine, gestire l'incertezza	167

1 Capitolo

L'Evoluzione digitale degli Strumenti per Architettura



1.1

L'evoluzione degli strumenti digitali in architettura: dalle origini alla realtà virtuale

Nel corso del XX secolo, l'architettura ha vissuto una trasformazione profonda che ha rivoluzionato la sua pratica quotidiana. Al centro di questo mutamento c'è stata l'ascesa degli strumenti digitali, capaci di ridefinire radicalmente il modo in cui si progetta, si visualizza e si realizza l'ambiente costruito. Ciò che un tempo era prerogativa di pochi matematici o ingegneri, oggi costituisce la normalità operativa per architetti e progettisti di tutto il mondo.

Le origini di questa rivoluzione affondano nel pensiero matematico moderno. Già nel Seicento, Leibniz formulò il concetto di sistema binario, ispirandosi anche a concetti filosofici orientali come quelli presenti nell'antico I Ching. Tuttavia, occorrerà attendere il secolo scorso per assistere alla concretizzazione di queste intuizioni in forma di macchine calcolatrici. Un esempio emblematico è il Colossus, primo computer elettronico programmabile, sviluppato in ambito bellico durante la Seconda Guerra Mondiale. In quel periodo, i calcolatori erano strumenti enormi e inaccessibili, riservati a operazioni complesse e a personale altamente specializzato.

La svolta arrivò quando l'interazione uomo-macchina divenne più intuitiva. L'introduzione delle prime interfacce grafiche segnò un cambio di paradigma: non era più necessario scrivere codice per comunicare con il computer. Negli anni Sessanta, Ivan Sutherland sviluppò Sketchpad (fig. 1), un sistema pionieristico che permetteva per la prima volta di disegnare direttamente su schermo utilizzando un dispositivo di puntamento. Quel

Figura 1
Ivan Sutherland durante l'utilizzo di Sketchpad nel 1963

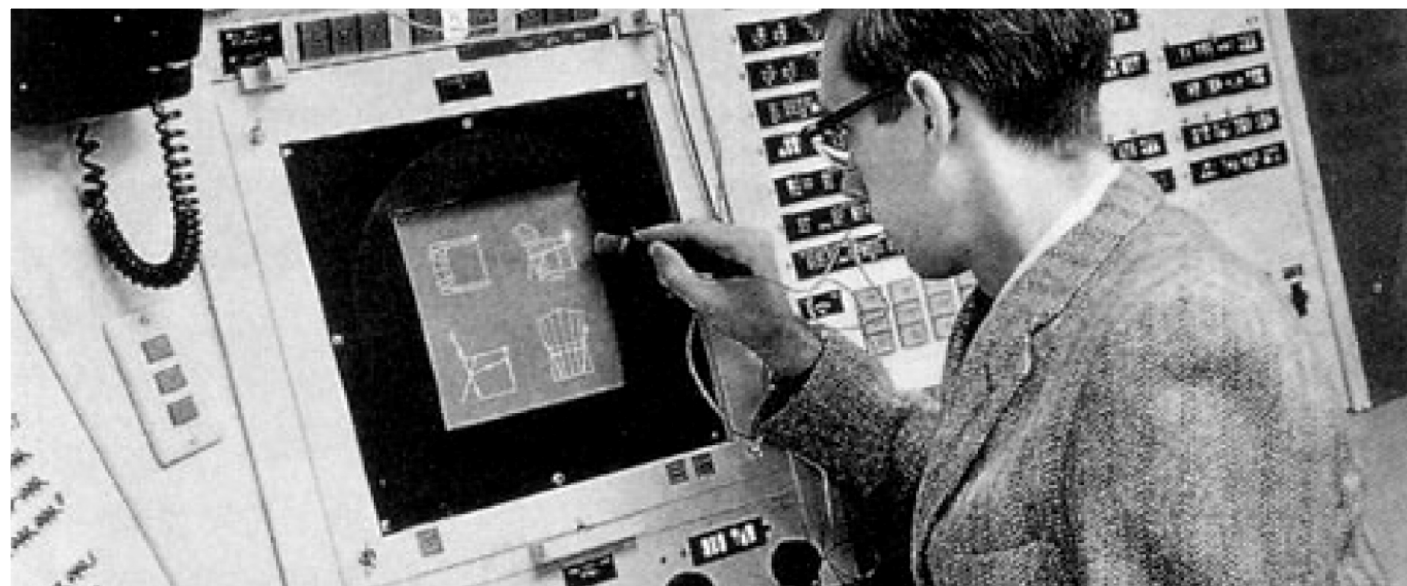




Figura 2
Walt Disney Councert Hall a Los Angeles, di Frank Gehry

prototipo, seppur rudimentale, è riconosciuto come l'antenato dei moderni software CAD, aprendo la strada alla digitalizzazione della rappresentazione architettonica.

Negli anni Settanta e Ottanta, mentre l'industria automobilistica e quella aerospaziale iniziavano a integrare strumenti di progettazione assistita (CAD) nei loro processi, anche l'architettura iniziò a esplorare queste possibilità. Software come CATIA, originariamente pensati per la progettazione meccanica, furono adattati per affrontare geometrie complesse anche in ambito edilizio. Un esempio celebre è il Guggenheim Museum di Bilbao, o il Walt Disney Councert Hall (fig. 2) di Frank Gehry, dove l'uso di CATIA rese possibile la realizzazione di superfici curve e articolate altrimenti difficili da documentare e costruire.

L'introduzione di AutoCAD (fig. 3 e 4) nel 1982 segnò un punto di svolta importante. Questo software rese la progettazione digitale accessibile a una fascia molto più ampia di professionisti, contribuendo alla progressiva sostituzione del disegno manuale con quello digitale. Parallelamente, la diffusione delle curve NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) e di strumenti come Rhinoceros 3D ampliò ulteriormente il ventaglio formale a disposizione dei progettisti, consentendo la modellazione di superfici organiche con estrema precisione.

Con gli anni Novanta, si verificò un cambiamento più profondo: l'architettura iniziò a considerare il digitale non solo come mezzo di rappresentazione, ma come componente integrante del processo creativo. Molti studi pionieristici iniziarono a sperimentare software originariamente destinati ad altri ambiti, come Maya, nato per la computer animation, per esplorare forme fluide, dinamiche e complesse. Fu in questo contesto che nacquero anche i primi esperimenti di progettazione generativa e parametrica, che introdussero un approccio completamente nuovo: non si disegnava più una forma, ma si costruiva un sistema capace di generarne molte.

La comparsa del Building Information Modeling (BIM) consolidò questa tendenza, andando oltre la semplice modellazione tridimensionale. Il BIM trasformò l'oggetto architettonico in un contenitore di informazioni complesse: dati geometrici, prestazioni energetiche,

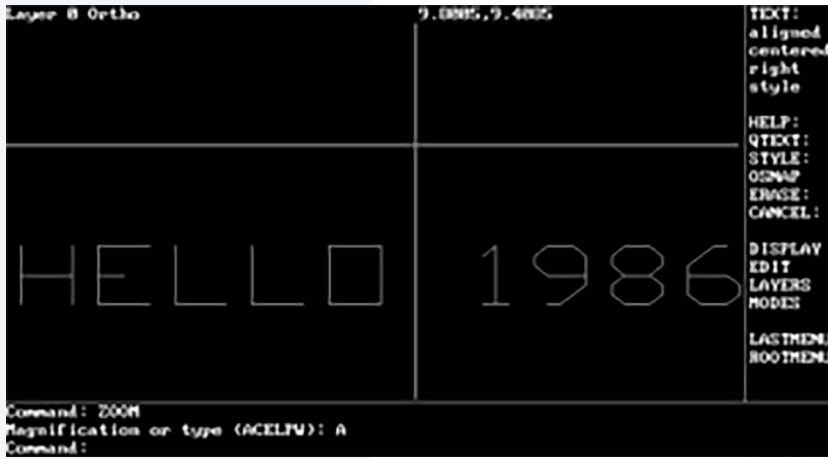


Figura 3 e 4
Interfaccia e supporto di Autocad v.2.2, immagini prese dal sito https://autodesk.blogs.com/between_the_lines/ per gentile concessione di Shaan Hurley



materiali, relazioni spaziali e temporali. La progettazione diventava così anche gestione e previsione, ponendo le basi per una logica di ciclo di vita dell'edificio più consapevole e integrata.

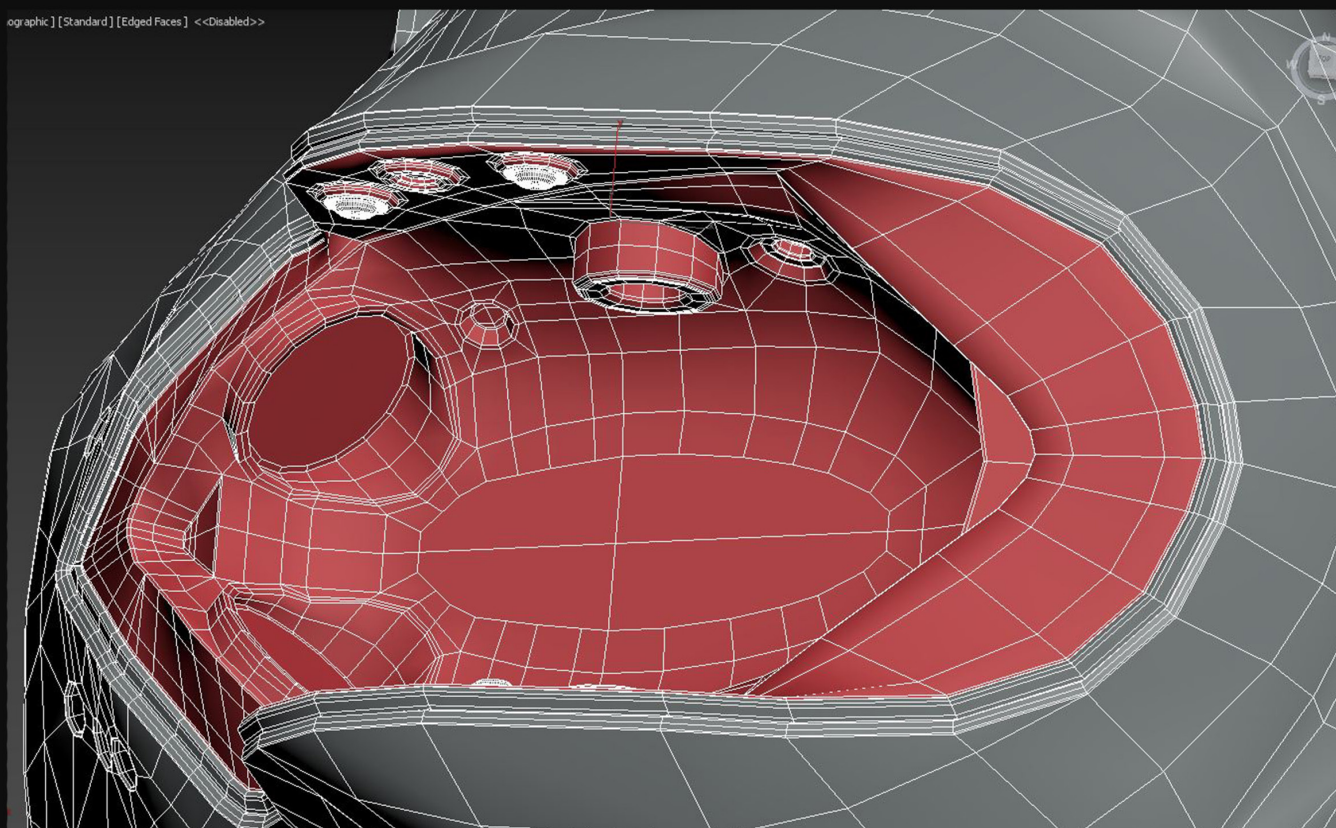
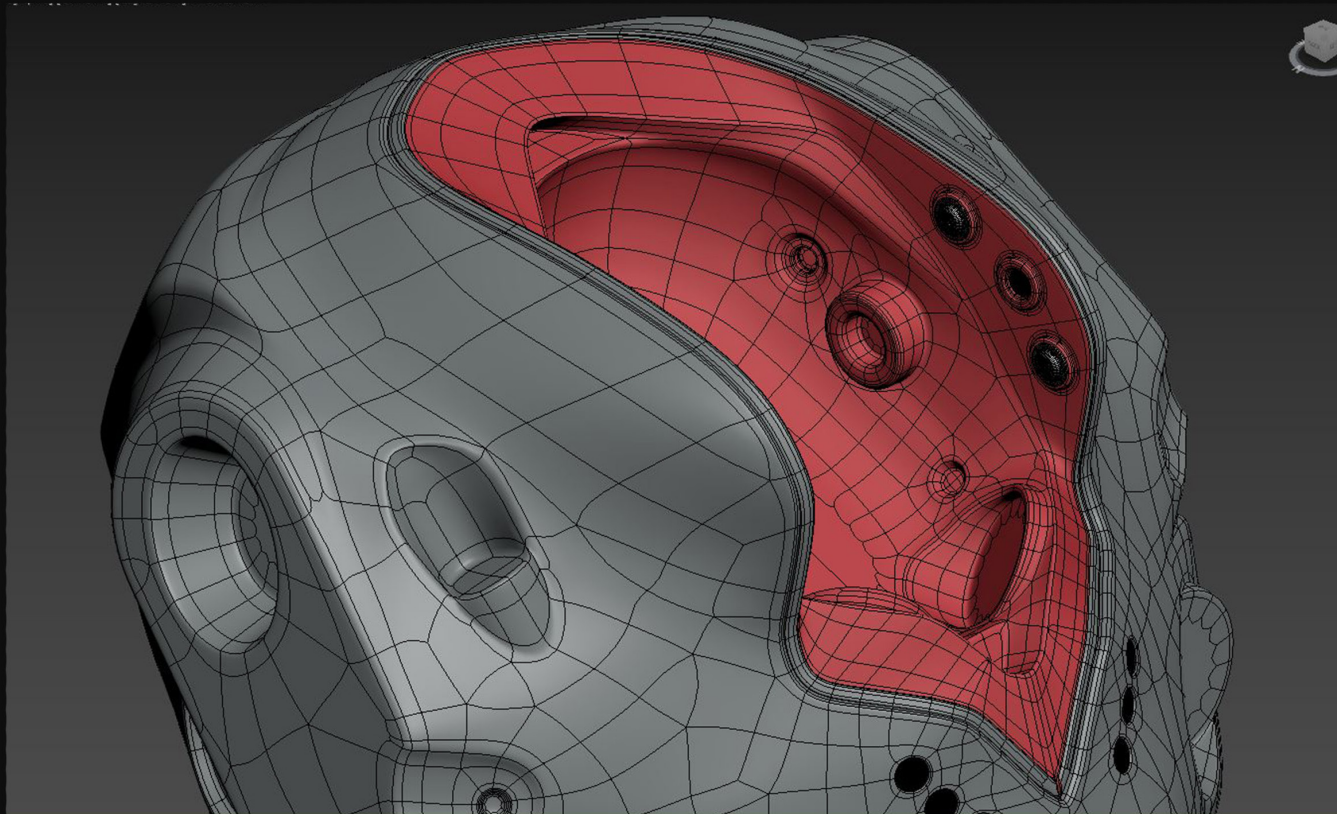
Negli anni Duemila, l'avvento di strumenti come Grasshopper 3D e Dynamo rese accessibile la progettazione parametrica a una comunità più ampia. Questi ambienti visuali consentivano di definire relazioni tra parametri geometrici e ottenere modelli che si adattavano dinamicamente a input variabili. L'approccio generativo non era più solo prerogativa dei ricercatori, ma entrava negli studi di progettazione quotidiani. In parallelo, i motori grafici come Unreal Engine e Unity3D, nati in ambito videoludico, vennero progressivamente adottati anche in architettura per simulazioni immersive e percorsi virtuali interattivi.

Oggi l'evoluzione continua e si arricchisce di un ulteriore livello: l'intelligenza artificiale. Modelli di machine learning e reti neurali stanno cominciando a essere impiegati per generare soluzioni architettoniche, prevedere comportamenti strutturali, ottimizzare consumi energetici o simulare scenari di usura e degrado. La presenza dell'IA suggerisce un passaggio ulteriore: l'automazione non riguarda più solo la modellazione, ma entra nella sfera delle decisioni progettuali, aprendo scenari ancora in parte da esplorare.

In questa prospettiva, si possono individuare almeno cinque categorie principali di modelli digitali adottati nel progetto architettonico: i modelli CAD, che traslano nel digitale la logica del disegno tecnico; i modelli di formazione, che introducono dinamiche topologiche e processi morfogenetici; i modelli generativi, in cui il progetto è il risultato di algoritmi parametrici; i modelli performativi, che valutano gli esiti sulla base di criteri ambientali o strutturali; infine, i modelli compositi, che integrano tutte queste dimensioni in piattaforme unificate, come nel caso del BIM.

La combinazione tra questi modelli e le tecnologie emergenti come la realtà virtuale o l'intelligenza artificiale sta cambiando il ruolo stesso del progettista. L'architetto non è più solo un autore di forme, ma diventa un mediatore tra sistemi complessi, un curatore di dati, un interprete di scenari, un "programmista" che opera al confine tra arte e tecnologia. In definitiva, l'evoluzione degli strumenti digitali ha ridefinito il campo dell'architettura, trasformandolo in un ambito sempre più interdisciplinare, dove la padronanza tecnica si affianca alla capacità di pensare criticamente i nuovi media. Il digitale, oggi, non è solo un mezzo: è un linguaggio, un ambiente operativo e un orizzonte di possibilità progettuali.

Figura 5
Modellazione delle superfici attraverso
NURBS, su Rhinoceros. Crediti di
Mathias Develtere, Valve Designer



1.2

Il BIM: dalla modellazione digitale alla gestione intelligente dell'architettura

Con l'avvento del Building Information Modeling – più comunemente noto come BIM – l'architettura ha vissuto una delle sue più profonde rivoluzioni metodologiche. Non si è trattato solo dell'introduzione di nuovi strumenti, ma di un vero e proprio ripensamento dei processi progettuali, delle modalità di collaborazione tra professionisti e delle strategie di gestione dell'intero ciclo di vita dell'edificio.

Le origini concettuali di questa innovazione risalgono agli anni Settanta, quando Charles Eastman – uno dei pionieri del settore – formulò l'idea del Building Description System. Si trattava di un modello digitale dotato di intelligenza informativa, capace di aggiornarsi dinamicamente e contenere dati provenienti da diverse discipline. Negli anni Ottanta, esperienze come quella del software RUCAPS iniziarono a introdurre forme elementari di parametrizzazione e tridimensionalità, anticipando l'orizzonte del BIM. Tuttavia, fu solo negli anni Novanta che nacquero piattaforme dedicate, come ArchiCAD, Revit e VectorWorks, capaci di incarnare pienamente questa nuova filosofia progettuale.

All'epoca, era facile confondere il BIM con una semplice evoluzione del disegno tridimensionale, ma il salto concettuale era ben più radicale. Mentre i software CAD si limitavano a rappresentare graficamente le forme, il BIM organizzava e gestiva il progetto come un ecosistema informativo articolato. In altre parole, non si modellavano più solo geometrie, ma sistemi intelligenti.

Il BIM si fonda infatti su sei principi fondamentali che ne delineano l'approccio: l'abbandono del disegno manuale in favore della digitalizzazione totale; la possibilità di navigare nel modello in modalità immersiva; la misurabilità precisa di ogni componente; l'integrazione di dati tecnici, economici e prestazionali; la condivisione del lavoro tra più attori; e infine la durabilità del modello digitale lungo l'intero arco di vita dell'edificio.

Uno degli aspetti più significativi del BIM è la sua struttura "object-based", mutuata dalla programmazione orientata agli oggetti. Ogni elemento architettonico – che si tratti di un muro, una finestra, un impianto – è rappresentato come un'istanza intelligente, dotata non solo di geometria, ma anche di proprietà materiali, parametri prestazionali e relazioni dinamiche con altri componenti. Per esempio, se si modifica la quota di un solaio, i pilastri ad esso collegati si aggiornano automaticamente, mantenendo coerenza e integrità strutturale.

Questa logica porta con sé un grande vantaggio operativo: le modifiche sono simultanee, tracciabili e condivise. Si riducono così le incongruenze, gli errori e le ridondanze

tipiche della progettazione tradizionale. Inoltre, grazie all'utilizzo di librerie di oggetti standardizzate – spesso fornite direttamente dai produttori di materiali e componenti – è possibile velocizzare il processo e garantire un alto grado di precisione e interoperabilità tra software diversi.

Il BIM non è solo uno strumento di modellazione, ma diventa un ambiente collaborativo in cui architetti, ingegneri strutturali, impiantisti e specialisti operano in sinergia. Attraverso moduli dedicati, come il BIM MEP per gli impianti meccanici, elettrici e idraulici, è possibile costruire modelli integrati e verificarli automaticamente tramite funzioni di clash detection, che individuano in anticipo le interferenze tra sistemi. Un intervento corretto nella fase di progettazione evita costosi errori in fase esecutiva, contribuendo a una gestione più efficiente e sostenibile delle risorse.

Inoltre, il BIM non si limita a gestire lo spazio tridimensionale, ma si articola in diverse "dimensioni" progettuali, ciascuna delle quali corrisponde a un livello crescente di complessità informativa. Il 3D rappresenta la modellazione geometrica di base, il 4D aggiunge la variabile tempo per simulare la sequenza delle fasi costruttive, mentre il 5D integra i costi e consente un controllo più rigoroso del budget. Con il 6D si entra nell'ambito del facility management, cioè la manutenzione e gestione dell'edificio nel tempo. Il 7D si concentra sulla sostenibilità e sulle prestazioni ambientali, mentre l'8D – ancora in fase sperimentale – esplora l'analisi dei rischi e la gestione della sicurezza.

Se le prime tre dimensioni (3D, 4D, 5D) sono oggi relativamente diffuse nella pratica professionale, le successive richiedono un cambio di mentalità più profondo e una maggiore integrazione interdisciplinare. Tuttavia, rappresentano già il futuro prossimo della progettazione integrata, in cui ogni fase – dall'idea iniziale alla manutenzione dell'opera realizzata – è parte di un unico flusso informativo continuo e aggiornabile.

Il vero potenziale del BIM, dunque, non sta solo nella sua potenza grafica o nella capacità di automatizzare operazioni ripetitive, ma nella possibilità di creare un linguaggio comune tra figure diverse, di standardizzare procedure complesse e di migliorare la qualità dell'intervento costruito. È questo che rende il BIM un paradigma, più che un software: una visione evoluta della progettazione come processo condiviso, documentabile e intelligente.

1.3

Software e linguaggi: verso un'architettura computazionale integrata

Nel panorama contemporaneo della progettazione architettonica, i software BIM non rappresentano più semplici strumenti di lavoro, ma veri e propri ecosistemi digitali che plasmano processi, ruoli e linguaggi. Le principali piattaforme in uso riflettono questa complessità, ognuna con peculiarità che la rendono più adatta a specifici contesti operativi. Autodesk Revit, ad esempio, è oggi lo standard di riferimento per la modellazione informativa. La sua ampia diffusione si deve alla facilità d'uso, all'estensione delle librerie disponibili e alla compatibilità con ambienti visuali come Dynamo. Tuttavia, la sua struttura si dimostra meno adatta alla gestione di geometrie particolarmente complesse e organiche, dove software come Rhinoceros 3D, Maya o Blender offrono maggiore flessibilità.

Bentley Systems, con MicroStation, propone un'alternativa più orientata alla modellazione infrastrutturale. La capacità di gestire curve NURBS avanzate e modelli parametrici complessi lo rende uno strumento potente, sebbene meno accessibile a causa di un'interfaccia meno intuitiva. ArchiCAD, invece, si distingue per l'equilibrio tra funzionalità BIM e prestazioni energetiche, risultando particolarmente efficace in ambito residenziale e compatibile con ambienti Mac.

Oltre a queste piattaforme consolidate, l'evoluzione più recente si concentra sul concetto di digital twin. Si tratta di un modello digitale dinamico dell'edificio, aggiornato costantemente attraverso sensori Internet of Things (IoT), capace di riflettere in tempo reale il comportamento fisico della struttura. In questo modo, il modello non è solo un supporto alla progettazione, ma diventa uno strumento operativo per la gestione dell'edificio, la manutenzione predittiva e l'ottimizzazione delle sue prestazioni.

Su scala urbana, questi principi si traducono nel City Information Modeling (CIM), che estende le logiche BIM alla pianificazione territoriale. Progetti pilota già attivi in paesi come il Regno Unito e Singapore mostrano come questa tecnologia possa costituire la base operativa per lo sviluppo di smart cities realmente integrate. Il passaggio dal singolo edificio alla scala urbana implica una visione olistica della progettazione, in cui dati, infrastrutture e comportamenti urbani vengono modellati in un'unica struttura interoperabile.

Il BIM, dunque, non si configura più come un semplice software, ma come un paradigma operativo, capace di abilitare la collaborazione interdisciplinare, l'analisi predittiva e l'ottimizzazione delle risorse. L'integrazione con intelligenza artificiale, algoritmi generativi, linguaggi di programmazione e ambienti di simulazione ne amplifica il potenziale trasformativo. Tuttavia, questa espansione pone alcune criticità: la scarsa interoperabilità

Cap. 1.3 Architettura Computazionale Integrata

tra piattaforme diverse e il divario digitale tra studi di grandi dimensioni e realtà più piccole rappresentano due ostacoli significativi alla piena diffusione della cultura computazionale. In parallelo, si è assistito a una trasformazione profonda anche nei profili professionali richiesti. Accanto all'architetto tradizionale, oggi operano BIM Specialist, computational designer e sviluppatori di software. Le barriere tra progettista e tecnico si assottigliano, lasciando spazio a figure ibride capaci di padroneggiare tanto gli strumenti della rappresentazione quanto i codici della programmazione. Le esperienze di progettisti come Xavier de Kestelier e Andreas Klok Pedersen evidenziano come la capacità di manipolare algoritmi e strutture informatiche sia ormai parte integrante della pratica architettonica.

A rendere accessibile questa transizione, soprattutto per chi non possiede competenze di programmazione testuale, sono gli ambienti visuali come Grasshopper 3D e Dynamo. Questi strumenti consentono la costruzione di logiche parametriche mediante nodi grafici, rendendo possibile la generazione di geometrie adattive, simulazioni ambientali e workflow automatizzati anche per utenti senza background informatico. Nonostante ciò, l'adozione di queste tecnologie procede in modo disomogeneo. Gli studi più strutturati hanno investito in innovazione e formazione, mentre molti altri continuano a utilizzare i software prevalentemente per fini rappresentativi.

Questa condizione è influenzata anche dalle politiche delle software house, che giocano un ruolo centrale nel determinare l'accessibilità e l'evoluzione degli strumenti. Licenze costose, aggiornamenti obbligatori e formati proprietari limitano spesso la flessibilità degli utenti, costringendo gli studi a un adattamento continuo. Nessuna piattaforma, oggi, è in grado di coprire l'intero spettro delle esigenze progettuali: per questo si rende necessario integrare ambienti diversi, adattandoli attraverso plug-in o linguaggi di programmazione come Python o C#, ormai sempre più presenti nella pratica professionale.

Un'indagine, che ha combinato i dati di Google Trends con interviste a progettisti internazionali, ha mostrato come Revit resti il software più cercato, seguito da AutoCAD, SketchUp e V-Ray. Tuttavia, strumenti come Grasshopper 3D e Rhinoceros risultano più utilizzati nei contesti di progettazione generativa. Dynamo, grazie alla sua integrazione nativa con Revit, cresce in popolarità tra gli utenti BIM, mentre la programmazione testuale rimane riservata a una nicchia specializzata¹.

Questa divergenza tra strumenti popolari e strumenti realmente innovativi segnala un fenomeno di polarizzazione digitale: da una parte, studi dotati di alte competenze che sfruttano al massimo le tecnologie computazionali; dall'altra, professionisti che operano ancora in un regime "analogico", spesso esclusi dai circuiti dell'innovazione. Le implicazioni sono profonde: mentre alcuni attori acquisiscono la capacità di simulare, automatizzare e ottimizzare il progetto, altri rischiano di restare ai margini, privi di accesso a una strumentazione sempre più determinante. Oggi questo aspetto pare potersi ridimensionare grazie all'integrazione dell'IA nelle pratiche Edilizie.

In questo contesto, l'adozione di soluzioni open-source, la diffusione della conoscenza tramite formazione continua e il superamento delle barriere economiche e tecniche rappresentano fattori chiave per un'architettura realmente inclusiva. L'integrazione



Xavier De Kestelier

Architetto e innovatore nel design, è Head of Design presso lo studio internazionale Hassell. Con oltre due decenni di esperienza, è leader nel campo del design computazionale, della fabbricazione digitale e della stampa 3D. Ha collaborato con NASA ed ESA su progetti di habitat spaziali sostenibili.



Andreas Klok Pedersen

Architetto danese, Partner e Design Director presso BIG (Bjarke Ingels Group) a Londra. Ha guidato progetti di grandi dimensioni, tra cui masterplan e concorsi internazionali. È noto per la sua capacità di integrare design concettuale con soluzioni innovative.

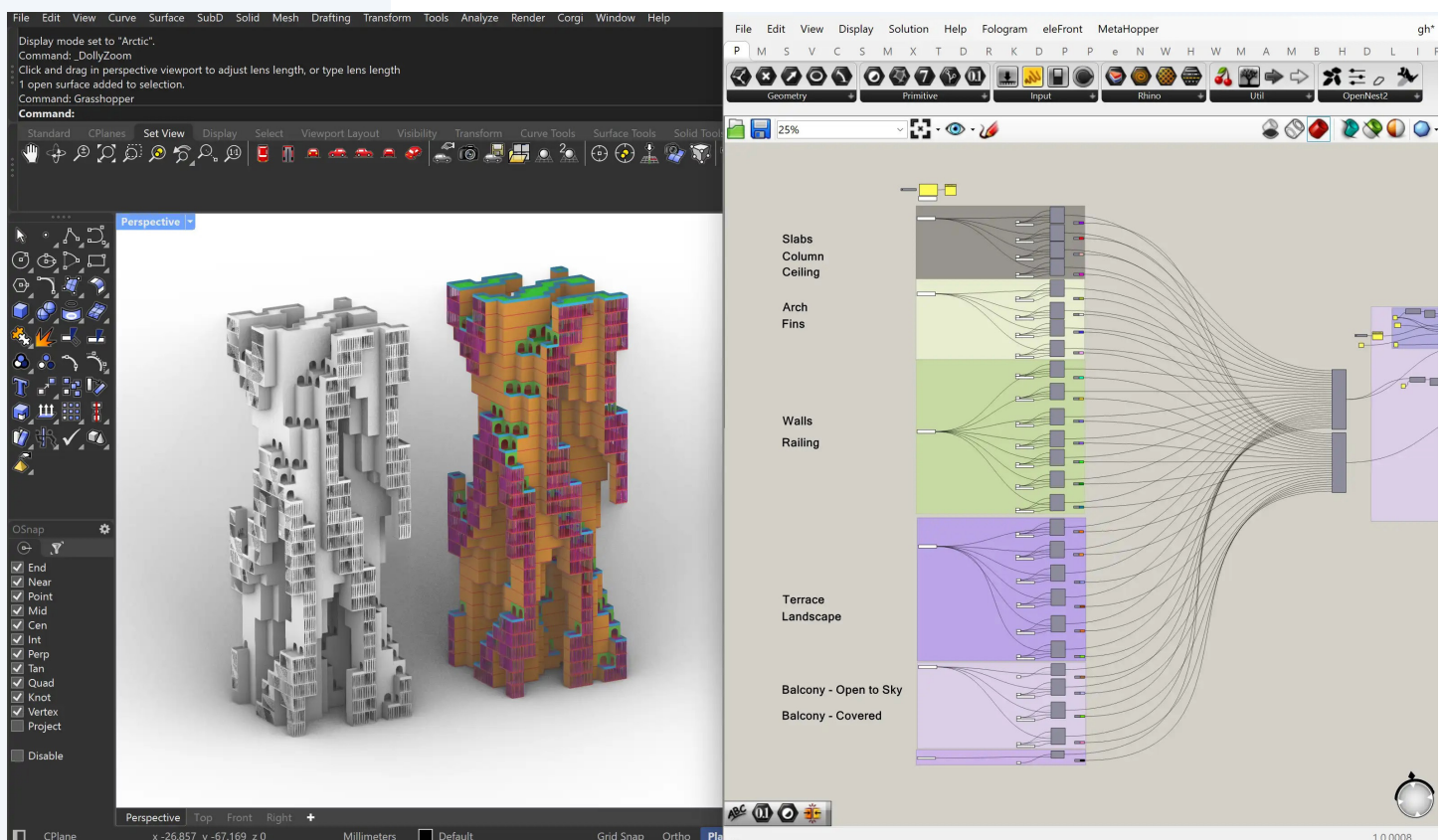
¹ Cfr. Gallo G. *Architettura e second Digital Turn*, Tesi di Laurea Magistrale, Università degli Studi di Palermo pg 304-308

Cap. 1.3 Architettura Computazionale Integrata

di software BIM, ambienti parametrici e linguaggi computazionali non è più una scelta opzionale, ma una condizione necessaria per affrontare le sfide ambientali, energetiche e sociali del nostro tempo.

L'intelligenza artificiale si inserisce in questo scenario come naturale estensione di una progettazione sempre più orientata ai dati. La capacità di analizzare grandi quantità di informazioni, di generare soluzioni ottimizzate e di apprendere dai processi precedenti rappresenta il passo successivo in un'evoluzione che sta riscrivendo la grammatica dell'architettura. L'architetto del futuro, più che disegnatore, sarà sempre più curatore di sistemi, capace di orchestrare strumenti intelligenti, ambienti digitali e linguaggi computazionali per dare forma a spazi complessi, flessibili e sostenibili.

Figura 6
Interfaccia di Grasshopper per il design computazionale e parametrico, a destra si vede la configurazione dei parametri



Interoperabilità e integrazione digitale: una nuova cultura del progetto architettonico

L'adozione diffusa degli strumenti digitali in architettura ha trasformato radicalmente il modo in cui i progetti vengono concepiti, sviluppati e gestiti. Non si tratta più di una semplice successione di fasi lineari, ma di un ecosistema articolato in cui convivono modelli tridimensionali, dati prestazionali, simulazioni ambientali e sistemi di gestione del cantiere. In questo scenario complesso, l'interoperabilità tra software è diventata una condizione imprescindibile per garantire coerenza, continuità e qualità del flusso progettuale.

In questo contesto emerge un limite strutturale: mentre gli strumenti di modellazione organica favoriscono la creatività e la sperimentazione, gli ambienti BIM impongono una logica gerarchica e normalizzata, essenziale per la gestione costruttiva e manutentiva dell'opera. Il risultato è una frattura semantica che compromette la coerenza del progetto e ne ostacola l'evoluzione fluida lungo il ciclo di vita.

Il tema dell'interoperabilità non è nuovo. Già negli anni Ottanta e Novanta, i formati DWG e DXF avevano imposto uno standard per il CAD, sebbene con forti limitazioni dovute alla loro natura proprietaria. L'introduzione del formato IFC (Industry Foundation Classes) ha rappresentato un tentativo più ambizioso: definire uno standard aperto e flessibile, capace di integrare geometrie e metadati in un'unica struttura digitale. Sviluppato da buildingSMART, l'IFC consente di trasmettere informazioni su materiali, costi, fasi costruttive e prestazioni ambientali, basandosi su una sintassi XML.

Nonostante le intenzioni, l'adozione dell'IFC presenta alcune criticità. Il formato non conserva gli algoritmi generativi alla base della progettazione parametrica: viene salvata una "fotografia" statica del modello, priva della sua struttura computazionale. Infine, molti oggetti complessi vengono semplificati o convertiti in geometrie proxy, riducendo la ricchezza informativa.

Per superare questi limiti, sono emerse soluzioni innovative sviluppate sia da istituzioni accademiche che da studi professionali. Speckle, ad esempio, è una piattaforma open-source che consente il trasferimento in tempo reale di dati tra Rhinoceros, Revit, Dynamo e altri ambienti digitali. La sua architettura decentralizzata permette non solo lo scambio di geometrie, ma anche la trasmissione di dati, attributi e relazioni parametriche.

Un'altra soluzione di rilievo è Rhino.Inside, una tecnologia sviluppata da McNeel che consente di eseguire Grasshopper all'interno di Revit, AutoCAD o Unity. Questo permette di mantenere la logica algoritmica tipica della modellazione generativa anche all'interno di un contesto BIM, aprendo a flussi di lavoro ibridi che coniugano flessibilità e controllo.

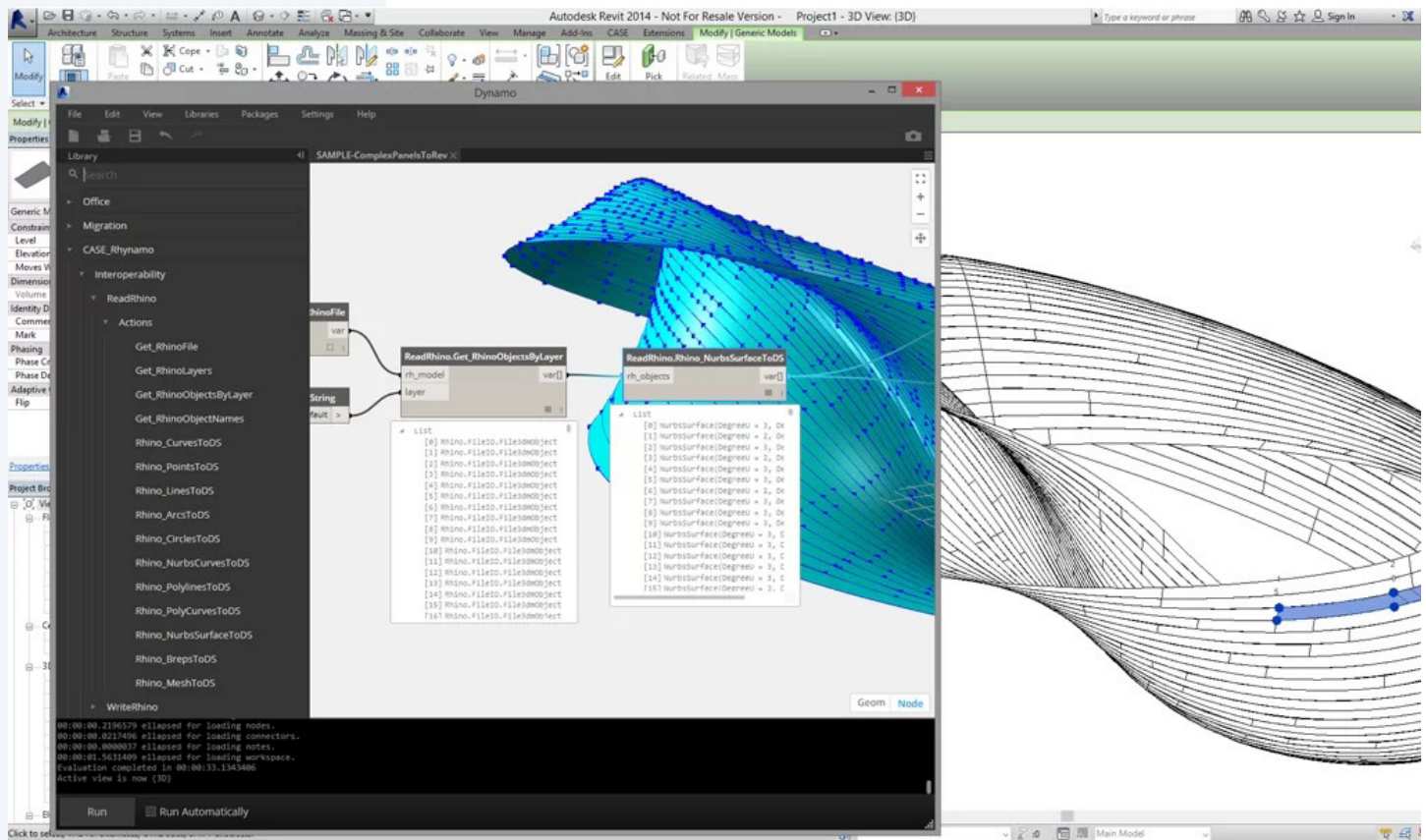
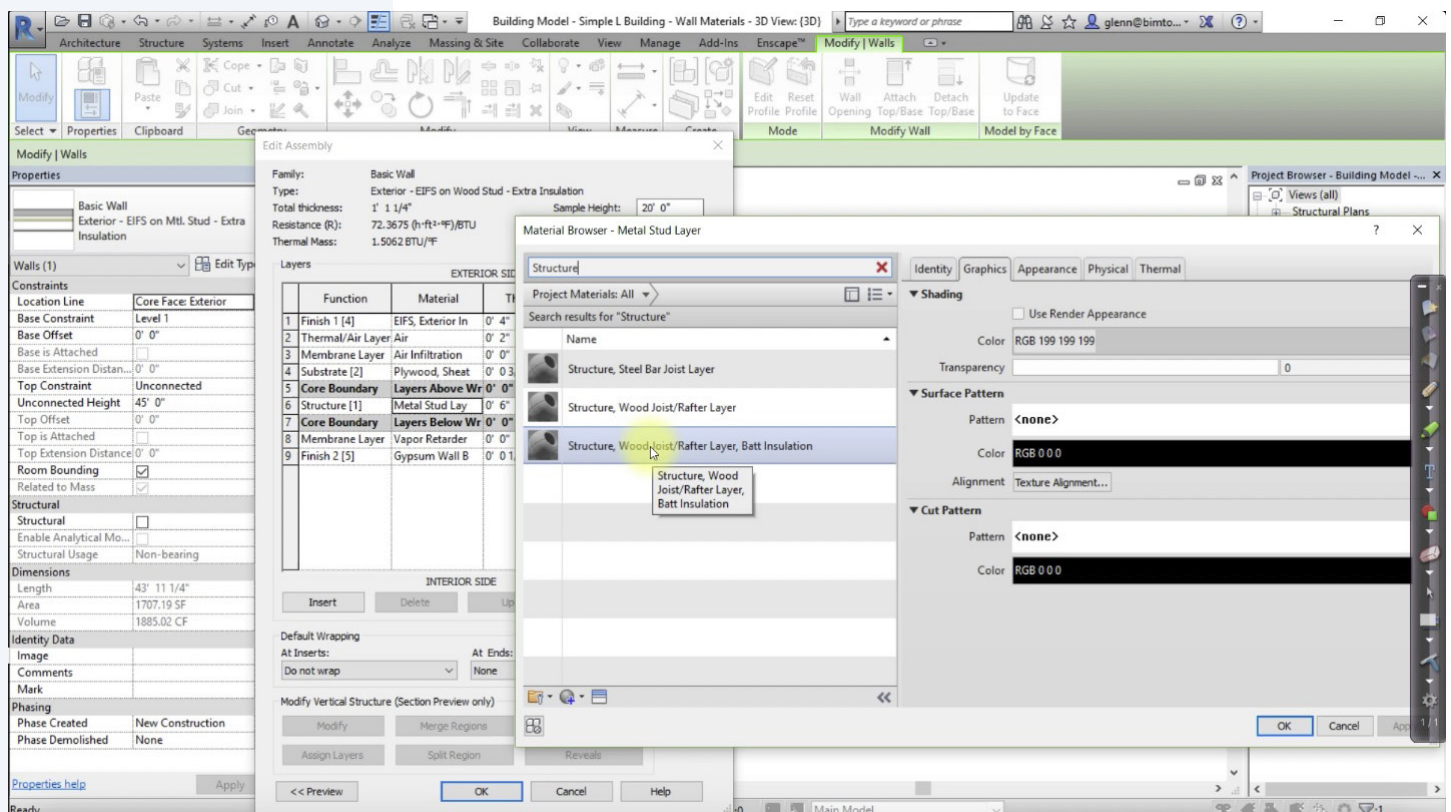


Figura 7
Interfaccia di Dynamo su modellazione Revit

Figura 8
Interfaccia di Revit con la parametrizzazione e il dataset degli Object



Cap. 1.3 Architettura Computazionale Integrata

BHoM (Buildings and Habitats Object Model), progetto di Buro Happold, introduce invece un'architettura ispirata ai videogiochi, basata sul paradigma ECS (Entity-Component-System). In questo modello, geometria, attributi e comportamenti vengono separati e gestiti dinamicamente, permettendo aggiornamenti puntuali anche in fase avanzata del progetto.

Soluzioni come Conveyor, sviluppata da Proving Ground, offrono invece un ponte specializzato tra Rhinoceros e Revit, con supporto a formati 3DM e classi personalizzate. Anche se la piattaforma Flux, lanciata da ex ingegneri Google, è stata successivamente interrotta, essa ha anticipato la necessità di gestire lo scambio dati in cloud e in tempo reale, prefigurando i futuri sviluppi collaborativi.

L'interoperabilità non è più una semplice questione tecnica, ma si configura come una condizione culturale e metodologica. È la chiave per un progetto realmente multidisciplinare, fluido, inclusivo. Gli strumenti open-source, come Speckle o Rhino.Inside, stanno giocando un ruolo decisivo nella democratizzazione dei flussi di lavoro digitali, mentre esperienze come BHoM mostrano che è possibile superare le rigidità degli standard attuali attraverso modelli dinamici e modulari¹.

Perché questo sistema funzioni, tuttavia, è fondamentale affrontare un nodo centrale: la standardizzazione semantica. Non basta avere formati compatibili; serve una grammatica condivisa delle informazioni, che garantisca la coerenza tra fasi e attori del progetto. L'intelligenza artificiale può contribuire in modo significativo in questo ambito, attraverso strumenti di analisi automatica della qualità dei dati, armonizzazione semantica tra ambienti eterogenei, e rigenerazione coerente di modelli informativi a partire da vincoli specifici.

Ma senza una base strutturata e condivisa, anche gli algoritmi più sofisticati rischiano di operare in contesti frammentati e poco leggibili. Per questo motivo, l'interoperabilità rappresenta oggi una delle principali sfide culturali della progettazione digitale. Riuscire a costruire un ecosistema capace di integrare linguaggi, piattaforme e competenze significa ripensare in profondità il ruolo dell'architetto, che da gestore della forma diventa sempre più orchestratore di sistemi complessi, interattivi e intelligenti².

¹ Cfr. Gallo G. *Architettura e second Digital Turn*, Tesi di Laurea Magistrale, Università degli Studi di Palermo pg. 320, Osello A. *Il futuro del Disegno con il BIM per ingegneri e Architetti* Capitolo 1 pg 39-43

² cfr. Oxman, Rivka. *Theory and Design in the Second Digital Age*. Design Studies, vol. 38, 2015, pp. 63–79., Si veda anche Gallo, Giuseppe. *Architettura e second digital turn*. Tesi di Laurea, Università di Palermo, 2021, cap. 2.2, per una sintesi critica sul pensiero di Oxman

1.4

La standardizzazione dei dati: fondamento invisibile della progettazione digitale

Nel panorama in rapida trasformazione dell'architettura e dell'edilizia digitale, la standardizzazione dei dati si impone come una condizione imprescindibile per garantire l'efficienza, la trasparenza e la qualità dell'intero processo costruttivo. Lungi dall'essere un tema limitato alla sfera tecnica o normativa, essa rappresenta una delle infrastrutture concettuali più importanti su cui si costruisce la progettazione contemporanea. Come ha evidenziato l'Autrice e Professoressa Anna Osello nel suo libro "Il Futuro del disegno con il BIM", pensare alla standardizzazione solo come a un vincolo burocratico significa non coglierne il potenziale trasformativo: essa è invece una leva strategica per rendere realmente interoperabili i sistemi, tracciabili le informazioni e affidabili i modelli digitali che accompagnano l'intero ciclo di vita dell'opera.

Nel contesto del Building Information Modeling (BIM), i dati non possono più essere considerati accessori alla geometria. Ogni elemento del modello tridimensionale acquista valore solo quando è arricchito da un corredo informativo coerente e strutturato. La digitalizzazione, in questo senso, non si esaurisce nella rappresentazione grafica ma evolve verso un nuovo paradigma: quello del modello come piattaforma di conoscenza, capace di sostenere tutte le fasi progettuali, dalla concezione iniziale alla gestione post-occupativa. Ma affinché ciò sia possibile, occorre che gli oggetti digitali — muri, solai, impianti — non siano meri volumi tridimensionali, bensì entità intelligenti, dotate di attributi che ne descrivano prestazioni, funzioni, vincoli e relazioni.

Questa trasformazione richiede però un salto di scala. La standardizzazione non può essere limitata ai singoli studi, né alle logiche chiuse dei software proprietari. Deve essere il frutto di un patto più ampio tra professionisti, enti pubblici, produttori, istituzioni normative e sviluppatori. Solo attraverso l'adozione condivisa di formati aperti, codifiche comuni e protocolli interoperabili sarà possibile garantire la circolazione fluida delle informazioni tra attori e strumenti differenti.

Tuttavia, l'efficacia degli standard tecnici dipende in larga misura dalla maturità culturale del settore. Il mondo AEC (Architecture, Engineering and Construction) è tradizionalmente frammentato, con ruoli e pratiche spesso eterogenei. La vera sfida, quindi, non risiede soltanto nella definizione di regole condivise, ma nell'adozione di una nuova etica del dato: una cultura in cui l'informazione sia considerata risorsa comune, tracciabile e trasparente, e in cui tutti gli attori siano disposti a rivedere i propri metodi per abbracciare un linguaggio comune.

Cap. 1.4 La Standardizzazione dei Dati

La posta in gioco è ancora più alta se si considera l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi edilizi. Algoritmi predittivi, strumenti di ottimizzazione, chatbot per la gestione progettuale, e sistemi di controllo automatizzato richiedono dataset strutturati, coerenti e semanticamente ricchi per poter funzionare. Senza una base informativa solida, l'automazione non solo perde efficacia, ma rischia di generare risultati fuorvianti o, peggio, dannosi. In questo scenario, la standardizzazione non è più una scelta opzionale, ma una condizione necessaria per garantire l'affidabilità computazionale delle nuove tecnologie.

Un concetto strettamente collegato è quello di interoperabilità, che rappresenta l'applicazione concreta della standardizzazione. Essa consente lo scambio e la comprensione reciproca dei dati tra piattaforme e figure professionali diverse. Ma per funzionare davvero, richiede conoscenza approfondita dei livelli di sviluppo informativo (LOD), delle strutture informative (LOI e LOG), dei codici di classificazione e delle responsabilità connesse a ogni fase progettuale. La semplice compatibilità tra file non è sufficiente: è necessario assicurarsi che le informazioni mantengano significato e integrità lungo l'intero flusso operativo¹.

Una distinzione fondamentale emerge qui tra modello geometrico e modello informativo. Il primo descrive ciò che appare, il secondo ciò che vale. Quando un modello BIM viene trasferito da una piattaforma a un'altra, non basta che la forma venga mantenuta: devono essere preservate anche le proprietà, le relazioni logiche e gli attributi semantici. La qualità dell'interoperabilità si misura proprio nella capacità di trasmettere insieme questi due livelli senza fratture o semplificazioni eccessive.

La gestione digitale del progetto, quindi, non può più essere delegata unicamente ai software. Essa richiede competenze trasversali, formazione continua e, soprattutto, una nuova consapevolezza linguistica. Il progetto digitale è, prima ancora che un insieme di strumenti, un ecosistema comunicativo, in cui le informazioni devono essere leggibili, accessibili e rilevanti per tutti i soggetti coinvolti.

Su questo punto, la riflessione di Osello si rivela particolarmente illuminante. Standardizzare i dati non significa solo codificarli secondo convenzioni formali, ma anche renderli intelligibili. Interfacce intuitive, filtri semantici, rappresentazioni grafiche selettive e strumenti di visualizzazione adattiva sono tutti elementi che permettono di trasformare il dato in conoscenza operativa. In un'ottica partecipativa, anche il cittadino dovrebbe poter leggere e comprendere un progetto architettonico, interagendo con esso attraverso strumenti digitali accessibili e trasparenti.

In definitiva, la standardizzazione dei dati si configura come una delle colonne portanti della trasformazione digitale del settore edilizio. Essa rappresenta il fondamento invisibile ma essenziale su cui costruire un ecosistema informativo robusto, interoperabile e pronto ad accogliere l'intelligenza artificiale, la progettazione predittiva e la collaborazione multidisciplinare. Il cammino è ancora lungo, ma la direzione è tracciata: senza una grammatica comune, non potrà esserci un linguaggio condiviso per l'architettura del futuro.

1 Cfr. Osello A. *Il futuro del Disegno con il BIM per ingegneri e Architetti* Capitolo 3 pg 191-195

Singapore: laboratorio urbano della digitalizzazione edilizia

Nel panorama globale delle città intelligenti, Singapore si distingue come un esempio pionieristico di digitalizzazione avanzata applicata alla gestione del costruito. La città-stato asiatica è oggi riconosciuta non solo per l'adozione precoce di tecnologie all'avanguardia, ma soprattutto per la sua capacità di integrare governance, normativa, competenze e strumenti digitali in una strategia sistemica e coerente. La trasformazione digitale dell'ambiente urbano, qui, non è un fenomeno sporadico o pilotato unicamente dal mercato, ma il risultato di una visione pubblica strutturata e lungimirante.

L'esperienza di Singapore, analizzata da Osello come caso studio paradigmatico, ruota attorno alla creazione di un'infrastruttura digitale nazionale pensata per supportare l'intera filiera della progettazione e gestione urbana. Al centro di questo sistema si trova una piattaforma geospaziale integrata, in grado di combinare modelli BIM con dati topografici, climatici, catastali, energetici e sociali. Questa piattaforma non si limita a visualizzare lo stato attuale del territorio, ma funziona come un Urban Digital Twin, ovvero un gemello digitale urbano capace di rappresentare dinamicamente lo spazio costruito e simulare scenari futuri. Grazie a questa capacità predittiva, le autorità possono testare soluzioni progettuali, valutare impatti ambientali o infrastrutturali e orientare le decisioni in tempo reale, sulla base di evidenze affidabili.

Ciò che rende particolarmente avanzato il modello singaporeano è l'approccio olistico alla trasformazione digitale. La componente tecnica — pur altamente sofisticata — è solo una parte dell'ecosistema. Accanto ad essa agiscono politiche pubbliche mirate, riforme legislative, incentivi alla formazione e un'efficace regia istituzionale che coordina soggetti pubblici, privati e accademici. L'adozione obbligatoria del BIM per alcune categorie di progetti, la promozione di standard aperti di interoperabilità e la nascita di centri di eccellenza per la formazione tecnica sono tutti segnali di un cambiamento culturale profondo, in cui la digitalizzazione è vista come una leva per l'innovazione dell'intero sistema-paese.

L'intelligenza artificiale e il machine learning rappresentano un ulteriore elemento di forza. A Singapore, queste tecnologie sono impiegate non solo per analisi predittive — come la simulazione del traffico o il controllo dell'impatto ambientale —, ma anche per automatizzare i processi autorizzativi. Alcuni strumenti sono oggi in grado di verificare la conformità normativa dei progetti edilizi in modo completamente automatizzato, riducendo drasticamente i tempi di approvazione, aumentando la trasparenza e riducendo il margine di errore umano. Questo è reso possibile dalla qualità e coerenza dei dataset utilizzati, ma anche dalla stretta collaborazione tra i diversi enti coinvolti, che condividono infrastrutture, obiettivi e linguaggi operativi.

Particolarmente innovativa è anche la gestione del patrimonio informativo urbano. A differenza di molte altre realtà in cui i dati rimangono isolati all'interno di singole istituzioni, a Singapore essi sono accessibili e riutilizzabili. L'informazione diventa così un bene

Cap. 1.4 La Standardizzazione dei Dati

comune, aperto all'interrogazione pubblica, alla partecipazione dei cittadini, alla creazione di nuovi servizi e prodotti digitali. La città non è più soltanto un oggetto di governo, ma si trasforma in piattaforma abilitante, in grado di generare valore pubblico attraverso la condivisione e l'intelligenza distribuita.

Il modello di Singapore, pur con le sue criticità — legate ad esempio alla gestione della privacy, al rischio di sorveglianza digitale o all'opacità dei processi algoritmici — offre uno scenario concreto di ciò che può accadere quando la digitalizzazione è guidata da una visione politica integrata. L'unione virtuosa tra tecnologie digitali, normativa chiara, competenze diffuse e governance inclusiva dimostra che è possibile trasformare i processi edilizi in strumenti di equità, sostenibilità e innovazione urbana.

In sintesi, Singapore si propone non solo come "smart city" in senso tecnologico, ma come modello di governance digitale applicata all'architettura e all'urbanistica. Una lezione che molte realtà europee e occidentali, ancora frammentate e disomogenee nella gestione dell'innovazione, potrebbero guardare con attenzione¹.

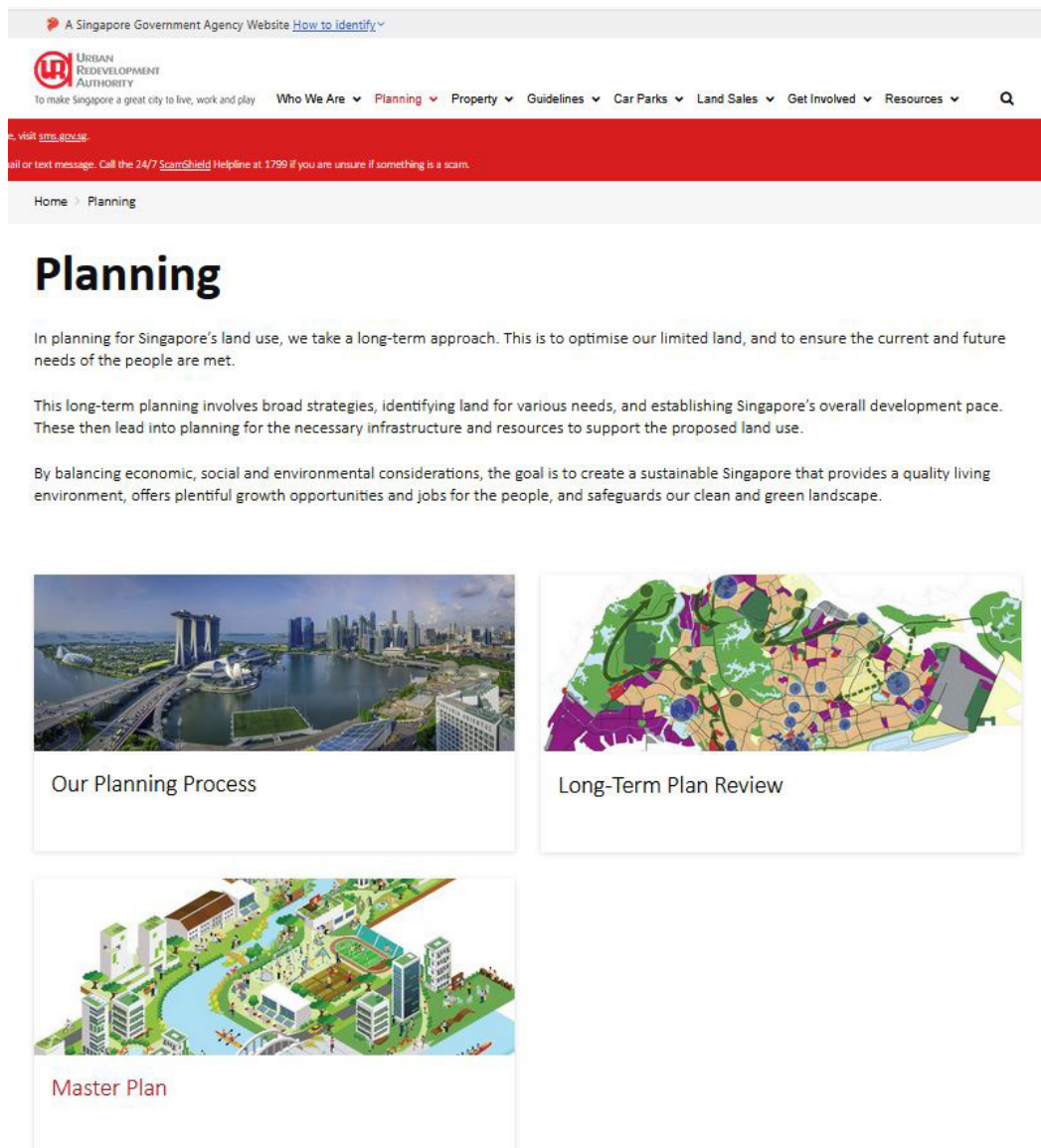


Figura 9
Interfaccia del sito della città di Singapore con la sezione riguardante lo sviluppo urbano.

¹ Cfr. Osello A. *Il futuro del Disegno con il BIM per ingegneri e Architetti* pg 93-97

1.5

Intelligenza artificiale e futuro dei workflow progettuali: una visione operativa e prospettica

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi progettuali non è più un'ipotesi futuribile, ma una realtà operativa sempre più pervasiva all'interno dei workflow quotidiani di professionisti, studi tecnici e pubbliche amministrazioni. In qualità di studente e operatore attivo nel settore, ho potuto osservare in prima persona come l'IA si stia affermando non solo come strumento di automazione, ma come vero e proprio agente progettuale, capace di supportare attività complesse: dall'analisi normativa alla generazione morfologica fino alla gestione semantica dei modelli BIM.

Inoltre, l'adozione di modelli generativi e algoritmi predittivi consente di personalizzare i flussi di lavoro in base al contesto operativo, alla scala d'intervento e alla natura della committenza. Sistemi di IA addestrati su dataset locali possono suggerire soluzioni distributive ricorrenti, stimare prestazioni energetiche, ottimizzare materiali e tecnologie in base al microclima o al regime urbanistico vigente. In ambito urbano, la sinergia tra intelligenza artificiale, geodati e GIS (Geographic Information Systems) abilita simulazioni avanzate per il supporto alle decisioni pubbliche, come già dimostrato da esperienze internazionali all'avanguardia, tra cui il modello digitale integrato adottato dalla città di Singapore.

In questo contesto, lo scopo della tesi è quello di dimostrare come anche una semplice integrazione dell'intelligenza artificiale all'interno di un workflow edilizio possa generare vantaggi significativi in termini di efficienza, organizzazione e qualità del lavoro. L'obiettivo è motivare il crescente interesse verso questi strumenti, mostrando che non sono prerogativa esclusiva dei grandi studi internazionali, ma che possono essere adottati con successo anche da realtà più piccole, introducendo un livello di innovazione comparabile a quello delle strutture più avanzate.

I casi analizzati e le tecnologie descritte evidenziano come l'IA possa essere impiegata per supportare le fasi di verifica normativa, generazione progettuale, ottimizzazione dei modelli e gestione delle informazioni. In particolare, emerge la possibilità di semplificare operazioni ripetitive, automatizzare controlli di coerenza, e facilitare la comunicazione tra software e figure professionali differenti. Questi vantaggi non si esauriscono in ambito tecnico, ma hanno ripercussioni dirette sulla produttività e sulla competitività degli studi.

Il valore dell'innovazione risiede quindi non soltanto nello strumento adottato, ma nella capacità di integrarlo criticamente all'interno di processi strutturati e coerenti. La standardizzazione dei dati, l'interoperabilità tra piattaforme, l'apertura verso strumenti

open-source e la condivisione delle conoscenze costituiscono i presupposti per una digitalizzazione realmente efficace e inclusiva.

La tesi vuole dunque offrire un contributo critico e operativo alla riflessione su questo nuovo paradigma, mostrando che l'adozione di strumenti intelligenti — anche in forma sperimentale — può costituire un'opportunità concreta di crescita per l'intero settore delle costruzioni, e non solo per le sue élite tecnologiche. In un panorama in rapida trasformazione, l'innovazione non è più un'opzione, ma una necessità: ciò che cambia è la scala e la profondità con cui decidiamo di abbracciarla.

1.6

La Politica degli Archivi

La consapevolezza del valore strategico degli archivi ha accompagnato da tempo il dibattito sulla gestione della conoscenza, ma è solo oggi, con l'avvento dell'intelligenza artificiale e della trasformazione digitale, che tale consapevolezza si traduce in una necessità concreta. L'archivio non è più percepito come un deposito statico, bensì come uno spazio attivo di costruzione della memoria, capace di influenzare le pratiche, le decisioni e i processi progettuali. Da questa prospettiva prende forma una politica degli archivi che interroga il presente e apre nuove possibilità per l'organizzazione del sapere e dell'azione.

Uno dei punti critici nella gestione degli archivi digitali risiede nella fragilità dei supporti tecnologici e nella rapida obsolescenza di formati e ambienti software. La conservazione a lungo termine, infatti, non può limitarsi alla semplice memorizzazione passiva, ma deve prevedere un piano attivo di migrazione, descrizione e contestualizzazione dei dati. In questo senso, la qualità dei metadati diventa cruciale per garantire l'accessibilità, l'integrità e la comprensione dei documenti anche a distanza di anni dalla loro produzione.

La gestione elettronica degli archivi richiede quindi una pianificazione preventiva che coinvolga gli aspetti tecnologici, organizzativi e normativi fin dalla fase di progettazione dei sistemi informativi pubblici. Le informazioni devono essere rese indipendenti dal contesto tecnico originario e consultabili in ambienti differenti, grazie a strumenti come i log di eventi, i controlli di integrità (es. impronte digitali) e la duplicazione sicura dei supporti.

In Francia, l'ente preposto alla gestione e al coordinamento dell'e-Government è la Direction Générale de la Modernisation de l'État (DGME), che ha sviluppato linee guida e standard funzionali. Particolare rilevanza assume l'iniziativa IF-08, nata per sensibilizzare non solo gli archivisti ma anche i responsabili IT e i decisori politici sull'importanza di una piattaforma condivisa di archiviazione elettronica.

Le politiche archivistiche si sono sviluppate anche attraverso una stretta collaborazione tra la Direction des Archives de France e la DGME¹. I documenti normativi francesi definiscono obblighi specifici per gli enti archivianti, sia pubblici che privati, e stabiliscono requisiti minimi in termini di sicurezza, leggibilità, tracciabilità e disponibilità dei dati. A partire dal 2006, inoltre, è stato introdotto un data exchange standard per facilitare lo scambio automatizzato di documenti digitali tra enti produttori e archivi, utilizzando pacchetti XML e formati descrittivi standardizzati.

¹ Cfr. *Architecture and Digital Archives. Architecture in the Digital Age: a Question of Memory*, Gollion, Editions Infolio, 2008. pg

Nel contesto della crescente digitalizzazione della conoscenza architettonica, si avverte l'esigenza di una politica archivistica che sia in grado non solo di conservare i contenuti, ma anche di renderli effettivamente accessibili, interoperabili e pedagogicamente rilevanti. Il progetto europeo MACE² (Metadata for Architectural Content in Europe) si inserisce proprio in questa direzione, proponendo un sistema di metadati concepito per integrare e armonizzare archivi digitali dedicati alla progettazione architettonica e alla sua didattica. Uno degli aspetti più significativi del progetto è il superamento delle barriere strutturali tra archivi pubblici e privati, ciascuno con classificazioni e strutture differenti. La proposta metodologica del MACE si fonda sulla necessità di organizzare i contenuti digitali in base a criteri che riflettano tanto le esigenze culturali e istituzionali quanto quelle operative e formative. In questo senso, l'archivio non è pensato come un semplice deposito, ma come una piattaforma attiva per l'apprendimento e il confronto progettuale.

Una delle intuizioni centrali del progetto MACE risiede nell'adozione di un paradigma orientato alle competenze per l'indicizzazione dei materiali. L'archivio viene così ripensato come un ambiente in grado di sostenere l'apprendimento situato, ovvero quella modalità educativa in cui le conoscenze sono acquisite nel contesto stesso della loro applicazione. In pratica, i contenuti vengono organizzati in funzione di compiti reali che lo studente potrebbe trovarsi ad affrontare durante il percorso formativo o nella pratica professionale. Per concretizzare questo principio, sono stati identificati dei task generali – come l'identificazione, l'uso o la comprensione di un artefatto – e relativi sotto-task, che includono attività specifiche come l'analisi contestuale, la validazione normativa, la diagnosi di problematiche costruttive o la pianificazione della sicurezza. In tal modo, ogni elemento digitale viene dotato di un significato operativo e pedagogico, diventando parte integrante di una struttura tassonomica aperta ed estendibile.

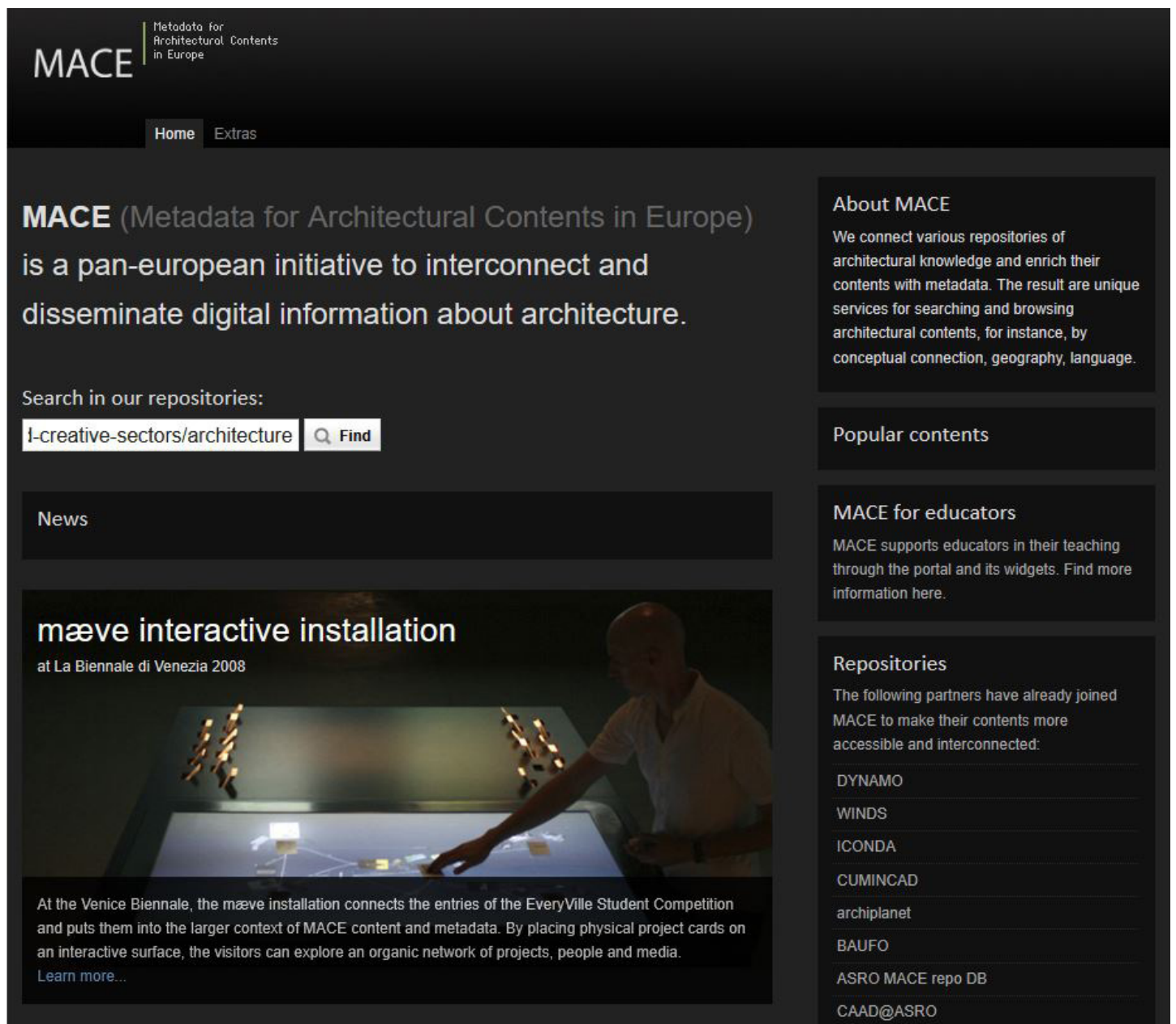
Il sistema elaborato da MACE è strutturato in tre assi principali:

1. Media – tipologie di risorsa digitale (immagini, modelli, schizzi, testi, ecc.);
2. Domini – ambiti disciplinari e fasi del progetto architettonico;
3. Applicazioni – contesti educativi di utilizzo (collaborazioni, revisioni, progettazione guidata, ecc.).

Nel corso dello sviluppo della tesi, il concetto di archivio sarà riletto anche alla luce degli esempi pratici presentati nel Capitolo 4, con l'obiettivo di proporre una politica archivistica orientata al ruolo del tecnico. L'intento è quello di avviare una riflessione sulle opportunità che oggi si delineano all'interno delle piccole realtà professionali sulla politica degli Archivi

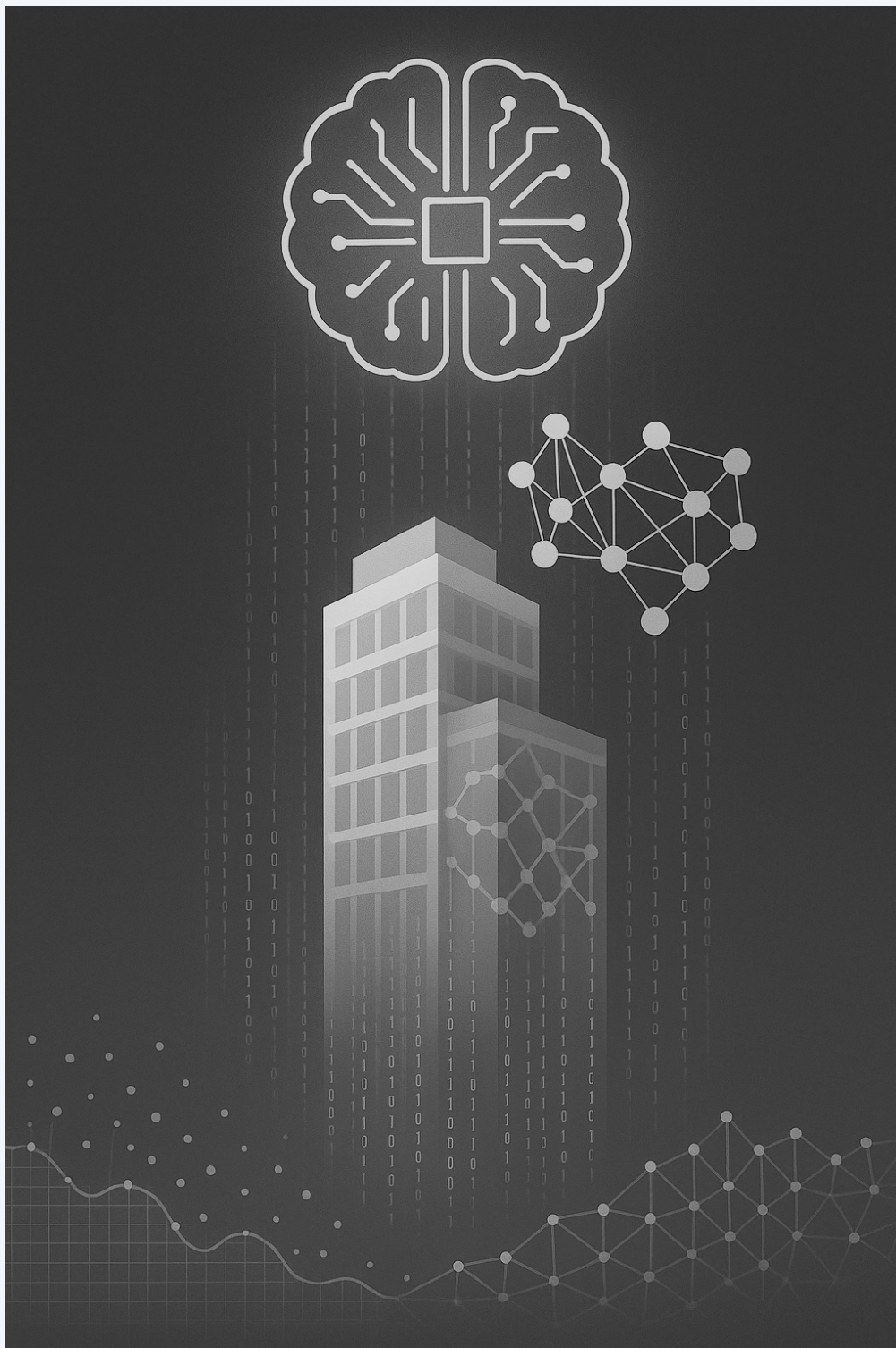
² Cfr. *Architecture and Digital Archives. Architecture in the Digital Age: a Question of Memory*, Gollion, Editions Infolio, 2008. pg 312-

Figura 10
Sito del progetto MACE
<https://www.mace-project.eu/>



2 Capitolo

Il Machine Learning e l'Evoluzione dell'IA



2.1

Machine Learning: paradigmi, genealogie e implicazioni culturali

Nel cuore della trasformazione digitale che ha ridefinito le strutture operative e cognitive della nostra società negli ultimi decenni, il dato ha assunto un ruolo centrale e fondativo. Non è più un semplice prodotto secondario delle attività umane, ma una materia prima epistemica, capace di plasmare ambienti, comportamenti e decisioni. In questo contesto, anche l'architettura — disciplina storicamente radicata in pratiche materiali e rappresentative — si trova oggi immersa in un ecosistema computazionale in cui le infrastrutture digitali non si limitano a registrare la realtà, ma la modellano attivamente.

Il settore commerciale è stato tra i primi a intercettare il potenziale predittivo del dato, sviluppando strumenti di profilazione comportamentale che hanno trasformato l'analisi retrospettiva in un processo di previsione attiva. È proprio da questa esigenza di anticipazione che nasce il data mining, disciplina ibrida tra statistica e informatica che individua pattern, regolarità e anomalie all'interno di set informativi sempre più estesi.

Un vero salto di scala si è avuto con la diffusione delle GPU, che hanno reso possibile la parallelizzazione del calcolo su larga scala. Questo ha favorito la rinascita di tecniche storiche di intelligenza artificiale, come il machine learning (ML), e l'emersione di approcci ancora più sofisticati come il deep learning. A differenza dei modelli deterministici classici, in cui l'algoritmo è interamente progettato dal programmatore, il ML introduce una forma di programmazione indiretta: la macchina apprende autonomamente le regole che governano un fenomeno attraverso l'analisi di esempi, osservazioni e retroazioni.

In questo quadro, il learner non è più un insieme statico di istruzioni, ma un'entità capace di generare altri algoritmi in base ai dati disponibili, identificando relazioni tra input e output che sfuggono alla comprensione umana diretta. Questo ribaltamento epistemologico ha aperto scenari fino a pochi anni fa impensabili: guida autonoma, riconoscimento facciale, traduzione automatica, generazione di contenuti visivi e testuali. Non più solo strumenti di supporto, ma sistemi cognitivi ausiliari, in grado di affiancare (e talvolta superare) le capacità umane nel trattamento dell'informazione.

Tuttavia, la pervasività di queste tecnologie solleva interrogativi etici, giuridici e politici sempre più urgenti. L'Unione Europea ha promosso una visione dell'intelligenza artificiale orientata all'antropocentrismo etico, cercando di garantire trasparenza, responsabilità e rispetto dei diritti fondamentali. Altri contesti, come il sistema giudiziario cinese, hanno invece avviato sperimentazioni radicali di automazione decisionale che pongono interrogativi profondi sulla delegabilità del giudizio.

Al di là delle differenze normative, resta un dato fondamentale: i modelli di machine learning non spiegano le cause, ma descrivono regolarità statistiche. La loro forza predittiva non implica comprensione, ma individuazione di pattern: è questo il vero nodo culturale. In un'epoca dominata dal calcolo, il rischio è che la previsione prenda il posto della spiegazione, e che la correlazione sostituisca la causalità come chiave interpretativa del reale.

Le cinque “tribù” del machine learning: approcci epistemologici all'apprendimento automatico

Una delle classificazioni più interessanti e utili per orientarsi nel vasto mondo del machine learning è quella proposta da Pedro Domingos¹, che parla di cinque “tribù” principali, ognuna con un modo diverso di intendere l'apprendimento automatico. Non si tratta di scuole in contrapposizione, ma di approcci complementari, nati in ambiti disciplinari diversi, e che oggi spesso convivono all'interno degli stessi sistemi.

1. I simbolisti

I simbolisti si rifanno alla logica formale e al metodo scientifico. Il loro obiettivo è derivare regole generali partendo da esempi concreti: osservano i dati e cercano di estrarre da essi delle regolarità esplicite. Utilizzano strumenti come gli alberi decisionali o i sistemi basati su regole, che sono abbastanza semplici da interpretare. Il limite è che questi modelli sono spesso sensibili al cosiddetto overfitting, cioè tendono ad adattarsi troppo bene ai dati di partenza, perdendo generalizzazione. Serve quindi una selezione molto attenta dei dati e un buon lavoro preliminare di pulizia.

2. I connessionisti

I connessionisti, invece, si ispirano al funzionamento del cervello umano. Hanno sviluppato le reti neurali artificiali, che oggi troviamo ovunque: nel riconoscimento delle immagini, nella traduzione automatica, nei chatbot. Dopo i primi esperimenti con i perceptron, questo campo è esploso grazie a tecniche come la backpropagation, gli autoencoder e soprattutto le reti profonde (deep learning). Sono strumenti potentissimi, ma poco trasparenti: spesso è difficile capire davvero come la rete sia arrivata a un certo risultato. È il famoso problema della “scatola nera”.

3. Gli evoluzionisti

Chi lavora con un approccio evoluzionista si ispira invece alla selezione naturale. Gli algoritmi genetici e la programmazione genetica simulano meccanismi di mutazione, incrocio e selezione per “evolvere” progressivamente soluzioni migliori. È una strada affascinante e molto creativa, che può portare anche a risultati inattesi, proprio perché non parte da una logica deterministica ma da una continua sperimentazione. Questo tipo di approccio si trova, ad esempio, in ambiti come la robotica, la modellazione generativa o

Pedro Domingos

Ingegnere informatico e professore all'Università di Washington, è uno dei principali esperti nel campo del machine learning. È autore del libro *The Master Algorithm*, in cui esplora le diverse correnti del machine learning e propone una visione unificata dell'apprendimento automatico

¹ Pedro Domingos, cit. in John Danaher, *Machine Learning, in Philosophical Disquisitions*, Routledge, 2021, p. 34

l'ottimizzazione di parametri complessi.

4. I bayesiani

I bayesiani si muovono su un terreno diverso: quello della probabilità condizionata. A partire dal famoso teorema di Bayes, costruiscono modelli che si aggiornano in tempo reale man mano che arrivano nuovi dati. Non sono i modelli più spettacolari da un punto di vista tecnico, ma sono estremamente affidabili in contesti dove c'è incertezza o dove le variabili sono tante e collegate tra loro. Pensiamo, ad esempio, alle reti bayesiane o agli Hidden Markov Models, utilizzati anche per modellare sequenze temporali complesse, come nel linguaggio o nei dati biometrici.

5. Gli analogisti

Infine, ci sono gli analogisti, che ragionano per somiglianza. Se due cose si assomigliano, è probabile che si comportino in modo simile. Questo è il principio alla base di metodi come i k-nearest neighbors (k-NN) o le support vector machines (SVM). Sono approcci semplici e spesso molto efficaci, soprattutto nei sistemi di raccomandazione o nella classificazione. Ma tendono a diventare meno efficienti quando lo spazio dei dati è molto grande o complicato, e serve molta memoria per funzionare bene.

Trovo utile questa classificazione perché mostra come dietro ogni algoritmo ci sia un modo diverso di pensare all'intelligenza, alla conoscenza e all'apprendimento. Quando si lavora su un problema concreto — anche nel nostro campo, come nel caso di una pratica edilizia complessa o di un'analisi normativa — riconoscere da quale "tribù" proviene un modello può aiutare a capirne meglio i limiti, le potenzialità e l'approccio mentale che richiede. In fondo, il machine learning non è mai "neutrale": ogni algoritmo porta con sé una visione del mondo.

Modalità di apprendimento e classificazione

Oltre alle grandi famiglie teoriche del machine learning, esiste un'altra distinzione importante che riguarda il tipo di interazione tra l'uomo e la macchina. In pratica, ci si chiede: come avviene l'apprendimento? In che misura è guidato da noi?

- **Apprendimento supervisionato:** è il caso più classico. Forniamo all'algoritmo dei dati già "etichettati", cioè con una risposta giusta associata a ogni esempio. In sostanza, insegniamo alla macchina a riconoscere pattern già noti, come se le stessi mostrando delle flashcard. È molto usato, ma richiede tempo per creare dataset di qualità.

- **Apprendimento non supervisionato:** qui la macchina esplora i dati da sola, senza etichette. Cerca da sé delle somiglianze, dei gruppi, delle strutture nascoste. Un esempio tipico è il clustering: il sistema separa automaticamente i dati in categorie, anche se noi non gli abbiamo detto quali.
- **Apprendimento attivo:** si tratta di una via di mezzo. L'algoritmo lavora in autonomia, ma chiede aiuto solo quando ha bisogno — ad esempio, per classificare un caso dubbio. È una modalità utile per risparmiare tempo, perché riduce il numero di etichette che dobbiamo fornire manualmente.
- **Apprendimento per rinforzo:** qui entriamo in un'altra logica. L'algoritmo "gioca" delle mosse, come in un videogioco, e riceve ricompense o penalità in base al risultato. Con il tempo impara a ottimizzare le sue decisioni. È molto usato per l'addestramento di agenti autonomi, dalla robotica ai videogame.

2.2

Intelligenza artificiale, identità e cultura: una riflessione

Quando si lavora con questi sistemi, ci si accorge presto che non si tratta solo di strumenti tecnici. Come fa notare Luciano Floridi¹, la questione è molto più profonda. L'intelligenza artificiale, oggi, è in grado di eseguire compiti anche complessi senza comprenderli nel senso umano del termine. Questo genera una specie di paradosso: abbiamo macchine intelligenti che agiscono senza vera consapevolezza, e al tempo stesso adattiamo il nostro mondo affinché sia leggibile per loro — più che per noi stessi.

Oggetti, interfacce, documenti iniziano a essere progettati tenendo conto di come saranno letti dai sensori, dai software, dagli algoritmi. In tutto questo, noi rischiamo di diventare dei "data subject", come li chiama Floridi: non più solo persone, ma collezioni di dati tracciabili, profili analizzabili, soggetti calcolabili.

Floridi parla di una quarta rivoluzione: dopo Copernico (che ci ha tolto dal centro dell'universo), Darwin (che ci ha resi una specie tra le altre), e Freud (che ha scardinato l'idea di un io razionale), l'intelligenza artificiale ci sta mostrando che non abbiamo il monopolio dell'intelligenza. È un passaggio epocale, che cambia non solo il nostro modo di conoscere, ma anche quello di progettare, di lavorare e perfino di pensare a noi stessi.

Architettura e machine learning: possibilità, esperimenti e limiti

L'architettura non è rimasta fuori da tutto questo. Anzi. L'intelligenza artificiale sta entrando sempre di più nei processi progettuali, tra entusiasmo e scetticismo. Da un lato, gli strumenti di ML promettono efficienza, ottimizzazione, nuove possibilità creative. Dall'altro, ci si interroga su che tipo di architettura emerga da questi strumenti, e che ruolo resti per il progettista.

Ci sono ancora molti limiti. I dataset disponibili per l'architettura sono spesso poco rappresentativi. Un algoritmo addestrato solo su progetti residenziali faticherà a progettare un ospedale. Inoltre, molti strumenti restano vere e proprie "scatole nere": restituiscono risultati interessanti, ma non spiegano il loro ragionamento. E questo è un problema, soprattutto in una disciplina dove il "perché" di una scelta è importante quanto il "come".

La vera sfida non è tecnica. È culturale. Dobbiamo imparare a essere architetti "bilingui":

¹ Cfr. Gallo G. *Architettura and second Digital Turn* Tesi Di Laurea Magistrale pag. 355-356, Leach N. *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*, Bloomsbury Publishing, 2022, pp. 2-3

capaci di parlare sia il linguaggio del progetto, sia quello dei dati, senza perdere la nostra sensibilità. Come dice Neil Leach, l'intelligenza artificiale non sostituirà gli architetti. Ma gli architetti che sapranno usare l'IA sostituiranno quelli che non lo faranno. Il punto non è cedere il controllo alle macchine, ma usarle per espandere i nostri strumenti mentali, per porre nuove domande, per guardare lo spazio da prospettive diverse.¹

Alla fine, forse, il vero valore dell'IA non sarà nel fornirci tutte le risposte, ma nel aiutarci a porre domande migliori. Perché nessun algoritmo, per quanto potente, potrà mai sostituire quella sensazione istintiva che abbiamo quando guardiamo un disegno e capiamo, senza parole, che quello spazio funziona davvero.

¹ Cfr. Leach N. *Architecture in the Age of Artificial Intelligence* pag 124

Intelligenza Artificiale e Architettura: un cambio di paradigma

Il contributo più radicale dell'intelligenza artificiale in architettura consiste forse nel superamento della logica deterministica della modellazione parametrica. Nei modelli tradizionali, il progettista definisce vincoli e regole, e il sistema genera la forma in modo coerente ma rigido. Con l'IA, il punto di partenza si sposta: non si stabiliscono istruzioni, ma si offrono esempi. I modelli apprendono osservando, riconoscendo strutture latenti all'interno di insiemi complessi.

Ne consegue una nuova dinamica generativa: le forme non emergono da una sequenza prescritta, ma da un processo adattivo, capace di modificarsi in risposta a nuovi stimoli, contesti o informazioni. La progettazione si riconfigura come un sistema aperto, capace di apprendere e trasformarsi¹.

Anche la rappresentazione muta. Le reti neurali non si limitano a generare immagini, ma le comprendono. Sono in grado di identificare strutture, proporre composizioni, suggerire soluzioni distributive. L'IA diventa così un agente sensibile, capace di leggere e riscrivere i codici del linguaggio architettonico. Interviene sul piano formale, simbolico e percettivo, incidendo non solo sul prodotto ma anche sul significato del progetto.

L'aspetto più potente dell'IA, tuttavia, risiede nella sua capacità predittiva. Può simulare scenari futuri, valutare l'impatto delle scelte progettuali su luce, consumi, percorsi, e generare soluzioni dinamiche in sintonia con i dati ambientali. L'architettura diventa un sistema vivo, interattivo, in dialogo costante con il contesto.

Tuttavia, questa evoluzione richiede un cambiamento culturale. Addestrare un modello significa decidere cosa fargli vedere. Ogni archivio è una scelta, e ogni scelta implica una posizione: quali progetti, quali riferimenti, quale cultura veicolare? L'IA riflette i bias del suo addestramento. Se alimentata da dati parziali o sbilanciati, riproduce forme semplificate, standardizzate, incapaci di rispondere alla complessità. Per questo il progettista deve maturare una consapevolezza critica e curatoria: selezionare, ordinare e trasmettere informazioni è parte integrante del fare progetto.

¹ Cfr. Leach N. *Architecture in the Age of Artificial Intelligence* Bloomsbury Publishing, 2022 pp. 19-20 e pp. 124-126

Neil Leach

Architetto, teorico e professore, è una figura di spicco nel campo dell'architettura digitale. Ha scritto numerosi libri sull'argomento, tra cui *Digital Tectonics* e *The Digital Turn in Architecture*. È noto per le sue riflessioni sull'impatto dell'intelligenza artificiale e delle tecnologie digitali sull'architettura contemporanea.

Naturalmente, i rischi esistono. Dalla dipendenza dai modelli statistici alla perdita di controllo sul processo creativo, fino alla possibile omologazione formale, l'uso dell'IA pone sfide non solo tecniche, ma etiche e culturali. La vera posta in gioco è comprendere fino a che punto siamo disposti a condividere l'atto progettuale con un sistema che non ragiona come noi, ma ci obbliga a riformulare la nostra idea di progetto.

Attraverso queste nuove dinamiche, il progettista assume un ruolo plurale, non più soltanto autore, ma anche curatore, programmatore e interprete mentre l'architettura si configura come un'interfaccia cognitiva tra intelligenza umana e artificiale, segnando un vero e proprio cambio di paradigma che ridefinisce la creatività, ristrutturata i processi operativi e impone una visione del progetto come processo aperto, adattivo e collaborativo.

L'intelligenza artificiale come specchio della creatività: tra automazione e autorialità

Uno dei dibattiti più interessanti, quando si parla di intelligenza artificiale applicata all'architettura, riguarda il senso stesso del processo creativo. In particolare, strumenti come le GAN (Generative Adversarial Networks) mettono in discussione la linea di confine tra automatismo e invenzione, tra imitazione e progetto. Queste reti neurali apprendono da un ampio archivio di progetti esistenti e, una volta addestrate, iniziano a produrre nuove configurazioni. In un certo senso, sono come uno specchio digitale: riflettono quello che abbiamo già fatto, ma ci costringono anche a confrontarci con i limiti e le ricorsività del nostro pensiero progettuale.

Un esperimento emblematico è quello di Stanislas Chaillou¹, che ha addestrato una GAN su centinaia di planimetrie residenziali. Il risultato? Layout perfettamente plausibili, ma fortemente orientati verso schemi abituali (fig. 11 e 12). Come uno studente brillante che imita i maestri, ma fatica a innovare, l'algoritmo tendeva a ripetere i modelli più diffusi. Questo, però, non è necessariamente un limite. Anzi, può diventare uno spunto prezioso: ci spinge a chiederci quanto del nostro lavoro sia davvero frutto di creatività consapevole e quanto invece sia una riproposizione inconsapevole di forme e soluzioni già sedimentate. La vera sfida inizia, però, quando bisogna scegliere. L'ottimizzazione matematica può guidarci, ma non basta. In uno studio londinese, per esempio, un team ha usato un algoritmo per ottimizzare la disposizione degli spazi in un museo: il sistema ha proposto una configurazione che riduceva del 30% i percorsi tra le sale principali. Era una soluzione tecnicamente perfetta. Ma solo i progettisti hanno saputo valutare l'impatto emotivo e percettivo di quel layout sui visitatori. Questi strumenti non sostituiscono l'intuito, la cultura e l'esperienza dell'architetto: servono a potenziare il processo decisionale, ma non possono sostituirlo.

Un esempio ancora più chiaro arriva dalla scala urbana. Il progetto Quayside a Toronto, sviluppato da Sidewalk Labs (gruppo Alphabet), voleva essere il quartiere del futuro: sensori ovunque, dati raccolti in tempo reale, algoritmi in grado di regolare luce, temperatura, flussi pedonali. Un ecosistema "intelligente", capace di adattarsi continuamente. Eppure,

¹ Cfr. <https://stanislaschaillou.com/main.html> e <https://medium.com/spacemaker-research-blog/space-layouts-gans-2329c8f85fe8>

il progetto è stato abbandonato. Il motivo? Non la tecnologia, ma la politica e l'etica. I cittadini hanno capito che stavano per consegnare il controllo del loro spazio pubblico a una società privata. Il problema non era l'IA, ma la mancanza di regole chiare su chi avrebbe gestito i dati, secondo quali principi e con quali garanzie. Questo caso oggi è studiato come esempio emblematico: quando la tecnologia corre più veloce della riflessione sociale, anche i progetti meglio valutati falliscono.

Come ha scritto Neil Leach, ci troviamo davanti a un paradosso: strumenti come DALL-E o Midjourney possono produrre in pochi secondi immagini architettoniche di una complessità notevole, mettendo in discussione il ruolo del progettista come autore unico. Allo stesso tempo, però, questa abbondanza quasi imbarazzante di possibilità ci obbliga a tornare alle radici della progettazione. Non basta più generare forme: bisogna scegliere, motivare, interpretare.

In alcuni studi avanzati, si sta sperimentando un modo molto più sensato di usare l'IA (ZHA: Scheda di Approfondimento): non come generatore automatico di progetti, ma come interlocutore progettuale, una specie di sparring partner digitale. In fase preliminare, si può interrogare un algoritmo su come altri hanno affrontato problemi simili in contesti climatici diversi, oppure chiedergli una simulazione rapida degli effetti di una certa forma sulla luce naturale in inverno. In questo modo, l'intelligenza artificiale non sostituisce l'architetto, ma ne amplia lo sguardo, ne stimola le domande, ne affina gli strumenti critici.

2.3

Addestrare una rete neurale: tecnica, intenzione e ruolo del progettista

Il cuore del funzionamento dell'IA, oggi, è il processo di apprendimento delle reti neurali, che si basa sull'esposizione a grandi quantità di dati. In un certo senso, l'architettura ha sempre lavorato così: attraverso l'accumulo, la selezione e la trasmissione di conoscenze. Ma con le reti neurali, qualcosa cambia. Non scriviamo più regole fisse: mostriamo esempi, e lasciamo che il sistema costruisca da sé le sue inferenze. Riconosce schemi, assorbe varianti, apprende comportamenti progettuali latenti.

Una delle tecniche più diffuse è l'apprendimento supervisionato, dove ogni input è associato a una risposta desiderata. L'algoritmo, tramite iterazioni continue, cerca di ridurre lo scarto tra previsione e realtà, "aggiustando" progressivamente le proprie connessioni interne. Questo processo — noto come *backpropagation* — simula in parte un ragionamento euristico, simile a quello umano.

Nella pratica architettonica, tutto questo apre possibilità interessanti: una rete può imparare a riconoscere schemi distributivi, tipologie edilizie, vincoli normativi, ma può anche essere usata per generare soluzioni coerenti con determinati contesti, climatici o culturali. Questo comporta una riflessione importante sul concetto di intenzionalità. Se una rete è in grado di generare soluzioni plausibili sulla base dei dati che ha visto, che fine fa l'intenzione progettuale? La risposta, non è che l'autorialità sparisce, ma che si riconfigura. L'architetto diventa una sorta di allenatore, che allestisce il contesto e guida il processo, senza controllarlo punto per punto. Un orchestratore, più che un esecutore.

Va anche detto che la qualità dell'apprendimento non dipende solo dalla quantità di dati, ma anche dalla loro diversità e rilevanza. Un dataset troppo omogeneo produrrà risultati stereotipati. Solo un corpus ricco, articolato e ben curato può generare risposte aperte alla sperimentazione, e può aiutarci a individuare e superare i bias nascosti nei dati stessi. In questo senso, anche la data curation diventa un atto progettuale.

Infine, dobbiamo rivedere il modo in cui pensiamo il progetto. Se il processo non è più lineare, ma adattivo e probabilistico, anche gli strumenti di rappresentazione, valutazione e scelta devono cambiare. La figura del progettista si trasforma: diventa un mediatore cognitivo, in dialogo costante con il sistema artificiale. Non per cedere il controllo, ma per guidare, correggere, intuire.

Figura 11 e 12

Layout di apprendimento usati da Stanislas Chaillou per ottenere gli output di planimetrie secondo gli schemi dati all'origine, con richieste specifiche

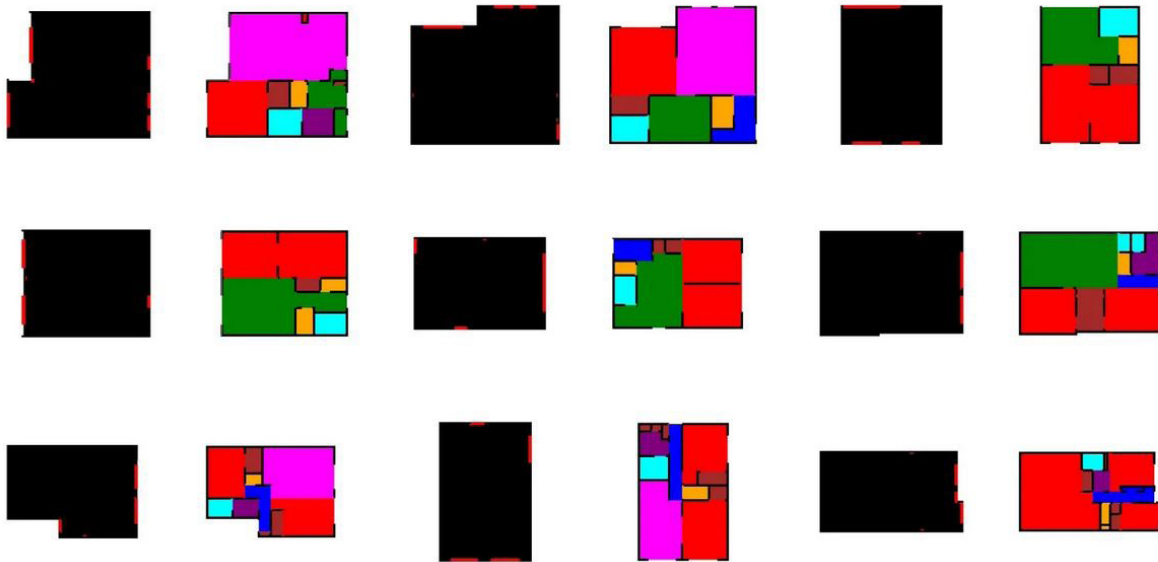


Figure 4: Sample of Training Set | Source: Author



Floor plans' color scheme | Source: Author

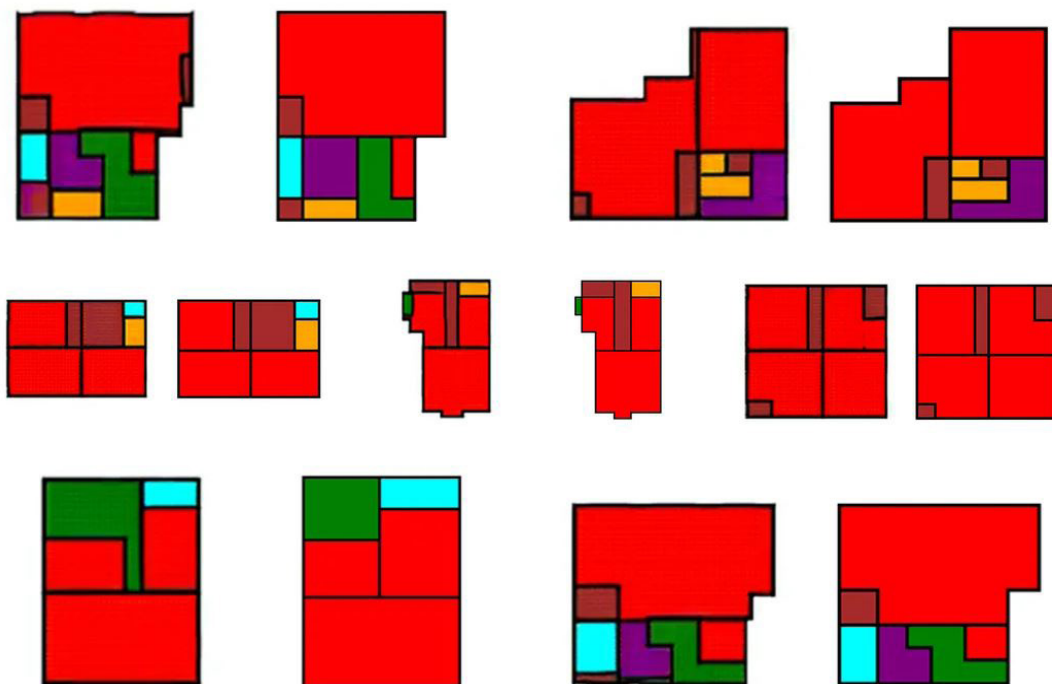


Figure 10: Results of Vectorization Steps | Source: Author



Floor plans' color scheme | Source: Author

L'uso dell'Intelligenza Artificiale nella generazione automatica di layout architettonici: un approccio ibrido tra GNN e ABM

Nel panorama contemporaneo della progettazione architettonica, l'integrazione tra strumenti di Intelligenza Artificiale (IA) e processi creativi tradizionali sta ridefinendo le metodologie operative. Il progetto architettonico, storicamente fondato su esperienza, conoscenze tipologiche e intuizione artistica, si confronta oggi con la possibilità di delegare alcune fasi preliminari della progettazione a sistemi automatizzati capaci di apprendere da dati ed emulare schemi spaziali umani. In particolare, l'articolo preso in esame propone un modello ibrido che coniuga reti neurali a grafo (Graph Neural Networks, GNN) e modelli agent-based (ABM) per la generazione automatica di layout edilizi a partire da semplici prompt descrittivi.

Le sfide della progettazione generativa

L'architettura generativa mira a produrre soluzioni progettuali complesse in modo automatico, risparmiando tempo e lasciando agli architetti maggiore libertà espressiva. Tuttavia, le tecniche tradizionali basate su GAN o CNN spesso richiedono dataset molto estesi e strutturati, rendendone difficile l'impiego in contesti reali. Inoltre, la maggior parte degli approcci attuali si limita alla generazione di layout "visivamente plausibili", trascurando le relazioni topologiche fondamentali tra gli spazi — aspetto invece cruciale nella progettazione edilizia.

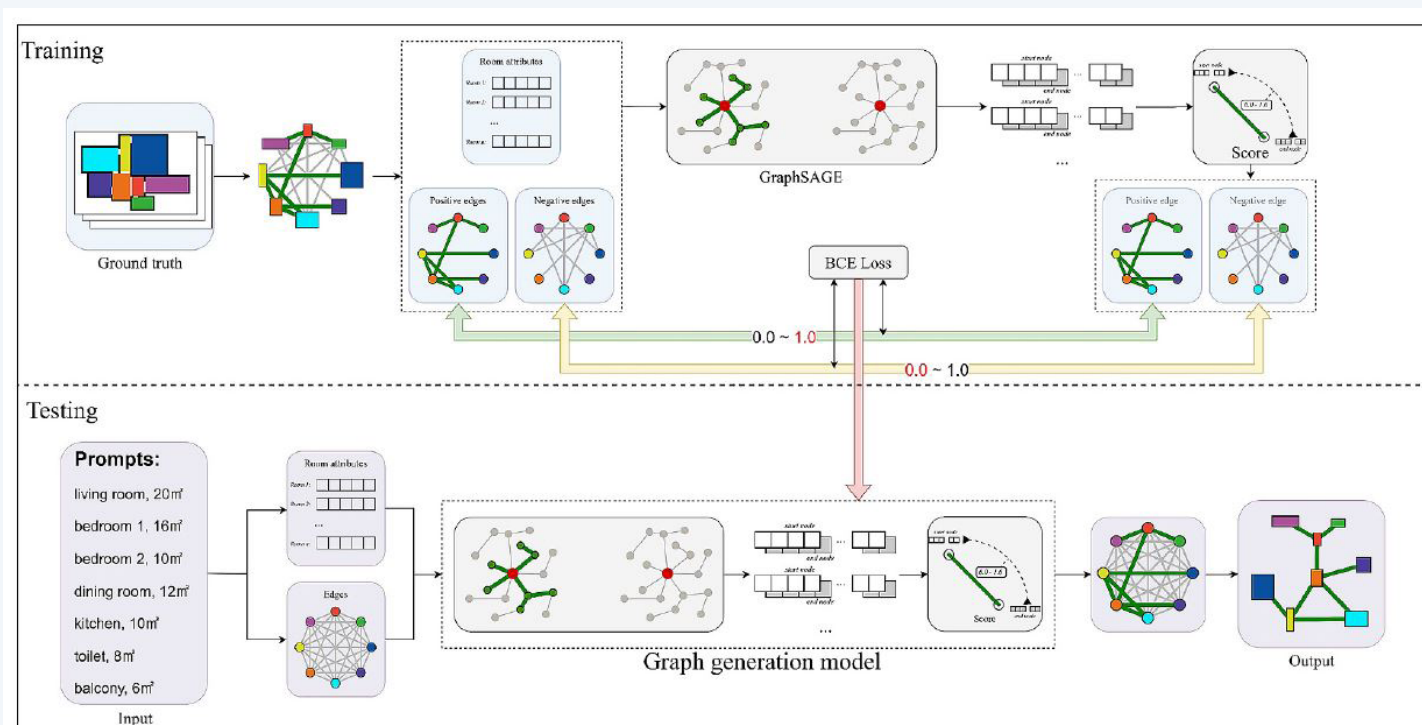


Figura 13
Flusso di integrazione del grafo, dai modelli di istruzione alla generazione delle matrici spaziali per ottenere gli output richiesti dall'esperienza di Xin

La proposta metodologica: un modello ibrido GNN + ABM

Il modello sviluppato da Xin affronta questa sfida combinando due paradigmi distinti ma complementari:

- GNN (Graph Neural Network): consente di generare una rappresentazione topologica dell'edificio (il cosiddetto "grafo architettonico") a partire da informazioni di base come funzione e superficie delle stanze. Il grafo rappresenta le relazioni tra spazi, come ad esempio la contiguità tra soggiorno e cucina.
- ABM (Agent-Based Model): consente di trasformare questo grafo in un layout spaziale coerente, generando forme e dimensioni delle stanze secondo regole ispirate al comportamento umano. Ogni stanza è trattata come un "agente" che cresce e si sposta nel piano per trovare la sua posizione ideale nel rispetto delle adiacenze.

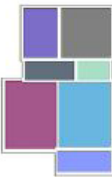
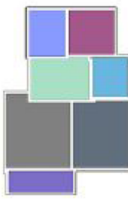
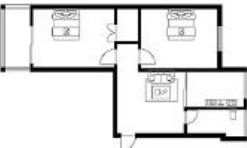
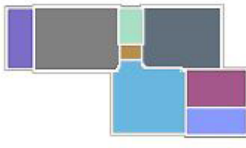
	Ground truth	Generated layout	Adjacency matrix (A)	Adjacency matrix (B)
a			$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
b			$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
c			$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
d			$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
e			$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

Figura 14
Schema di impostazione per la valutazione degli spazi attraverso uso di matrici di approssimazione degli ambienti

prompts	kitchen, 9m ² , bathroom, 5m ² , bedroom, 16m ² , living room, 13m ² , balcony, 6m ² ,	bedroom 1, 18m ² , living room, 20m ² , kitchen, 7m ² , bedroom 2, 10m ² , bathroom, 6m ² , balcony, 6m ² ,	dining room, 11m ² , bedroom 1, 18m ² , living room, 20m ² , kitchen, 7m ² , bedroom 2, 10m ² , bathroom, 6m ² , balcony, 6m ² ,	bedroom1, 13m ² , kitchen, 4m ² , dining room, 6m ² , living room, 19m ² , bathroom, 4m ² , bedroom 2, 16m ² , bedroom 3, 16m ² , balcony, 5m ² ,	living room, 22m ² , kitchen, 6m ² , bathroom, 6m ² , bedroom 1, 9m ² , bedroom 2, 15m ² , balcony, 6m ² , bedroom 3, 12m ² , locker room, 3m ² ,
	generated ayout 1				
	fine-tuned				
	generated ayout 2				
	fine-tuned				
	generated ayout 3				
	fine-tuned				
Dining room Living room Bedroom Kitchen Bathroom Balcony Locker room					

Struttura del modello

1. **Generazione del grafo:** attraverso l'uso di GraphSAGE, il sistema apprende come collegare le stanze a partire da prompt contenenti tipo, numero e area degli ambienti.
2. **Generazione dei seed:** ogni stanza è inizialmente rappresentata come un "seme", una miniatura della sua forma finale, che sarà fatta crescere nel modello ABM.
3. **Espansione e organizzazione degli spazi (ABM):** seguendo regole di crescita e movimento ispirate agli automi cellulari, i semi si sviluppano fino a formare un layout completo, che rispetta sia le adiacenze sia i vincoli spaziali.

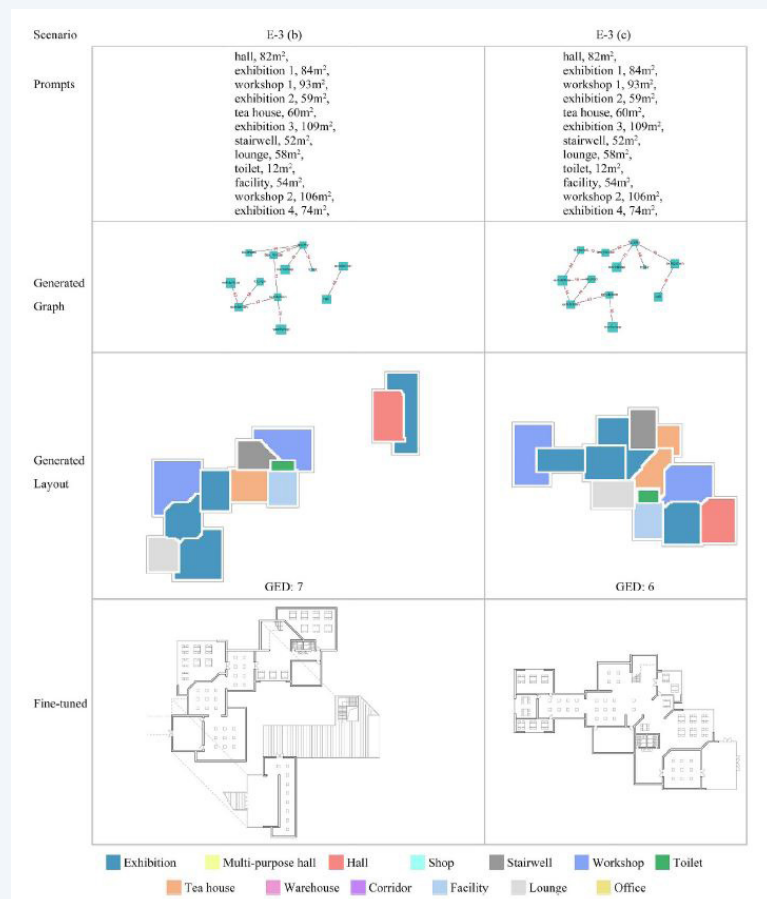


Figura 15 (pag. 46)
Layout schematici di planimetrie per l'apprendimento del modello

Figura 16
configurazione dell'Output generato con l'integrazione del grafo

Risultati sperimentali

Il modello è stato testato su dataset di edifici residenziali (950 casi) e centri espositivi. Una delle innovazioni principali riguarda l'efficienza dei risultati ottenuti con un numero ridotto di esempi: già con soli 150 edifici residenziali si raggiunge un SSIM medio di 0.82 e un GED di 1.67, risultati superiori a molti altri modelli in letteratura.

Riflessioni metodologiche: un equilibrio tra apprendimento e regole

L'integrazione tra un approccio data-driven (GNN) e uno rule-based (ABM) costituisce il vero punto di forza di questo lavoro. Le GNN apprendono dalle relazioni spaziali esistenti, ma lasciano al sistema agent-based il compito di interpretarle in termini geometrici e funzionali. Ciò consente al modello di:

- evitare la dipendenza da dataset estesi;
- produrre risultati interpretabili (non una "black box");
- adattarsi a contesti differenti, dai piccoli appartamenti agli edifici pubblici complessi.

Limiti e prospettive future

Come sottolineato nella sezione conclusiva dell'articolo, alcuni limiti restano aperti:

- Le planimetrie generate non includono infissi o elementi di dettaglio come finestre e porte.
- Alcune "cattive pratiche" presenti nei dati (es. cucine accanto a camere da letto) possono essere apprese dal modello.
- È necessaria un'ulteriore estensione ad altre tipologie edilizie e ad altri requisiti progettuali, come esposizione, ventilazione o accessibilità.

Tuttavia, la possibilità di generare layout coerenti, vari e adattabili a diversi input, con un carico computazionale minimo, rappresenta un avanzamento significativo per l'adozione dell'IA nei processi edilizi.

Il Caso di Zaha Hadid Architects e l'uso attivo dell'Intelligenza Artificiale

Contesto generale

Zaha Hadid Architects (ZHA) è uno dei principali studi di architettura a livello internazionale, noto per il suo linguaggio formale fluido, l'uso pionieristico di software computazionali e una forte inclinazione all'innovazione tecnologica. In anni recenti, sotto la guida di Patrik Schumacher, lo studio ha avviato una sperimentazione sistematica con modelli di intelligenza artificiale generativa, esplorando nuovi modi di immaginare l'architettura attraverso strumenti come DALL•E 2, Midjourney e Stable Diffusion.

Integrazione dell'IA nei processi progettuali

Secondo quanto dichiarato da Schumacher nel roundtable pubblicato da Dezeen (aprile 2023), l'IA viene utilizzata come parte integrante nelle prime fasi del processo creativo, soprattutto nella fase di concept design e competizioni.

Tecniche utilizzate:

- **Text-to-image AI generators:** software come DALL•E 2 e Midjourney vengono impiegati attraverso prompt testuali altamente specifici (es. "Zaha Hadid museum aerial view, high quality") per generare immagini concettuali in pochi secondi.
- **Selezione creativa:** solo il 10-15% delle immagini generate viene selezionato per la successiva fase di modellazione tridimensionale.
- **Validazione autoriale:** lo studio mantiene autorialità sul processo di selezione e validazione delle immagini AI, rivendicando il diritto a considerarli parte dell'"oeuvre" progettuale.
- **Utilizzo come sketch iniziali:** le immagini AI vengono utilizzate come bozze per confrontarsi con clienti e team, spesso in forma "raw", senza elaborazioni ulteriori, valorizzando la coerenza formale, la luce e l'atmosfera generate dall'algoritmo.
- **Workflow distribuito:** i membri del team possono generare immagini autonomamente usando l'IA, integrandole nei flussi di brainstorming come se fossero conversazioni progettuali visive.

Finalità e ruolo strategico dell'IA

L'utilizzo dell'intelligenza artificiale non è concepito come semplice supporto grafico, ma come amplificatore della creatività e strumento dialogico capace di generare nuove forme, ispirazioni inedite e "mosse" compositive non convenzionali. Schumacher paragona l'uso dell'IA a una forma di briefing verbale: *"È come gesticolare e descrivere a parole idee ai collaboratori; ora posso farlo direttamente con Midjourney"*.

Inoltre, lo studio ha istituito un gruppo di ricerca interno dedicato all'intelligenza artificiale, a dimostrazione di un approccio non occasionale ma strutturato e strategico.

Riflessioni sul metodo progettuale

Nella presentazione ATectonics – ZHA (documento AS5240), lo studio evidenzia da tempo una filosofia progettuale basata su algoritmi, scripting e morfogenesi computazionale. L'adozione dell'IA rappresenta una naturale evoluzione di questo approccio. In particolare:

- L'uso dell'IA si innesta su una pratica già consolidata nell'uso di software come Maya, Grasshopper e Rhino, in cui il controllo della forma avviene attraverso logiche parametriche e scripting complesso.
- ZHA adotta la non-linearità del processo progettuale, basandosi su loop iterativi, ibridazione tra strumenti e sperimentazione visuale, che ben si sposa con la logica probabilistica e generativa dell'IA.

Nel PDF viene anche mostrato come le forme fluide e biomorfiche caratteristiche dello studio trovino oggi una continuità coerente con l'estetica generata dalle AI visuali, contribuendo a un nuovo tipo di design language.

Implicazioni critiche e visione ideologica

Schumacher si dichiara apertamente contrario a regolamentazioni restrittive sull'uso dell'intelligenza artificiale, sostenendo che il potenziale creativo e trasformativo della tecnologia supera i rischi. Egli sostiene un approccio liberista e non centralizzato, promuovendo la libera sperimentazione come motore dell'innovazione.

Questa posizione solleva interrogativi etici, soprattutto in relazione a:

- Autorialità e proprietà intellettuale;
- Originalità progettuale;
- Possibile standardizzazione estetica generata da prompt ricorrenti.

Tuttavia, l'approccio ZHA dimostra come l'intelligenza artificiale possa essere integrata in modo attivo, non passivo, influenzando direttamente le decisioni formali e le strategie comunicative verso clienti e stakeholder.

Conclusione

Il caso studio di Zaha Hadid Architects rappresenta un esempio emblematico di come l'IA possa diventare strumento progettuale generativo e non solo ausilio tecnico. L'approccio dello studio mostra:

- un uso consapevole e strategico dei generatori di immagini AI;
- l'integrazione nel workflow di team multidisciplinari;
- un'apertura verso la ridefinizione del ruolo autoriale nell'epoca della creatività algoritmica.

Questa pratica, seppur ad oggi confinata a studi di altissimo livello, fornisce indicazioni operative per contesti più piccoli, suggerendo che l'adozione dell'IA – se ben guidata – possa portare benefici reali anche in ambiti professionali meno strutturati.

2.4

Fondamenti concettuali del Prompt Engineering

Tra le novità più rilevanti nel campo dell'intelligenza artificiale c'è senza dubbio l'emergere del Prompt Engineering: una pratica che, a tutti gli effetti, si sta affermando come competenza strategica nella progettazione delle interazioni con i modelli linguistici di nuova generazione. Oggi, chi lavora con i cosiddetti LLM — i Large Language Models come GPT-4, Claude, Gemini o PaLM — sa bene che il modo in cui viene formulata una richiesta può cambiare radicalmente l'esito di una generazione.

Alla base di tutto c'è il Natural Language Processing (NLP), cioè l'insieme di tecnologie che permette alle macchine di comprendere e produrre linguaggio umano in maniera sempre più naturale. I modelli attuali sono stati addestrati su quantità enormi di testi e possiedono milioni, se non miliardi di parametri. Questo permette loro di "capire" non solo parole, ma anche sfumature, contesti, stili, intenzioni. In questo quadro, il prompt engineering si pone come ponte tra l'intelligenza artificiale e l'utente umano: uno spazio di mediazione, dove la competenza linguistica si trasforma in progettazione operativa.

A differenza del pre-training (che avviene una volta sola su larga scala) o del fine-tuning (che personalizza il modello su un dominio specifico), il prompting agisce in tempo reale. È sufficiente cambiare il modo in cui si formula una richiesta per ottenere output completamente diversi, anche senza modificare nulla nella struttura del modello. Questo rende il prompt engineering flessibile, veloce, adattabile, adatto a una miriade di contesti dalla scrittura creativa all'analisi tecnica, dalla programmazione al supporto normativo.

Le principali sono:

- Prompt iterativi, che permettono di affinare gradualmente la risposta attraverso più scambi;
- Prompt confermativi, utili per chiedere al modello di verificare la coerenza o la correttezza della propria risposta;
- Prompt vincolati, che impongono limiti su tono, contenuto o struttura (es. "scrivi in stile accademico", "non usare il futuro");
- Prompt a catena (Chain-of-Thought), che guidano il modello passo dopo passo nella risoluzione di compiti complessi.

A queste si aggiungono strumenti di tipo osservativo: pattern e anti-pattern. I primi sono formule che, nel tempo, si sono dimostrate efficaci (ad esempio: “Agisci come se fossi...” o “Prima spiega, poi rispondi”), i secondi sono formulazioni ambigue o controproducenti, che generano risposte vaghe, ripetitive o fuori fuoco. Imparare a riconoscere cosa funziona e cosa no è parte integrante del lavoro, e spesso richiede pratica, tentativi, aggiustamenti. Ma il prompt engineering non è solo una questione tecnica. Ha anche una dimensione di consapevolezza. Soprattutto in contesti delicati — sanità, giustizia, istruzione — è fondamentale che la formulazione del prompt rispetti criteri di neutralità, chiarezza, sicurezza e responsabilità. I modelli non sono neutri, e il modo in cui li interroghiamo può enfatizzare o attenuare determinati bias. Essere consapevoli di questo significa assumersi la responsabilità del proprio linguaggio.

Guardando avanti, sembra chiaro che le competenze di prompting diventeranno sempre più trasversali. Non saranno più prerogativa esclusiva di informatici o sviluppatori: saranno necessarie anche a docenti, ricercatori, architetti, progettisti, comunicatori. Tecniche come il meta-prompting, la scomposizione dei compiti o la generazione automatica di prompt promettono un’interazione sempre più personalizzata con l’IA, capace di adattarsi allo stile e agli obiettivi di chi la usa.

In sintesi, il prompt engineering non è una scorciatoia o un trucco, ma una vera e propria forma di progettazione linguistica. Richiede intuito, rigore, consapevolezza. E, proprio come nel progetto architettonico, ogni parola ha un peso, ogni scelta porta con sé un effetto, ogni variazione può cambiare l’intero risultato.

Linee guida per una progettazione efficace dei prompt

Una progettazione efficace dei prompt richiede più di una semplice conoscenza tecnica: occorre sviluppare una sensibilità comunicativa, logica e strategica. Non si tratta soltanto di dare istruzioni alla macchina, ma di costruire veri e propri artefatti linguistici capaci di orientare l’intelligenza artificiale verso la produzione di contenuti rilevanti e ben strutturati. Il primo principio guida è la chiarezza espressiva. Un prompt efficace deve eliminare ambiguità, evitando l’uso di termini vaghi o polisemici. Ad esempio, una richiesta generica come “scrivi una poesia” può generare risultati troppo ampi e imprevedibili; una formulazione come “scrivi una poesia in rima sulla primavera, in massimo otto versi” definisce invece chiaramente il tema, il tono e la lunghezza attesa. La specificità deve tuttavia essere bilanciata: fornire troppi dettagli può limitare la creatività del modello, mentre una formulazione troppo vaga può compromettere la coerenza del risultato. Anche la sintesi è fondamentale: prompt eccessivamente lunghi o complessi possono generare confusione e abbassare la qualità dell’output.

Un altro aspetto chiave è la chiarezza delle istruzioni, che può essere migliorata attraverso esempi, analogie o modelli linguistici di riferimento. L’uso di verbi d’azione, come “descrivi”, “analizza”, “confronta” o “riassumi”, rende più esplicita l’intenzione comunicativa e riduce l’ambiguità interpretativa. Allo stesso modo, specificare il formato atteso della risposta

(testo narrativo, elenco puntato, tabella comparativa, ecc.) facilita la produzione di output strutturati e leggibili.

In molti casi, l'efficacia del prompt dipende anche dalla conoscenza di dominio incorporata nel testo. L'utilizzo di terminologia specialistica e concetti rilevanti rispetto al contesto settoriale (come in ambiti giuridici, scientifici, tecnici) consente al modello di ancorare la propria generazione a una base di riferimento solida e coerente.

Per favorire la comprensione e l'elaborazione, può essere utile organizzare il prompt in sezioni, ad esempio distinguendo tra:

- **Ruolo:** definizione del punto di vista ("Agisci come uno storico dell'arte");
- **Contesto:** ambientazione o ambito tematico ("Nel Rinascimento italiano...");
- **Obiettivo:** compito richiesto ("Analizza la funzione simbolica della luce...").

Un approccio efficace prevede anche l'adozione di una metodologia iterativa, che consenta di affinare progressivamente i prompt attraverso cicli di sperimentazione, feedback e revisione. Questo processo permette di adattare il linguaggio alle risposte osservate, migliorando nel tempo l'efficacia dell'interazione.

Infine, è fondamentale mantenere uno sguardo aggiornato e sperimentale. Le tecniche di prompting sono in continua evoluzione e richiedono un atteggiamento aperto alla scoperta: approcci come lo zero-shot prompting*, il chain-of-thought* o il role-based prompting* offrono possibilità sempre più sofisticate per modulare l'interazione con i modelli linguistici, stimolando risultati diversificati, profondi e personalizzati.

Nel suo insieme, la progettazione dei prompt si configura non solo come una pratica strumentale, ma come un'attività dotata di una propria dignità epistemica e creativa, al crocevia tra linguistica applicata, scienza del dato e design dell'informazione.

1. Chiarezza, Specificità e Sintesi

- **Essere chiari e precisi:** i prompt devono evitare ambiguità. Termini polisemici (es. "apple") o vaghi (es. "scrivi una poesia") devono essere sostituiti con formulazioni dirette e contestualizzate, come "scrivi una breve poesia in rima sulla bellezza della primavera".
- **Essere concisi:** la semplicità sintattica favorisce una comprensione immediata da parte del modello. I prompt troppo articolati o prolissi aumentano il rischio di risposte generiche o incoerenti.
- **Essere specifici senza eccedere:** bisogna fornire abbastanza dettagli da guidare l'output senza vincolare eccessivamente la generazione. Un prompt equilibrato migliora la qualità del contenuto generato.

2. Dettagli Istruttivi

- **Fornire esempi:** esempi concreti aiutano il modello a imitare lo stile o la struttura desiderata, riducendo l'ambiguità e migliorando la qualità dell'output.
- **Usare analogie:** introducono uno strumento cognitivo che facilita la comprensione e la generazione da parte del modello, specialmente in contesti creativi o descrittivi.

- **Verbi d'azione:** l'uso di verbi imperativi (es. "descrivi", "analizza", "confronta") orienta l'AI verso un compito preciso, migliorando la coerenza delle risposte.
- **Formati di output:** indicare se si desidera un elenco puntato, una poesia, un saggio breve o una descrizione tecnica aiuta a strutturare correttamente l'informazione generata.
- **Conoscenza di dominio:** integrare concetti e terminologia settoriale (medica, legale, tecnica) migliora la pertinenza delle risposte e ne aumenta la qualità complessiva.

3. Struttura e Formattazione

- **Template e separazione dei componenti:** suddividere chiaramente le sezioni di un prompt (Ruolo, Contesto, Obiettivo) migliora l'interpretabilità e la precisione del risultato.
- **Sperimentare con diversi formati:** formulare lo stesso compito in modo narrativo, sotto forma di domanda o lista, consente di esplorare risposte più ricche e pertinenti.

4. Iterazione e Creatività

- **Approccio iterativo:** partire da prompt semplici e progressivamente aggiungere complessità consente di testare e affinare l'output in modo controllato.
- **Conoscere il modello:** una consapevolezza delle capacità e dei limiti dell'LLM (es. GPT-4) è fondamentale per adeguare la complessità del prompt e valutare criticamente gli output.
- **Aggiornarsi costantemente:** vista la rapidità dell'evoluzione nel settore, tenersi aggiornati su nuove tecniche (es. chain-of-thought, zero-shot prompting) garantisce una progettazione più efficace.
- **Essere creativi:** l'ingegneria dei prompt non è solo tecnica, ma anche un atto creativo. L'uso di ruoli immaginari, vincoli narrativi o scenari futuri stimola output innovativi e originali.

Linee guida per una progettazione efficace dei prompt

Nel campo dell'intelligenza artificiale e, in particolare, nell'ingegneria dei prompt, la capacità di progettare istruzioni testuali efficaci rappresenta un elemento strategico per influenzare la qualità e la coerenza delle risposte prodotte dai modelli linguistici. Una progettazione accurata del prompt consente di guidare l'elaborazione dell'output, adattandolo al contesto, al livello di formalità richiesto e agli obiettivi specifici del compito. Un primo approccio efficace consiste nell'utilizzare prompt formulati sotto forma di domanda. Questa tecnica sfrutta la naturale predisposizione dei modelli a fornire risposte pertinenti e centrate quando l'input assume una forma interrogativa. Specificare inoltre il tipo di risposta desiderata, come ad esempio "in forma di elenco", "con una sintesi finale" o "attraverso esempi concreti", contribuisce a modellare il formato dell'output e ne migliora la leggibilità.

Un'altra strategia utile prevede l'inserimento di vincoli strutturali all'interno del prompt. Stabilire anticipatamente il formato della risposta — indicando ad esempio che debba articolarsi in tre paragrafi, presentare un confronto tra due concetti, oppure adottare un linguaggio tecnico o divulgativo — consente di ottenere output coerenti con le aspettative dell'utente. Questa tecnica è particolarmente efficace in ambiti professionali o accademici, dove la forma è spesso importante quanto il contenuto.

L'aggiunta di contesto rappresenta un'altra leva fondamentale nella costruzione del prompt. Specificare l'ambiente in cui si colloca il compito, fornire una cornice narrativa o delineare una situazione ipotetica aiuta il modello a orientare la risposta. Quando si richiede, ad esempio, di argomentare da una determinata prospettiva o assumere un punto di vista specialistico, la presenza di elementi contestuali arricchisce la profondità e la pertinenza della generazione testuale.

Per compiti più articolati, una tecnica molto efficace consiste nello scomporre l'attività in una sequenza di passaggi logici. Guidare il modello attraverso uno schema step-by-step, segnalando esplicitamente i diversi momenti del ragionamento, consente una maggiore chiarezza e coerenza interna all'elaborato. Questo approccio risulta particolarmente utile per affrontare problemi matematici, domande di logica, processi deduttivi e compiti a più fasi.

In presenza di ambiguità concettuali o per favorire l'analisi comparativa, è possibile adottare una struttura contrastiva. Questo metodo si basa sull'opposizione tra due alternative, soluzioni o concetti, e stimola il modello a ragionare per differenze e somiglianze. Presentare opzioni tra cui scegliere oppure formulare richieste che richiedano un confronto critico porta generalmente a risposte più analitiche e dettagliate.

L'inclusione di esempi all'interno del prompt rappresenta un ulteriore strumento per modellare il comportamento del modello. Fornire uno o più esempi guida consente di stabilire un pattern stilistico, tematico o logico da seguire, migliorando notevolmente l'omogeneità dell'output. Questo approccio, noto come "few-shot", è particolarmente

efficace quando si desidera replicare una determinata forma espressiva o un processo argomentativo.

Un'altra strategia avanzata prevede che il modello venga istruito a valutare criticamente la propria risposta. Si tratta di una forma di metariflessione, in cui l'intelligenza artificiale è chiamata non solo a produrre un contenuto, ma anche a verificarne la completezza, la coerenza e l'adeguatezza rispetto alla domanda iniziale. Questo tipo di prompting è utile in contesti ad alta affidabilità, come nel caso della consulenza scientifica, medica o normativa. Nel complesso, la scrittura efficace dei prompt non può essere ridotta a un mero esercizio tecnico. Essa richiede un'attenzione al linguaggio, una sensibilità alla struttura logica del compito e una conoscenza approfondita delle dinamiche di funzionamento dei modelli linguistici. L'ingegneria dei prompt si configura dunque come un'attività strategica, al crocevia tra linguistica, design della comunicazione e intelligenza artificiale, in grado di incidere in modo significativo sulla qualità e sull'affidabilità dell'interazione uomo-macchina.

Le Sfide Chiave nel Prompt Engineering

Chi si avvicina per la prima volta al prompt engineering potrebbe pensare che si tratti di un'attività semplice, quasi istintiva. In realtà, scrivere prompt efficaci è un processo molto più complesso, che tocca dimensioni linguistiche, tecniche, culturali ed etiche. Il linguaggio naturale, con tutta la sua ricchezza espressiva, è anche pieno di ambiguità, sottintesi e riferimenti impliciti. Termini vaghi o troppo generici, come "migliora la produttività", possono produrre risposte completamente fuori fuoco se non vengono inseriti in un contesto chiaro e ben definito. Serve chiarezza, ma anche consapevolezza di cosa stiamo realmente chiedendo.

Una delle difficoltà principali è trovare il giusto equilibrio tra vincolo e libertà. Se il prompt è troppo rigido, rischia di imbrigliare il modello e soffocare la creatività. Se, al contrario, è troppo aperto, il risultato rischia di essere generico o non pertinente. In certi ambiti — come l'educazione, il supporto clienti o la scrittura creativa — questa tensione tra precisione e apertura non è un ostacolo da eliminare, ma una dinamica da gestire con attenzione.

Un'altra sfida importante riguarda la coerenza. Quando si lavora con compiti strutturati su più fasi o con conversazioni prolungate, diventa fondamentale che il modello mantenga uno stile stabile, coerente nel tono e nei contenuti. In caso contrario, anche un output corretto sul piano informativo può risultare poco credibile o addirittura confondere l'utente. Un tema sempre più discusso è quello dei bias. I modelli linguistici non sono neutri: imparano da grandi quantità di testi, molti dei quali portano con sé pregiudizi culturali, sociali o ideologici. Anche un prompt apparentemente innocuo può attivare risposte stereotipate o discriminatorie. Progettare prompt etici significa includere questo livello di consapevolezza e sviluppare strategie per ridurre i rischi: usare un linguaggio inclusivo, chiarire il contesto, anticipare possibili fraintendimenti.

Quando poi si applicano questi strumenti a settori specialistici — come la medicina, il

diritto o l'ingegneria — le difficoltà aumentano. I modelli generalisti spesso non riescono a gestire con precisione la terminologia tecnica o la complessità del contesto. In questi casi, il successo dipende dalla capacità di scrivere prompt estremamente mirati e ricchi di contenuto settoriale, oppure dalla possibilità di lavorare su modelli personalizzati, addestrati su dataset verticali.

Un'altra questione centrale riguarda la sicurezza. Prompt formulati in modo superficiale possono indurre il modello a generare contenuti scorretti, pericolosi o lesivi della privacy. In certi casi, bastano poche parole ambigue per innescare una risposta che sfugge al controllo, e che potrebbe perfino rivelare dati sensibili. Questo rende indispensabile un approccio responsabile, attento a ogni passaggio del processo.

Va anche considerato che non tutti i modelli rispondono allo stesso modo. Un prompt che funziona bene su GPT-4 può risultare poco efficace o del tutto frainteso su modelli come Claude, LLaMA o versioni precedenti dello stesso GPT. La progettazione deve quindi adattarsi al modello utilizzato, tenendo conto delle sue caratteristiche, delle sue capacità e dei suoi limiti.

A rendere tutto più difficile c'è anche il fatto che il comportamento del modello non è spiegabile con precisione. Non sappiamo davvero cosa accade "dentro" la rete neurale nel momento in cui produce una risposta. Questo limita la possibilità di correggere errori in modo puntuale, e ci obbliga a ragionare sempre in termini probabilistici, sperimentando e osservando gli effetti di ogni variazione.

Un fenomeno noto e delicato è quello delle "allucinazioni": risposte che sembrano corrette, ben scritte, addirittura convincenti — ma che contengono informazioni false o inventate. Se non si è in grado di riconoscerle, possono generare danni, soprattutto in settori ad alta responsabilità. Serve quindi uno sguardo critico, capace di validare l'output, e non solo di accettarlo per il suo aspetto superficiale.

Un'altra variabile da tenere sotto controllo è l'aggiornamento dei modelli. Anche un piccolo cambiamento nella struttura o nei dati può alterare completamente il modo in cui un prompt viene interpretato. Un'istruzione che fino a ieri funzionava alla perfezione, oggi potrebbe produrre qualcosa di incoerente. Questo obbliga chi lavora con i prompt a testare costantemente, a rivedere, a modificare, con pazienza e metodo.

Infine, va detto che valutare l'efficacia di un prompt, in molti casi, non è una questione oggettiva. Nella generazione di testi creativi o stilisticamente raffinati, ad esempio, non esistono metriche univoche: ogni valutazione è in parte soggettiva, e dipende dal contesto, dall'utente e dal tipo di risposta cercata.

Tutto questo ci porta a una considerazione più ampia: il prompt engineering non è solo un esercizio tecnico. È un'attività progettuale, un processo riflessivo, un atto creativo. Richiede intuito, sensibilità, attenzione al linguaggio e conoscenza profonda dei modelli. Ogni parola scelta ha un peso, ogni sfumatura può cambiare la direzione del risultato. In questo senso, scrivere prompt è un po' come scrivere architettura: si lavora sulla forma, ma anche sul significato, si lavora con vincoli, ma anche con possibilità. È proprio questa combinazione tra struttura e apertura che rende il prompt engineering una delle sfide più stimolanti — e, forse, più umane — dell'intelligenza artificiale.

Prompt Generativo
Genera un'immagine realistica in alta risoluzione (4K) che rappresenti una villetta a due piani in stile semplice e residenziale, vista dall'esterno, con prospettiva angolare che mostra chiaramente il lato sud e il lato ovest della casa. Tipologia Abitativa: villetta residenziale semplice, a due piani. Orientamento: asse nord-sud. Prospettiva dell'immagine: visuale esterna angolare sud-ovest. Tetto: a falda semplice, con tegole. Muro Esterno: finitura in mattoni faccia a vista. Finestre: due per lato (sud e ovest), a doppia anta in legno color noce. Terrazzo: ampio terrazzo al primo piano sul lato sud-ovest. Giardino: prato, arbusti e un albero. Illuminazione: luce naturale pomeridiana, ombre realistiche verso nord-est. Contesto: suburbano, cielo azzurro, nessun edificio adiacente. Stile: fotorealistico, colori naturali, dettagli definiti.

Figura 17

Prompt ricavato da tecniche di Prompt Engineering per testare la capacità generativa dei LLM, è stato testato per analizzare se il si riuscisse ad avere un output omogeneo, al fine di ottenere una progettazione basata solo su descrizione

SCHEDA SINTETICA

TECNICHE DEL PROMPT ENGINEERING

PRINCIPI FONDAMENTALI		Esempi
Chiarezza Espressiva	Eliminare ambiguità	"Scrivi una poesia in rima sulla primavera, max 8 versi"
	Bilanciare specificità	
Sintesi	Prompt concisi	
	Evitare strutture complesse	
TECNICHE ISTRUTTIVE		"analizza", "confronta", "riassumi"
Verbi d'azione	Guidano il compito	elenchi, tabelle, saggi
Formati predefiniti	Strutturazione dell'output	
Conoscenza di Dominio	Uso di terminologia specialistica	
Esempi e Analogie	Analogie per contesti creativi o descrittivi	
STRUTTURA DEL PROMPT		
Template Gerarchico	Ruolo	"Agisci come uno storico dell'arte"
	Contesto	"Nel Rinascimento italiano..."
	Obiettivo	
Formattazione	Suddivisione in sezioni logiche	"Analizza la funzione simbolica della luce..."
TECNICHE AVANZATE		
Prompt Interrogativi		
Vincoli Strutturali		"articola la risposta in 3 paragrafi"
Aggiunta di Contesto	Scenario Ipotesico o prospettiva specifica	"Da un punto di vista economico..."
Decomposizione Logica	Suddividere compiti complessi in passaggi espliciti	"Step 1: Definisci X; Step 2: Confronta con Y"
Struttura Contrastiva	Confronto tra concetti	"Confronta A e B in termini di efficienza"
Autovalutazione del Modello	Richiedere una verifica interna della risposta	"Verifica e correggi eventuali errori"

CONSIDERAZIONI IMPORTANTI

1. Processo Iterativo e Adattivo

- **Sperimentazione Ciclica:**
 - Partire da prompt semplici, aggiungere complessità gradualmente.
 - Valutare output e affinare il linguaggio.
- **Conoscenza del Modello**
 - Adeguare i prompt a capacità/limiti dell'LLM (es.: lunghezza massima, capacità di ragionamento).

2. Best Practice e Aggiornamento

- **Creatività**
 - Ruoli immaginari, scenari narrativi o vincoli originali per output innovativi.
- **Aggiornamento Continuo**
 - Adozione di tecniche emergenti (es.: zero-shot prompting, role-based prompting).

3. Approccio Olistico

- Il prompt engineering è un'attività **epistemica e creativa**, che combina:
 - Linguistica applicata.
 - Design dell'informazione.
 - Scienza del dato.

SCHEDA SINTETICA

PRINCIPALI RISCHI PER LA SICUREZZA NEL PROMPT ENGINEERING

RISCHI CRITICI (ATTIVI E STRUTTURALI)	
INIEZIONE DI PROMPT	
Definizione	<i>Inserimento di comandi malevoli in input apparentemente legittimi.</i>
Conseguenze	<i>Esecuzione di azioni non autorizzate, violazione di dati sensibili</i>
Contesti Critici	<i>Chatbot, moderazione automatizzata, applicazioni enterprise.</i>
FUGA DI PROMPT (PROMPT LEAKING)	
Definizione	<i>Divulgazione involontaria di prompt interni o istruzioni riservate</i>
Conseguenze	<i>Compromissione di segreti aziendali, violazione della privacy, esposizione a ulteriori attacchi.</i>
JAILBREAKING E PROMPT ADVERSARIALI	
Definizione	<i>Tecniche per eludere restrizioni etiche/comportamentali (es. finzioni narrative, ipotesi ingannevoli).</i>
Conseguenze	<i>Generazione di contenuti vietati (violenti, illegali, bias), erosione della fiducia nel modello.</i>
BYPASS DELLE AUTORIZZAZIONI ED ESTRAZIONE DI PROMPT DI SISTEMA	
Definizione	<i>Frodi per impersonare utenti autorizzati o estrarre logiche interne.</i>
Metodi	<i>Ingegneria sociale, richieste mascherate da debug.</i>
Conseguenze	<i>Accesso a funzionalità riservate, reverse engineering delle policy di sicurezza.</i>
RISCHI OPERATIVI E DI PERFORMANCE	
MANIPOLAZIONE DELL'OUTPUT E DEL MODELLO	
Output manipolato	<i>Risposte formalmente corrette ma con contenuti dannosi (disinformazioni, bias)</i>
Manipolazione sistemica	<i>"Avvelenamento" del modello tramite prompt/dati malevoli.</i>
DERIVA CONTESTUALE E PERSISTENZA DEL PROMPT	
Deriva	<i>Deviazione progressiva dal contesto iniziale, con violazione di vincoli etici/tematici.</i>
Persistenza	<i>Mantenimento di istruzioni malevole in interazioni successive.</i>
ESAURIMENTO DELLE RISORSE	
Attacchi DoS	<i>Richieste complesse/ricorsive per sovraccaricare il sistema</i>
Impatto	<i>Riduzione della disponibilità, costi computazionali elevati.</i>
RISCHI ETICI E SOCIALI	
AMPLIFICAZIONE DEI BIAS	
Meccanismo	<i>Rafforzamento di stereotipi presenti nei dati di addestramento.</i>
Contesti sensibili	<i>Genere, etnia, status socioeconomico.</i>
Conseguenze	<i>Decisioni discriminatorie, danni reputazionali.</i>
SFRUTTAMENTO DEI RUOLI (ROLE-BASED PROMPTING)	
Definizione	<i>Induzione del modello a impersonare autorità (es. amministratori).</i>
Conseguenze	<i>Decisioni discriminatorie, danni reputazionali.</i>
IMPATTO AZIENDALE	
INTEGRAZIONE DI LLM	
Opportunità	<i>Catalizzatore di innovazione, ridefinizione dei processi lavorativi.</i>
Rischi	<i>Dipendenza da modelli vulnerabili, esposizione ad attacchi su larga scala.</i>

2.5

ChatGPT e l'architettura: tra simulazione cognitiva e supporto operativo nei processi edilizi

Nel contesto dell'architettura contemporanea, sempre più interconnessa con strumenti digitali e flussi informativi complessi, l'introduzione di modelli linguistici come ChatGPT segna una svolta significativa. Non si tratta più soltanto di automazione o semplificazione, ma di ripensare il ruolo dell'intelligenza artificiale come agente cognitivo all'interno dei processi decisionali, progettuali e documentali propri dell'edilizia e dell'urbanistica.

Uno dei primi campi in cui l'integrazione di ChatGPT ha mostrato risultati misurabili è quello della produzione e gestione documentale. Nella pratica quotidiana dello studio di architettura, vi è una continua necessità di redigere relazioni tecniche, computi, memorie storiche, giustificativi normativi, risposte agli enti e perfino lettere a committenze complesse. ChatGPT, se istruito correttamente con il contesto normativo e documentale, è in grado di redigere testi articolati, coerenti con il lessico settoriale, adattandosi a registri linguistici differenti: dalla relazione storica per un immobile vincolato, al testo sintetico di una CILA, fino al parere tecnico simulato da presentare in sede di soprintendenza.

Nello sviluppo di questa tesi – che ha avuto come oggetto di caso studio anche la pratica edilizia di sanatoria di un immobile nel centro storico di Torino – l'IA è stata istruita con il testo integrale e aggiornato del D.P.R. 380/2001 e con una serie di elaborati tecnici (relazioni, tavole grafiche, planimetrie, documenti catastali). Il modello, opportunamente stimolato tramite tecniche di prompt engineering, ha mostrato non solo la capacità di richiamare norme pertinenti, ma anche di contestualizzarle rispetto al caso concreto. Ad esempio, è stato in grado di distinguere correttamente le opere interne sanabili ex art. 6 comma 5, da quelle per cui è necessario un accertamento di conformità (art. 36), ed ha integrato nel ragionamento anche le novità del cosiddetto Decreto Salva Casa (art. 36-bis). Ma non si tratta solo di classificazione normativa. ChatGPT ha mostrato competenze emergenti anche nella lettura dei disegni tecnici. Tramite l'analisi di una tavola progettuale strutturata su tre livelli (stato di fatto, demolizioni, ricostruzioni), ha saputo descrivere la logica distributiva, identificare la funzione degli ambienti e persino valutare la compatibilità architettonica delle modifiche interne con il carattere vincolato del manufatto. Questo tipo di competenza, che richiede un ragionamento visuale indotto dal testo, apre alla prospettiva concreta dell'uso del modello nei processi di verifica urbanistica e progettazione preliminare.

Inoltre, il modello si è rivelato particolarmente efficace nella simulazione argomentativa, utile in fase progettuale o di redazione di osservazioni: ad esempio, è stato interrogato

Cap. 2.5 ChatGPT nelle pratiche Edilizie

su come utilizzare l'art. 34-bis sulle tolleranze costruttive e ha saputo rispondere con un discorso giuridicamente fondato e architettonicamente coerente. Questo apre a scenari didattici in cui ChatGPT non è soltanto un assistente, ma un vero interlocutore critico capace di porre domande, sollevare obiezioni e simulare processi di revisione progettuale. Dal punto di vista tecnico, l'efficacia dell'IA è fortemente legata all'evoluzione delle tecniche di prompt engineering. Si sono affermati approcci modulati come i prompt stratificati, in cui si struttura l'input in blocchi: introduzione al contesto, compito, vincoli, obiettivi. In ambito architettonico questo si traduce nella capacità di costruire richieste complesse, come: "Redigi una relazione tecnica per una CILA in zona vincolata, considerando le opere interne visibili nella tavola allegata e richiamando le norme urbanistiche comunali". Tali istruzioni, se combinate con role-based prompting (es. "Agisci come un architetto abilitato che lavora a Torino"), spingono il modello ad assumere un comportamento simulativo preciso, aderente al contesto professionale.

Un'ulteriore prospettiva riguarda la gestione dei flussi documentali complessi e l'integrazione con BIM e sistemi ERP. Si immagina un futuro in cui il modello non solo supporta la scrittura, ma interviene come nodo intelligente all'interno della catena informativa: controlla la coerenza tra tavole e relazioni, segnala incongruenze nelle tabelle metriche, propone varianti progettuali normativamente accettabili, genera verbali di conferenza dei servizi o risposte automatiche alle osservazioni comunali.

Naturalmente, non mancano criticità. Il controllo dell'output resta una responsabilità umana imprescindibile. Il rischio di allucinazione, ovvero la generazione di affermazioni errate o non supportate, impone la presenza costante del progettista come validatore. Altre sfide riguardano l'adozione su larga scala: la resistenza culturale nei confronti dell'automazione cognitiva, il timore di delegare la progettazione a sistemi algoritmici, la necessità di policy interne per proteggere dati sensibili e definire responsabilità.

SCHEDA SINTETICA

ESEMPI DI ASSISTENTI FUNZIONALI NELL'ARCHITETTURA E NELL'EDILIZIA

AREE DI APPLICAZIONE E BENEFICI DIRETTI	
1.1 Automazione del customer service per studi tecnici e clienti: Nel settore edile, ChatGPT può ottimizzare la comunicazione con committenti, fornitori e enti pubblici. Ad esempio:	
Risposte automatiche a richieste frequenti	<i>Esempi</i> <i>tempi di realizzazione, costi approssimativi, normative urbanistiche</i>
Supporto nella gestione dei reclami	<i>generando risposte strutturate per ritardi nei cantieri o problemi tecnici</i>
Assistenza nella compilazione di moduli	<i>permessi di costruzione, SCIA, pratiche catastali</i>
1.2 Generazione di contenuti tecnici e documentazione ChatGPT può accelerare la produzione di materiali critici per gli studi di architettura, come:	
Relazioni Tecniche	<i>analisi di fattibilità, descrizioni progettuali</i>
Preparazione di bandi e capitolati	<i>utilizzando formattazione standardizzata</i>
Sintesi di normative	<i>antisismica, efficienza energetica, accessibilità</i>
Redazione di report per cantieri	<i>verbali di sopralluogo e stati di avanzamento</i>
1.3 Gestione interna e formazione	
Onboarding di nuovi collaboratori	<i>con linee guida su procedure e protocolli</i>
Sintesi di riunioni progettuali	<i>Coordinazione e flussi operativi</i>
Creazione di tutorial	<i>per metodologie e processi interni</i>
EFFETTI SUI PROCESSI DIREZIONALI	
ChatGPT può supportare le scelte progettuali e gestionali attraverso:	
Analisi di dati urbanistici	<i>trend demografici, vincoli territoriali</i>
Benchmarking di materiali e tecnologie	<i>confrontando prestazioni e costi</i>
Valutazione di rischi	<i>impatto di ritardi, variazioni di prezzo dei materiali</i>
Simulazione di scenari	<i>adattamento a cambi normativi, come il Superbonus 110%</i>
SFIDE NELL'ADOZIONE SU LARGA SCALA	
Controllo degli output e conformità	
Rischio di errori in report o normative	<i>richiedendo sempre una revisione umana</i>
Allineamento con le linee guida dello studio	<i>formalità nei documenti ufficiali</i>
Resistenza al cambiamento	
Timore tra professionisti	<i>l'AI sostituisca ruoli critici (progettisti, periti)</i>
GOVERNANCE E POLICY PER STUDIO	
Linee guida per l'uso di ChatGPT	<i>Limitare l'elaborazione di dati sensibili</i>
	<i>Validazione obbligatoria di output tecnici da parte di un responsabile</i>
Integrazione con strumenti esistenti	<i>Automazione di report</i>

SCHEDA SINTETICA

TECNICHE AVANZATE DI PROMPT ENGINEERING PER ARCHITETTURA

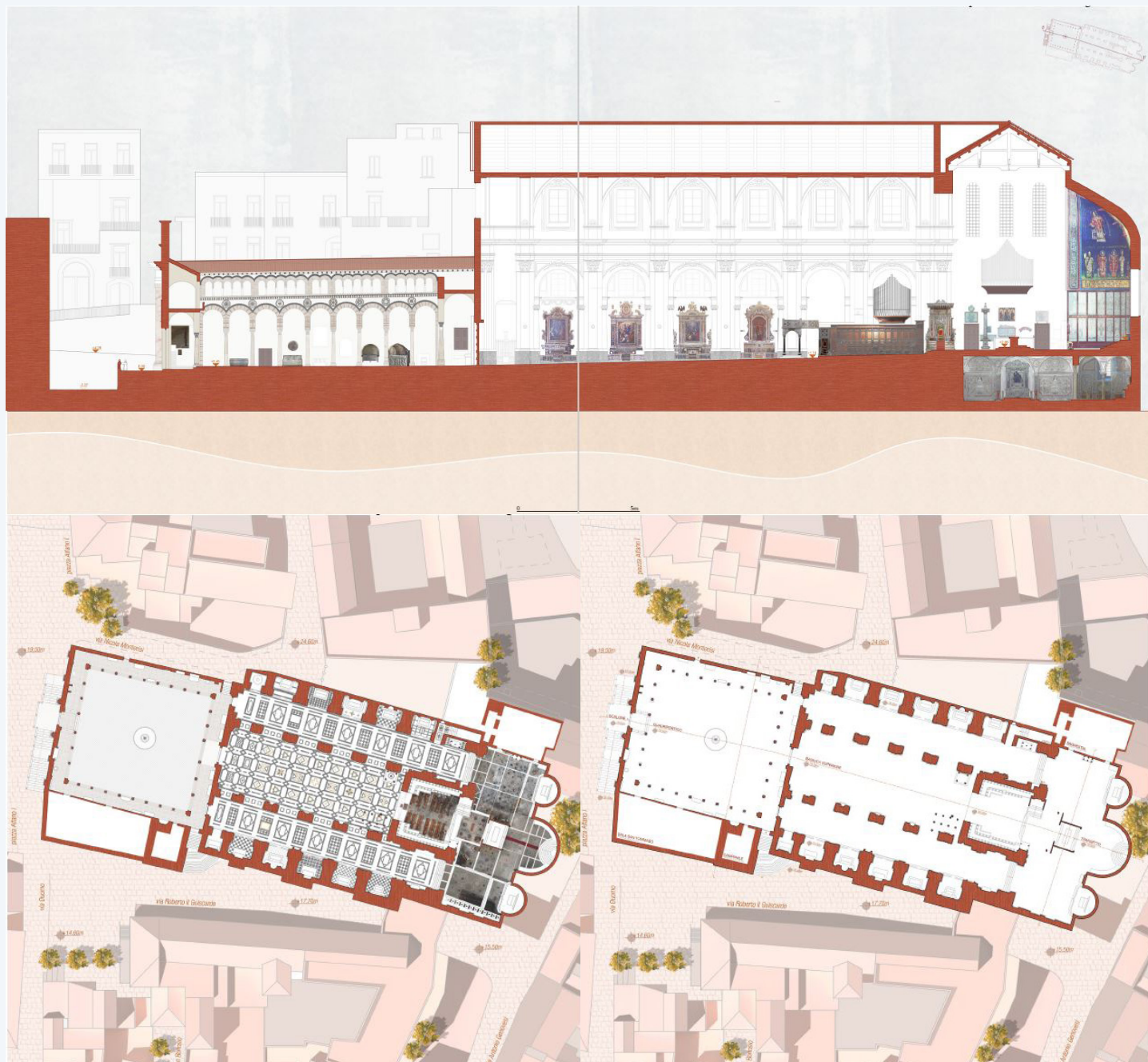
PROMPT MODULARI PER PROGETTI COMPLESSI	
<i>Esempi</i>	
Contesto	"Progetto di un edificio residenziale in zona sismica 2
Task	"Genera un elenco di criteri progettuali antisismici"
Vincoli	"Basati sulla normativa NTC 2018 e su soluzioni a basso costo"
FEW-SHOT PROMPTING PER DOCUMENTI TECNICI	
<i>Esempi</i>	
Fornendo esempio di capitolato per un pavimento in grès porcellanato con Scheda Tecnica Materiale	
Spessore, resistenza abrasione, metodologia di posa,	
Prompt "Genera un capitolato per una facciata verticale in ceramica"	
ROLE-BASED PROMPTING PER SIMULAZIONI	
<i>Esempi</i>	
"Agisci come un esperto di restauro conservativo. Descrivi i passaggi per consolidare una trave in legno del '700, citando tecniche tradizionali e innovative."	
PROMPT DINAMICI PER FLUSSI DI LAVORO	
<i>Esempi</i>	
"Se il progetto è in zona climatica C, suggerisci 3 materiali isolanti con trasmittanza $< 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$; se è in zona D, aggiungi l'obbligo di certificazione LEED."	
CHAIN-OF-THOUGHT PER CALCOLI STRUTTURALI	
<i>Esempi</i>	
"Spiega passo passo come calcolare il carico massimo su una trave IPE 200 con luce 5m, considerando acciaio S275 e Eurocodice 3."	
META:-PROMPTING PER OTTIMIZZAZIONE PROGETTUALE	
<i>Esempi</i>	
"Genera un prompt che aiuti a valutare l'impatto acustico di un solaio in laterocemento in un edificio"	

Intelligenza Artificiale e Conservazione Architettonica: Analisi Critica della Tesi “Il rilievo e il monitoraggio della Cattedrale di San Matteo a Salerno”

La tesi “Il rilievo e il monitoraggio della Cattedrale di San Matteo a Salerno” rappresenta un lavoro articolato che coniuga le tecnologie di rilievo digitale con i paradigmi emergenti dell’intelligenza artificiale (IA). Il testo si muove tra approcci teorici e sperimentazioni applicative, e propone un modello metodologico orientato alla manutenzione predittiva del patrimonio culturale.

L’elaborato, redatto in ambito universitario multidisciplinare, coinvolge aspetti di architettura, ingegneria dell’informazione, conservazione e computer science, costituendo un riferimento rilevante per lo sviluppo di soluzioni intelligenti nel campo della documentazione e tutela dei beni culturali.

Nel presente articolo, si propone un’analisi critica della tesi, focalizzata sull’uso dell’IA, sulle metodologie impiegate e sull’integrazione del Prompt Engineering, illustrando terminologie e acronimi fondamentali per i non addetti ai lavori.



Struttura della tesi e sintesi

1. Digitalizzazione per la conservazione architettonica

L'elaborato si apre con un quadro teorico dedicato alle tecnologie digitali per il restauro e la manutenzione dei beni architettonici. Vengono illustrati strumenti e sistemi informatici che costituiscono oggi la base per un monitoraggio consapevole e predittivo degli edifici storici.

- Tecnologie considerate: Big Data, HBIM, Digital Twin, database semantici come Neo4j e Apache Kafka.
- Funzioni dell'IA: classificazione automatica, annotazione semantica, previsione del comportamento strutturale.

2. Tecnologie di rilievo no-contact

Successivamente, l'attenzione si concentra sugli strumenti per il rilievo tridimensionale senza contatto diretto, fondamentali per raccogliere informazioni dettagliate senza compromettere l'integrità delle superfici storiche.

- Strumenti analizzati: Laser Scanner (TLS), Mobile Mapping System (MMS), fotogrammetria.
- Approcci comparati: range-based vs image-based.
- Viene evidenziato il potenziale dell'IA per la gestione dei dati raccolti, anche se non ancora implementato direttamente in questa fase.

3. Metodologia: processo KDD (Knowledge Discovery in Databases)

A livello metodologico, la tesi introduce il processo di estrazione strutturata di conoscenza dai dati, ponendo le basi per applicazioni intelligenti nel campo della diagnostica edilizia.

- Fasi principali: selezione, trasformazione, interpretazione dei dati.
- Integrazione del machine learning per la previsione del degrado.
- Tecniche discusse: modelli lineari, CNN, RNN, Autoencoder.

4. Monitoraggio della Cattedrale di Salerno (San Matteo)

Il cuore operativo della tesi si concentra sul rilievo della Cattedrale di Salerno, dove si sperimentano combinazioni di tecnologie di rilevamento ad alta e media precisione su un caso studio reale.

- Campagne di rilievo condotte con:
 - Strumenti professionali: TLS Faro, MMS NavVis.
 - Dispositivi consumer: LiDAR da iPhone, fotocamere reflex.



Figura 18 (pag. 64)

Sezione, planimetria e rilievo della pavimentazione della Cattedrale di Salerno, ottenute dalle tecniche di rilievo descritte nella Tesi di riferimento

Figura 19

Mapa dei punti di rilievo attraverso l'utilizzo di LaserScanner Statico

Figura 20
Mappa e percorso del rilievo eseguito attraverso l'uso di LaserScanner Dinamico



- Elaborazione dati: allineamento delle nuvole di punti tramite algoritmo ICP, per integrare fonti eterogenee.

5. Sviluppo di modelli previsionali

Dai dati raccolti viene sviluppato un primo modello predittivo, segnando il passaggio da un lavoro di acquisizione a uno di interpretazione e previsione digitale.

- Modello utilizzato: regressione lineare semplice.
- Dati di partenza: riflettanza delle superfici del Quadriportico.
- Applicazione di validazione incrociata per testarne l'affidabilità.

6. Sperimentazione con reti neurali convoluzionali (CNN)

L'ultima fase del lavoro entra nel vivo dell'intelligenza artificiale applicata al rilievo, con un approccio sperimentale che prevede l'uso di modelli fisici in scala per addestrare reti neurali.

- Utilizzo di CNN su dati acquisiti da LiDAR montati su veicoli mobili.
- Obiettivo: rilevamento automatico di difetti strutturali simulati.
- Approccio: machine learning supervisionato per scenari realistici in ambito architettonico.

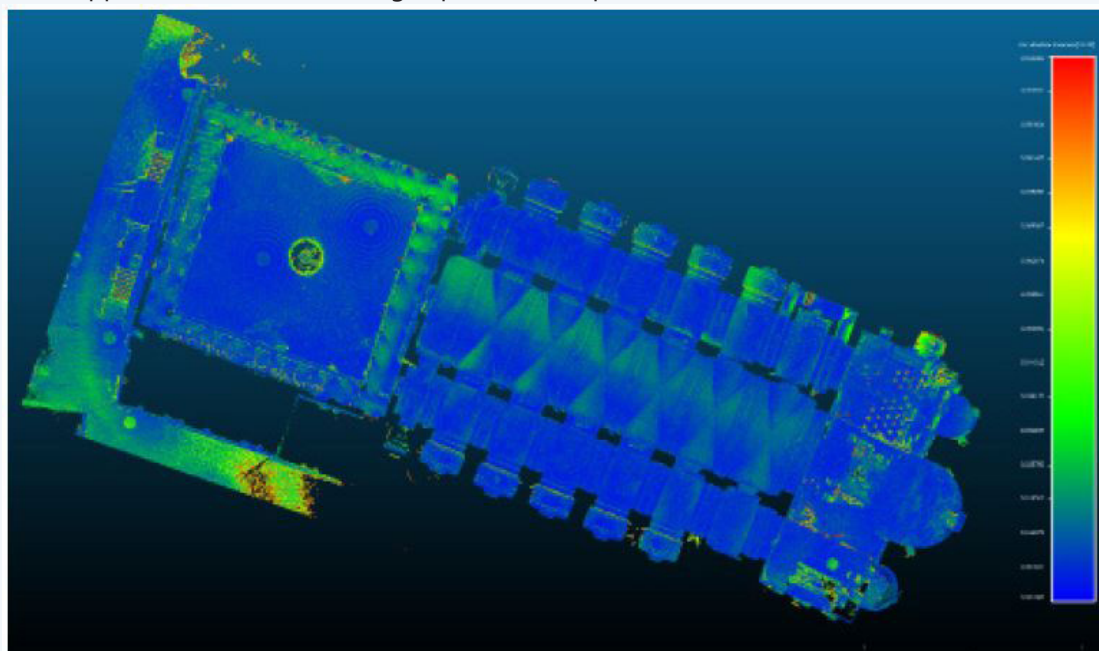
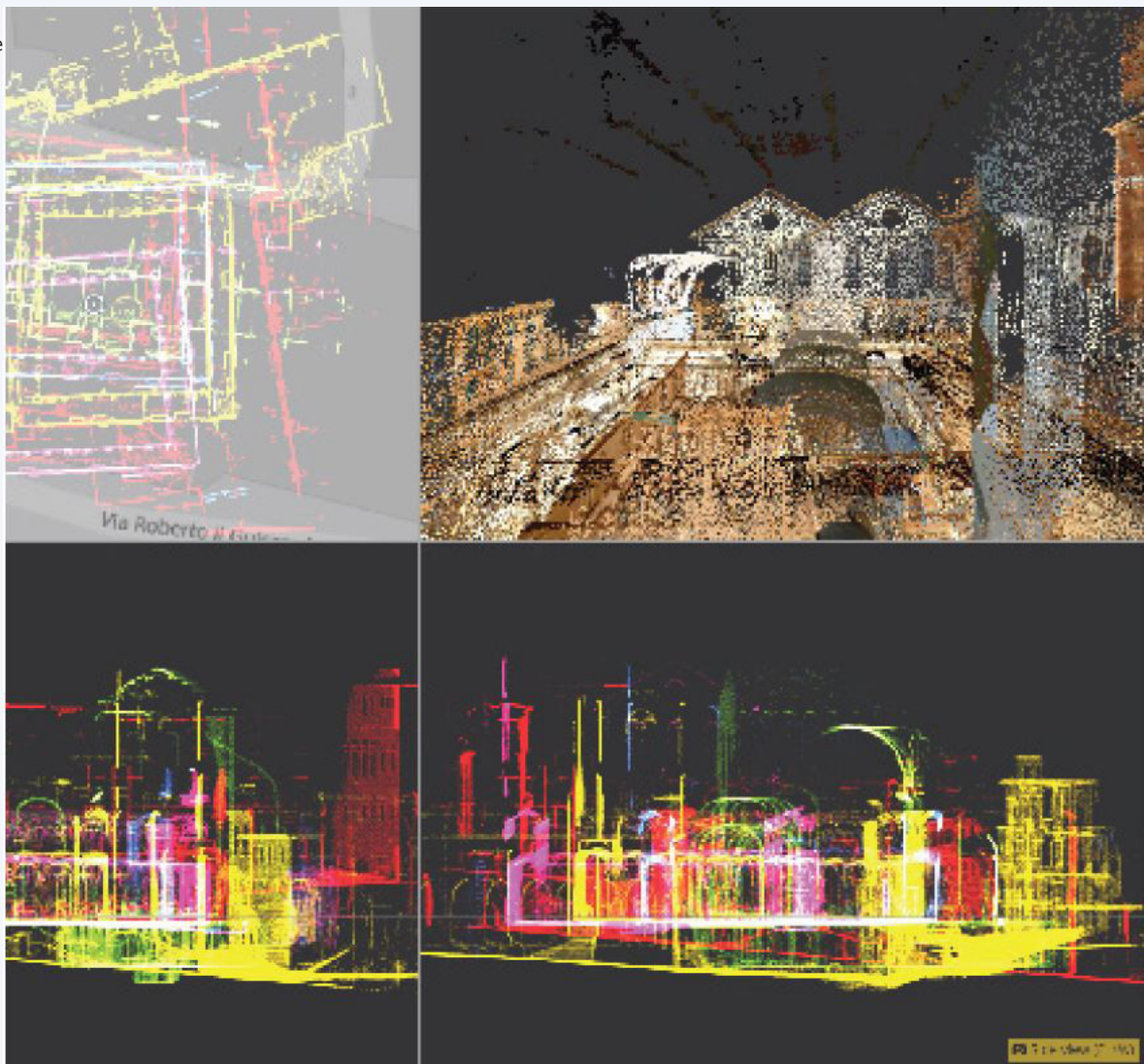


Figura 21
Schema grafico delle distanze dalla sorgente LaserScanner

Figura 22
Nuvole di punti riportate
graficamente sul computer



Valutazione complessiva

La tesi si distingue per l'intento sistemico con cui integra rilievo architettonico, digitalizzazione, modellazione predittiva e intelligenza artificiale. La qualità della documentazione tecnica, la varietà degli strumenti usati e la progressiva transizione da modelli teorici a pipeline operative rendono l'elaborato uno dei più completi nel panorama della ricerca applicata ai beni culturali.

Punti di forza:

- Integrazione interdisciplinare tra architettura, ingegneria, IA.
- Applicazioni reali e sperimentazioni avanzate.
- Visione orientata al monitoraggio predittivo.
- Adozione della CNN con pipeline sensoriale completa.

Criticità:

- Assenza di benchmarking quantitativi su IA.
- Reti neurali descritte ma non sempre applicate.
- Carenza di riferimenti a software open-source e ambienti replicabili.
- Prompt Engineering solo implicito e non sfruttato in ambito LLM.

Il lavoro dimostra come l'IA, nella sua evoluzione da regressione lineare a deep learning, possa diventare un alleato fondamentale per la tutela del patrimonio. L'uso di modelli predittivi per la diagnosi precoce, l'impiego di sensori economici mobili e l'addestramento di reti neurali per la rilevazione automatica sono esempi concreti di innovazione.

Il tuo professionista Reitano: ChatBot per uno studio professionale Tecnico

Introduzione: uno strumento sperimentale per la consulenza preliminare

Nel contesto della digitalizzazione degli studi tecnici, questa tesi si propone di esplorare come l'intelligenza artificiale possa essere integrata nei flussi di lavoro per ottimizzare le pratiche edilizie. Un caso esemplificativo di questo intento è il chatbot sperimentale sviluppato su piattaforma Botpress, progettato per supportare le attività preliminari di uno studio professionale.

Il chatbot fornisce risposte in linguaggio naturale su due ambiti fondamentali:

- Chiarimenti normativi legati alla legittimità edilizia, come titoli abilitativi, sanatorie e conformità urbanistica;
- Stime orientative dei costi per interventi di ristrutturazione, sulla base di un catalogo predefinito di lavorazioni.

L'esperimento dimostra che anche un piccolo studio professionale può adottare tecnologie avanzate per migliorare l'efficienza e la qualità del servizio, in coerenza con quanto affermato nella tesi in merito alla possibilità di trasferire metodologie digitali tipiche dei grandi studi in contesti più snelli.

Funzionalità principali del chatbot

Consulenza normativa automatizzata

- Il chatbot risponde a domande ricorrenti da parte dei clienti in merito a situazioni edilizie comuni.
- I quesiti spaziano dall'apertura di finestre su pareti confinanti alla regolarizzazione di abusi, fino alle differenze tra SCIA, CILA e permesso di costruire.
- L'obiettivo è fornire un primo orientamento rapido e affidabile, senza sostituire il tecnico ma riducendo il carico di richieste preliminari.

Preventivazione orientativa attraverso catalogo lavori

- L'utente può chiedere il costo indicativo di una lavorazione, come il rifacimento di un bagno o il consolidamento di un solaio.
- Il chatbot restituisce una descrizione sintetica delle operazioni, con eventuali riferimenti a normative incentivanti o osservazioni sulla fattibilità.
- Questo servizio consente di impostare il dialogo tecnico-cliente su basi più concrete, riducendo incomprensioni e attese.

Tecnologie e approccio conversazionale

Piattaforma Botpress

- Utilizza NLP (Natural Language Processing) per interpretare le domande dell'utente.
- Permette la gestione visuale dei flussi conversazionali.
- Supporta la costruzione di knowledge base personalizzate per attingere a un patrimonio normativo o tecnico specifico.

Strategie di Prompt Engineering

- Il chatbot è impostato per rispondere come se fosse un professionista del settore, utilizzando prompt di ruolo.
- Le risposte seguono logiche procedurali, con sequenze che guidano l'utente attraverso passaggi normativi o operativi.
- I prompt sono calibrati per favorire risposte coerenti, sintetiche e personalizzate in base alla tipologia di richiesta.

Vantaggi per lo studio tecnico

L'integrazione del chatbot consente diversi benefici pratici:

- Riduzione dei tempi di risposta a richieste ripetitive e generiche;
- Supporto alla valutazione preliminare dei costi attraverso risposte automatizzate e coerenti;
- Miglioramento dell'esperienza utente, grazie a un'interfaccia accessibile, disponibile 24/7 e in linguaggio naturale;
- Professionalizzazione del primo contatto, che viene gestito con prontezza e coerenza, anche in assenza del professionista.

Criticità e possibilità di miglioramento

- Le risposte fornite dal chatbot devono essere validate periodicamente da un tecnico, per evitare la diffusione di informazioni scorrette o superate.
- È necessaria una costante revisione dei contenuti in base agli aggiornamenti normativi locali.
- Efficienza nelle risposte scarsa, poca profondità di analisi della richiesta,

Figura 23 e 24
QR Code per collegamento al
Chatbot e interfaccia utente
bot su dispositivo Mobile

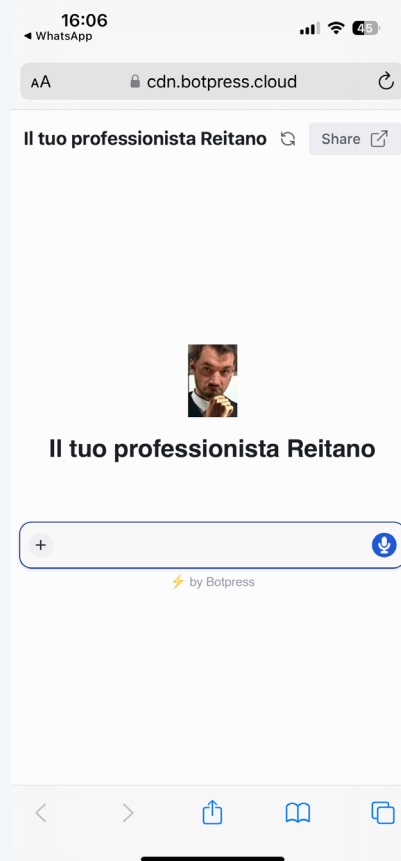
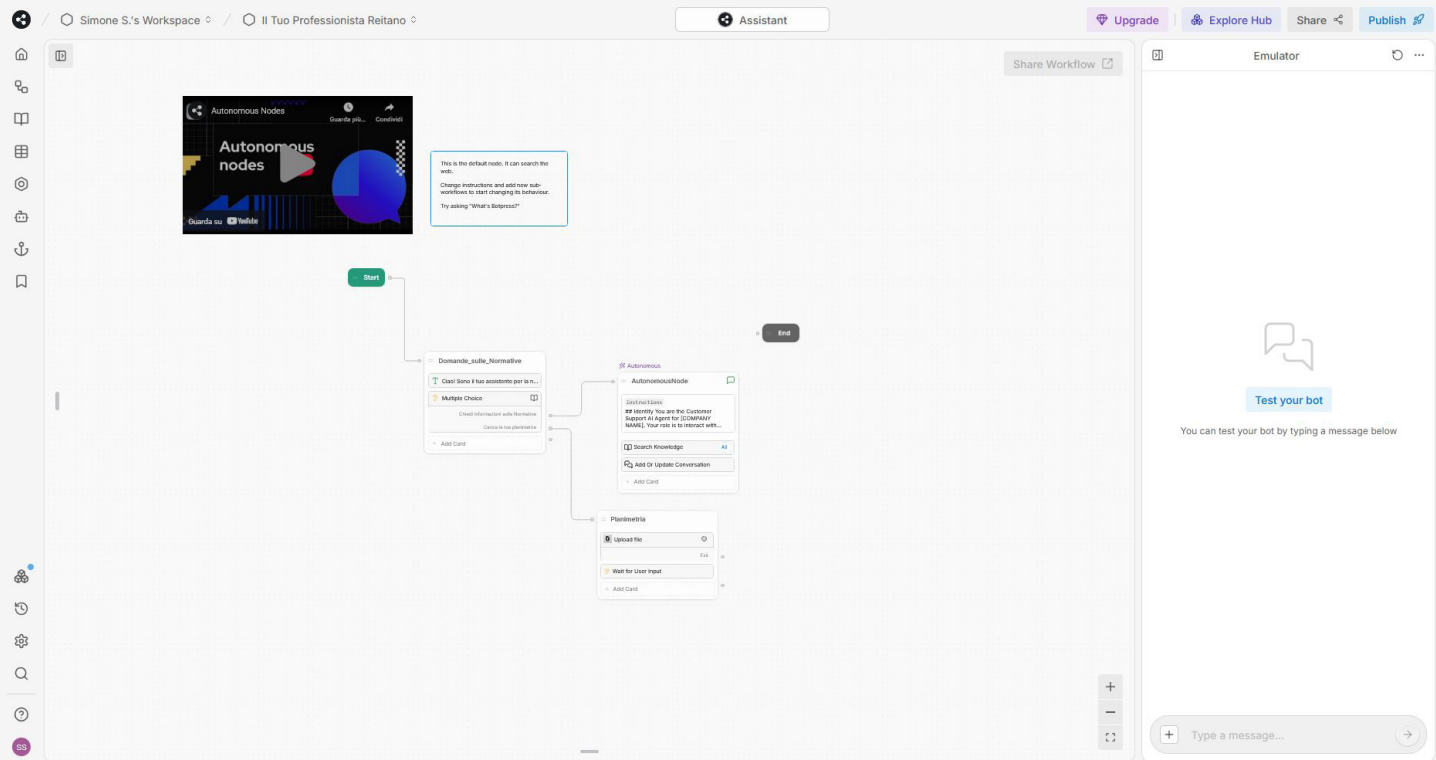
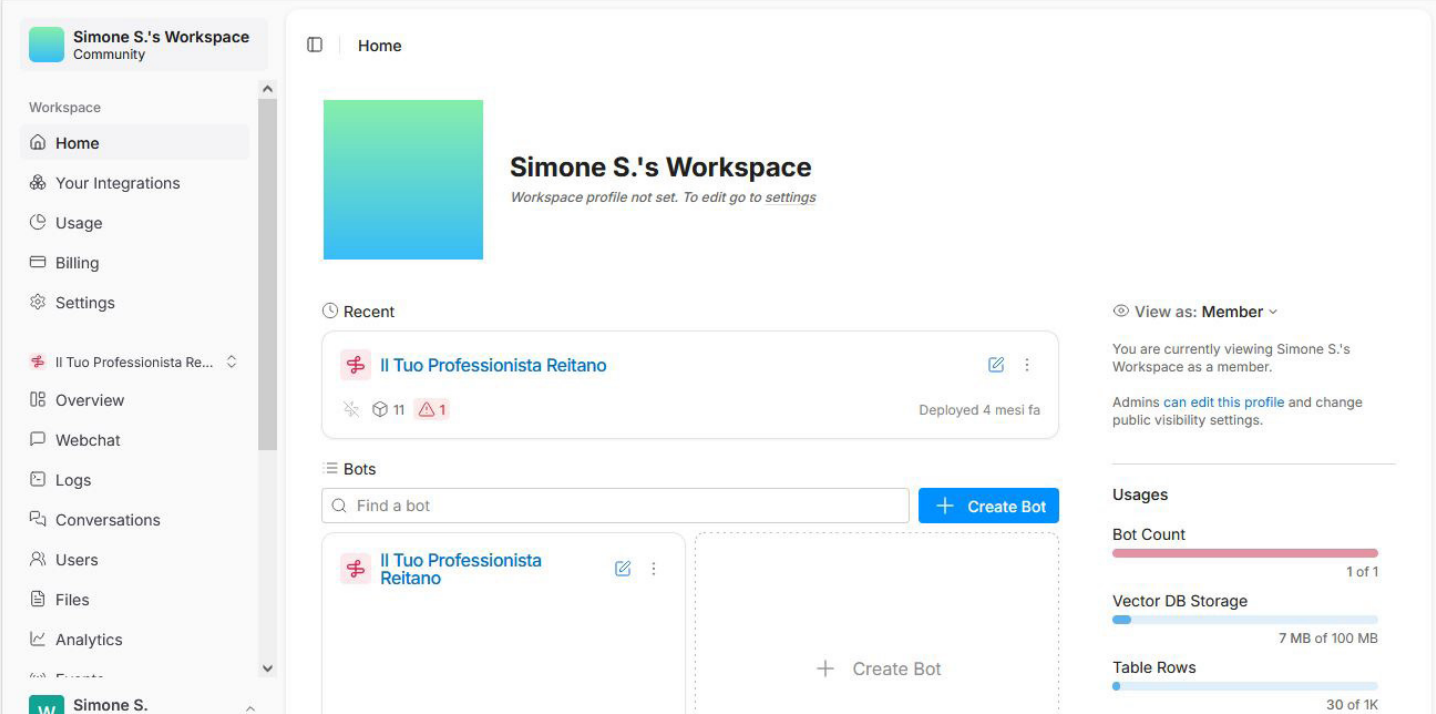
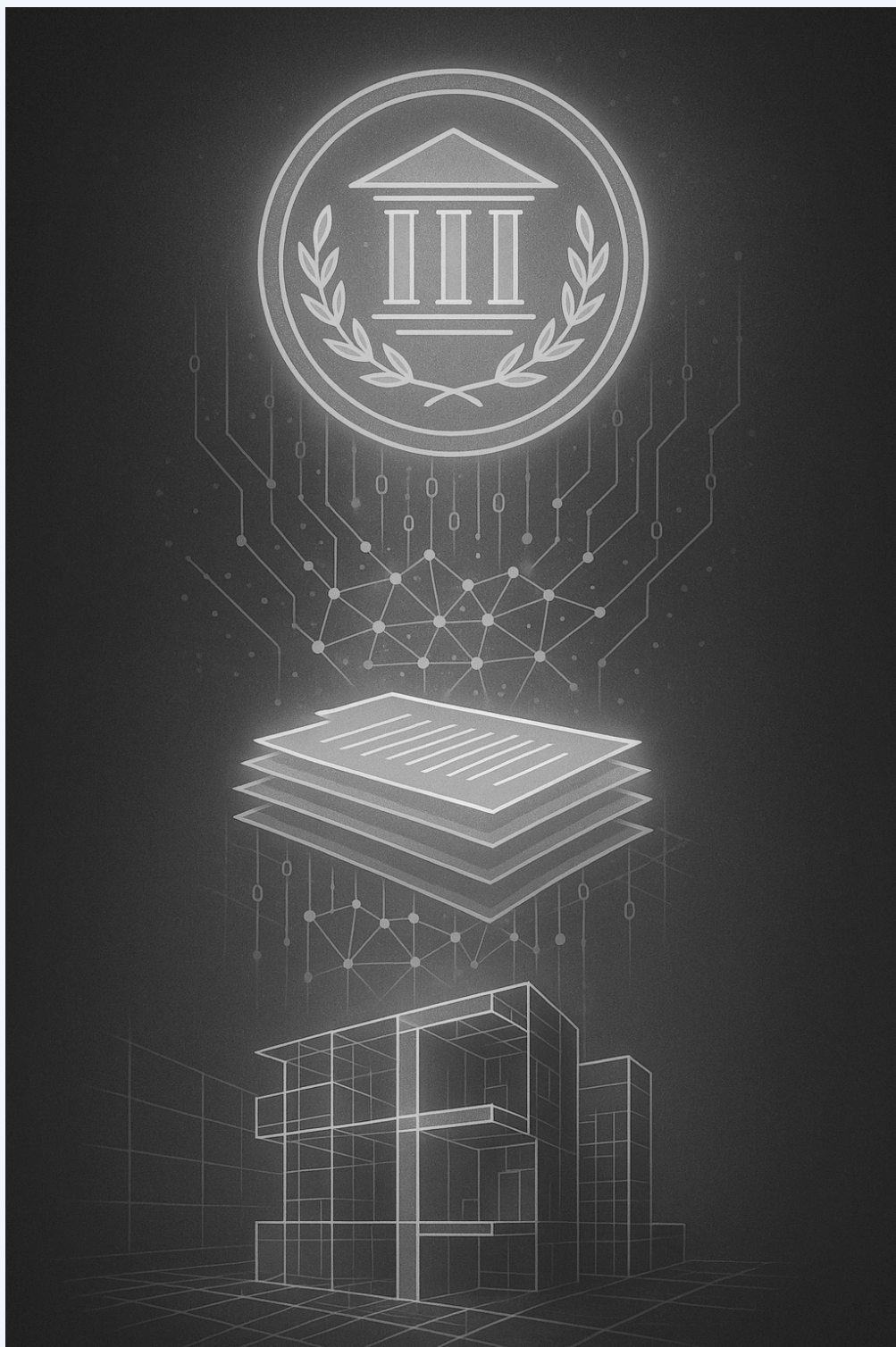


Figura 25 e 26
Interfaccia web di Botpress al sito
<https://botpress.com/it>



3 Capitolo

La Normativa nelle Pratiche Edilizie



3.1

Disciplina e nozioni fondamentali

Il concetto di "attività edilizia" non si esaurisce in un'accezione tecnica limitata alla costruzione di edifici, ma si estende a un sistema complesso di opere e trasformazioni del territorio, comprendente interventi di manutenzione, conservazione, recupero, modifica, adattamento e trasformazione. Questa ampiezza semantica implica il coinvolgimento di molteplici discipline normative, di natura primaria e secondaria, in una prospettiva pubblicistica che integra dimensioni tecniche, ambientali, urbanistiche e paesaggistiche.

L'attività edilizia, proprio in quanto regolata da differenti ambiti normativi (urbanistico, edilizio, paesaggistico, igienico-sanitario, sismico, ambientale, ecc.), può risultare conforme ad alcune regole ma non ad altre, dando luogo a situazioni che richiedono diverse forme di regolarizzazione postuma, meglio dette "sanatorie" (al plurale). Da qui deriva la necessità di comprendere l'intervento abusivo non solo in senso unitario, ma come fatto giuridico polisemico, sottomesso a una molteplicità di regimi autorizzativi e sanzionatori.

A rafforzare tale complessità interviene la pluralità di fonti normative su scala multilivello: statale, regionale e comunale. Il ruolo del Regolamento Edilizio Comunale, definito all'art. 4 del T.U. Edilizia (D.P.R. 380/2001), rappresenta un pilastro essenziale nella disciplina delle modalità costruttive, integrando parametri tecnico-morfologici (altezza, distanza, requisiti igienico-sanitari, stabilità, estetica e norme di ornato pubblico). Ogni Comune dispone di un potere regolamentare autonomo, che discende dall'art. 33 della Legge Urbanistica del 1942 e trova fondamento storico nella Legge comunale dell'8 agosto 1859. Questo potere non si configura come delegato, ma come espressione piena della sovranità normativa locale, sottraendosi anche al controllo degli organi superiori.

Il sistema italiano si è evoluto a partire dal modello della "licenza edilizia", introdotta con la Legge urbanistica del 1942, fino a giungere agli attuali regimi differenziati di titoli abilitativi, tra cui CIL, CILA, SCIA, SCIA alternativa, permesso di costruire e permesso convenzionato. Ognuno di questi istituti risponde a logiche procedurali differenti, che vanno dal controllo preventivo (permesso di costruire) al controllo ex post (SCIA ordinaria), fino all'assenza di controllo (CIL per l'attività edilizia libera).

L'introduzione di nuove forme autorizzative, come la SCIA in sanatoria o l'accertamento di conformità (art. 36 DPR 380/2001), ha reso possibile la regolarizzazione postuma di interventi formalmente non conformi, ma sostanzialmente compatibili con la disciplina vigente, sia al momento dell'esecuzione che della domanda.

L'"abuso edilizio" è qualificabile in termini formali, quando manca il titolo abilitativo o esso

è difforme; oppure sostanziali, quando l'intervento viola le norme urbanistiche o edilizie, anche se formalmente autorizzato. In questo contesto, il carattere imprescrittibile dell'illecito amministrativo (a differenza dell'illecito penale) impone alla Pubblica Amministrazione un obbligo costante di vigilanza e repressione.

Storicamente, la reazione dell'ordinamento agli abusi si è strutturata secondo due grandi filoni: quello demolitorio (ripristino dello stato dei luoghi) e quello sanzionatorio/pecuniario, applicato nei casi in cui la demolizione non fosse possibile. Con la Legge 47/1985, nota come "legge sul condono edilizio", si è aperto il varco alla regolarizzazione in sanatoria, introducendo un sistema articolato di condizioni, limiti e oneri per l'estinzione dell'abuso. Questa prima sanatoria (L. 47/85) ha introdotto l'obbligo, per atti tra vivi riguardanti trasferimenti immobiliari, di riportare gli estremi della concessione o licenza edilizia. In assenza di tali elementi, l'atto è nullo. Tale disposizione ha rafforzato il principio dell'incommerciabilità dell'immobile abusivo, costituendo un disincentivo più efficace delle sole sanzioni pecuniarie, poiché ha coinvolto il notaio quale organo di controllo nella stipula di atti notarili.

Le leggi successive – L. 724/1994 e il D.L. 269/2003 – hanno ampliato il perimetro applicativo dei condoni, includendo anche immobili soggetti a vincoli, seppur condizionando l'ammissione a un parere favorevole dell'amministrazione competente. La seconda sanatoria ha introdotto limiti oggettivi come la soglia volumetrica massima di 750 m³ e l'obbligo di documentazione fotografica dello stato dei luoghi. La terza, più restrittiva, ha vincolato l'ammissibilità al pagamento integrale dell'oblazione entro termini perentori, ponendo una maggiore enfasi sulla prevenzione futura e sulla restituzione della legalità urbanistica.

Tale rigore è stato ribadito anche con riferimento alla nullità degli atti di compravendita in cui manchino le indicazioni dei titoli abilitativi o risultino errati. In questi casi, la nullità è formale ma assoluta, con implicazioni che si riflettono anche sul diritto al risarcimento del doppio della caparra, in caso di taciuta pendente irregolarità da parte del venditore.

La giurisprudenza amministrativa ha stabilito che la legittimità del provvedimento repressivo non richiede la motivazione ulteriore oltre alla violazione delle norme edilizie. L'interesse pubblico al ripristino della legalità prevale sulla buona fede soggettiva del proprietario, anche se non autore dell'abuso stesso.

Sanatorie culturali e paesaggistiche: disciplina, limiti e implicazioni applicative

La disciplina delle sanatorie edilizie, nel contesto dei beni culturali e paesaggistici, assume una valenza particolarmente delicata, in quanto impatta su interessi pubblici di rilevanza costituzionale. L'art. 9 della Costituzione italiana sancisce infatti la tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico della Nazione, elevandoli a valori fondanti dell'identità collettiva. A differenza dell'ordinario regime urbanistico-edilizio, che contempla forme di sanatoria anche a valle della realizzazione dell'intervento, nel caso dei beni culturali la possibilità di autorizzazione postuma è generalmente esclusa.

Cap. 3.1 La Normativa per le Pratiche Edilizie

Il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.Lgs. n. 42/2004) configura un sistema normativo rigoroso che impone, per qualunque intervento, l'autorizzazione preventiva da parte della Soprintendenza. L'autorizzazione non è un mero adempimento formale: costituisce lo strumento mediante cui l'amministrazione esprime un giudizio di compatibilità tra le trasformazioni proposte e i valori storici, estetici e simbolici che il bene esprime. La normativa esclude esplicitamente il rilascio in sanatoria dell'autorizzazione culturale, ribadendo l'indisponibilità del bene culturale a forme di legittimazione successiva del cosiddetto "fatto compiuto".

Diverso è il regime dei beni paesaggistici, anch'essi tutelati ex lege, ma per i quali il Codice prevede una specifica procedura di accertamento di compatibilità paesaggistica, introdotta dall'art. 167. Tale procedura consente, in casi tassativi, la regolarizzazione postuma di interventi realizzati in assenza o difformità dall'autorizzazione, purché non abbiano generato superfici utili o volumi, o incrementi di quelli legittimamente autorizzati. La ratio è contenuta in una visione conservativa: la tutela paesaggistica non ammette interventi che alterino in modo significativo la percezione o l'equilibrio formale del territorio, nemmeno se giustificati da finalità funzionali o tecniche.

Un elemento di complessità deriva dalla differenza semantica e funzionale tra le nozioni di volume e superficie utile in ambito edilizio e in ambito paesaggistico. Mentre l'edilizia può escludere i volumi tecnici o interrati dal computo urbanistico, la giurisprudenza ha costantemente affermato che qualsiasi massa costruita, anche seminterrata, produce un effetto visivo e pertanto rileva ai fini della tutela del paesaggio. Di conseguenza, la creazione di un volume, a prescindere dalla sua "utilità" tecnica, può precludere l'accesso alla sanatoria paesaggistica.

La disciplina dell'accertamento paesaggistico si distingue anche per i suoi stringenti vincoli temporali e procedurali. L'istanza deve essere valutata entro 180 giorni, previo parere vincolante della Soprintendenza, da rendersi in 90 giorni. Tuttavia, il mancato rispetto dei termini non annulla il potere amministrativo, ma ne modifica la natura: il parere tardivo perde valore vincolante e può essere superato da una diversa motivazione dell'autorità competente.

La legittimità del diniego di autorizzazione paesaggistica in sanatoria deve fondarsi su argomentazioni non apodittiche, bensì analitiche e puntuali. Non è sufficiente evocare genericamente la "incompatibilità ambientale": l'amministrazione è tenuta a esplicitare in che modo l'opera alteri i valori tutelati dal vincolo, anche in relazione alla morfologia, alla percezione e alla coerenza con il contesto paesistico.

Infine, la questione dell'autorizzazione postuma per opere antecedenti all'introduzione del divieto del 2006 (D.Lgs. n. 157/2006) ha generato un vivace dibattito giurisprudenziale. Se una prima fase aveva ammesso la possibilità di sanatoria per fatti antecedenti al nuovo regime, l'orientamento oggi prevalente esclude questa possibilità, affermando che il divieto di rilascio dell'autorizzazione paesaggistica in sanatoria è norma a regime e immediatamente applicabile, in quanto mirata al ripristino dell'interesse pubblico leso. Questo assetto normativo, pur rigido, risponde a una precisa scelta di campo: la tutela paesaggistica è una prerogativa insuscettibile di compromesso postumo, proprio per la

fragilità e irripetibilità dei beni coinvolti. L'attività amministrativa non può essere ridotta a una funzione sanante retroattiva, ma deve esercitare una valutazione ex ante che guidi, indirizzi e talora limiti l'iniziativa edilizia nel nome di un interesse collettivo superiore e duraturo.

Prospettive per l'automazione: i limiti della codificabilità

Questo complesso sistema normativo – articolato, mutevole, intrecciato – presenta grandi difficoltà per una sua traduzione algoritmica. Tuttavia, proprio per questo, rappresenta una sfida privilegiata per l'intelligenza artificiale giuridica. Se i procedimenti edilizi e le sanatorie potessero essere codificati in maniera formale e parametrica, l'IA potrebbe:

- analizzare l'abusività formale attraverso il confronto tra progetto e banca dati urbanistica;
- valutare la conformità in base alle normative vigenti (via regole if-then e ontologie giuridiche);
- segnalare la necessità di autorizzazioni multiple e assolvere a controlli incrociati;
- supportare il tecnico o l'amministratore nella redazione delle istanze di regolarizzazione.

Tuttavia, la complessità del contesto multilivello, l'autonomia dei regolamenti edilizi comunali e la presenza di elementi fortemente discrezionali – come le valutazioni paesaggistiche – limitano significativamente la possibilità di affidare in toto tali processi all'automazione. Le valutazioni di compatibilità paesaggistica, per esempio, presuppongono un giudizio estetico, simbolico e morfologico non riducibile a parametri oggettivi e standardizzati.

Inoltre, le differenze semantiche tra concetti come volume tecnico, superficie utile e indice di edificabilità assumono significati diversi se analizzati dal punto di vista edilizio, urbanistico o paesaggistico. Questa ambiguità semantica ostacola la creazione di un'unica grammatica normativa computabile, rendendo l'IA più adatta come strumento assistivo piuttosto che sostitutivo del tecnico.

L'introduzione di agenti intelligenti e sistemi NLP (Natural Language Processing) addestrati su corpora normativi strutturati può però rappresentare un valido ausilio nell'analisi e nella redazione delle pratiche edilizie, specialmente nei contesti standardizzati e privi di elementi paesaggistici o vincolistici. In questi casi, l'IA potrebbe garantire maggiore efficienza nel controllo formale e nella produzione documentale, riducendo errori materiali e ambiguità interpretative. Ma nei casi complessi, la centralità dell'interprete umano resta imprescindibile.

3.2

L'applicazione dell'Intelligenza Artificiale nel supporto normativo-edilizio: il caso ArcAi

In ambito normativo-edilizio, risulta particolarmente rilevante analizzare l'introduzione di strumenti basati sull'Intelligenza Artificiale (IA), capaci di supportare il professionista tecnico nella consultazione e nell'interpretazione delle disposizioni legislative e regolamentari. Tra questi, un esempio significativo è rappresentato da ArcAi, una piattaforma sviluppata da Larin Group, che integra un sistema conversazionale (chatbot) finalizzato a facilitare l'accesso alla normativa tecnica edilizia.

ArcAi nasce dall'esigenza di semplificare l'attività quotidiana del progettista, il quale si trova frequentemente a dover orientarsi tra norme complesse, eterogenee e stratificate, al fine di individuare soluzioni conformi alla disciplina vigente e coerenti con le esigenze del cliente. In questo contesto, la digitalizzazione e l'IA si propongono come strumenti in grado di ridurre i tempi di ricerca normativa e di aumentare la precisione nell'individuazione dei riferimenti legislativi pertinenti.

Dal punto di vista tecnico-funzionale, ArcAi opera attualmente su una banca dati normativa limitata, focalizzata prevalentemente sulle disposizioni comunali. L'utente ha la possibilità di selezionare il Comune di interesse e interrogare il sistema in merito alla disciplina applicabile, ottenendo i riferimenti puntuali agli articoli di legge e regolamento. In aggiunta, il professionista può creare un proprio spazio di lavoro personalizzato, caricando documentazione normativa in suo possesso e interagendo direttamente con il chatbot per ricevere chiarimenti e supporto contestuale.

Un ulteriore servizio offerto dalla piattaforma consiste nella possibilità di richiedere l'integrazione di normative non ancora presenti nella base di conoscenza: in tal caso, la normativa mancante viene acquisita e caricata entro circa dieci giorni lavorativi, arricchendo progressivamente il repository consultabile. Tale funzionalità è strategica, in quanto consente un aggiornamento dinamico e collaborativo del patrimonio informativo dell'IA. Nonostante l'innovazione apportata da strumenti come ArcAi, permane una criticità strutturale del sistema normativo italiano, legata alla frammentazione e alla forte autonomia regolamentare degli enti locali. In effetti, la stessa disposizione normativa può essere applicata in modo difforme da un Comune all'altro, generando incertezza giuridica e operativa per il professionista.

Un caso emblematico è rappresentato dall'art. 36-bis del decreto-legge "Salva-Casa", recentemente introdotto dal Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti Matteo Salvini. Tale norma prevede la possibilità di sanare abusi edilizi attraverso l'istituto della doppia

conformità, stabilendo che la sanzione amministrativa sia commisurata all'aumento del valore venale dell'immobile, da calcolarsi mediante apposita perizia giurata ante e post intervento abusivo. Tuttavia, l'analisi empirica condotta su tre Comuni del Piemonte – Torino, Cuneo e Bricherasio – ha mostrato difformità sostanziali nell'applicazione concreta della norma, sia in merito ai criteri di asseverazione che alla documentazione richiesta per la presentazione dell'istanza.

Tale variabilità applicativa impone al tecnico abilitato un confronto diretto con l'amministrazione comunale competente, al fine di chiarire in via preliminare l'interpretazione locale della norma e predisporre correttamente la documentazione istruttoria. L'adozione di strumenti basati sull'IA, pur rappresentando un notevole passo avanti nella digitalizzazione dei processi edilizi, non può sostituirsi al principio della leale collaborazione tra tecnico e Pubblica Amministrazione, né risolvere, da sola, le disomogeneità insite nell'attuale sistema normativo multilivello.

Considerazioni emerse dal confronto con uno sviluppatore di ArcAi

Nel corso dell'elaborazione di questo lavoro, è stato possibile realizzare un'intervista con Paolo Piccoli, sviluppatore della piattaforma ArcAi per conto di Larin Group, il quale ha cortesemente acconsentito a un colloquio informale di circa trenta minuti, finalizzato a chiarire alcune questioni tecniche ed evolutive legate al funzionamento del sistema.

Dall'intervista è emerso come, secondo la visione del team di sviluppo, la domanda di strumenti basati sull'Intelligenza Artificiale per il settore normativo-edilizio sia in costante crescita, segnale di una crescente attenzione da parte dei professionisti del settore. Tuttavia, permane una certa diffidenza legata a due fattori principali: la sicurezza dei dati trattati e l'accuratezza delle risposte fornite dall'IA. In particolare, si rileva la necessità di garantire che le informazioni restituite dal sistema siano coerenti, aggiornate e giuridicamente affidabili, soprattutto in un contesto – quello normativo – in cui l'errore interpretativo può comportare conseguenze rilevanti per il professionista e per il committente.

Attualmente, il team di ArcAi si sta concentrando sull'ampliamento del database normativo, al fine di fornire una copertura più estesa e granulare delle fonti legislative e regolamentari citabili e consultabili attraverso il chatbot. Allo stesso tempo, la piattaforma integra meccanismi di certificazione dei dati normativi, sfruttando un sistema di IA generativa progettato per interagire in linguaggio naturale con l'utente, restituendo risposte formalmente corrette e logicamente pertinenti rispetto alle domande poste. Tale risultato è reso possibile grazie alla modellazione di pattern linguistici testuali appresi dal sistema conversazionale (Agente), che ne costituisce il nucleo operativo.

Durante il colloquio, ho avuto l'opportunità di esporre alcune esigenze operative concrete, maturate nell'ambito della mia attività professionale. Tra queste, ho ipotizzato una possibile evoluzione del sistema in grado di dialogare direttamente con disegni tecnici e tavole progettuali, ad esempio integrando i dati contenuti nei rilievi dello stato di fatto con quelli provenienti dagli elaborati tecnici depositati presso gli uffici comunali. L'obiettivo

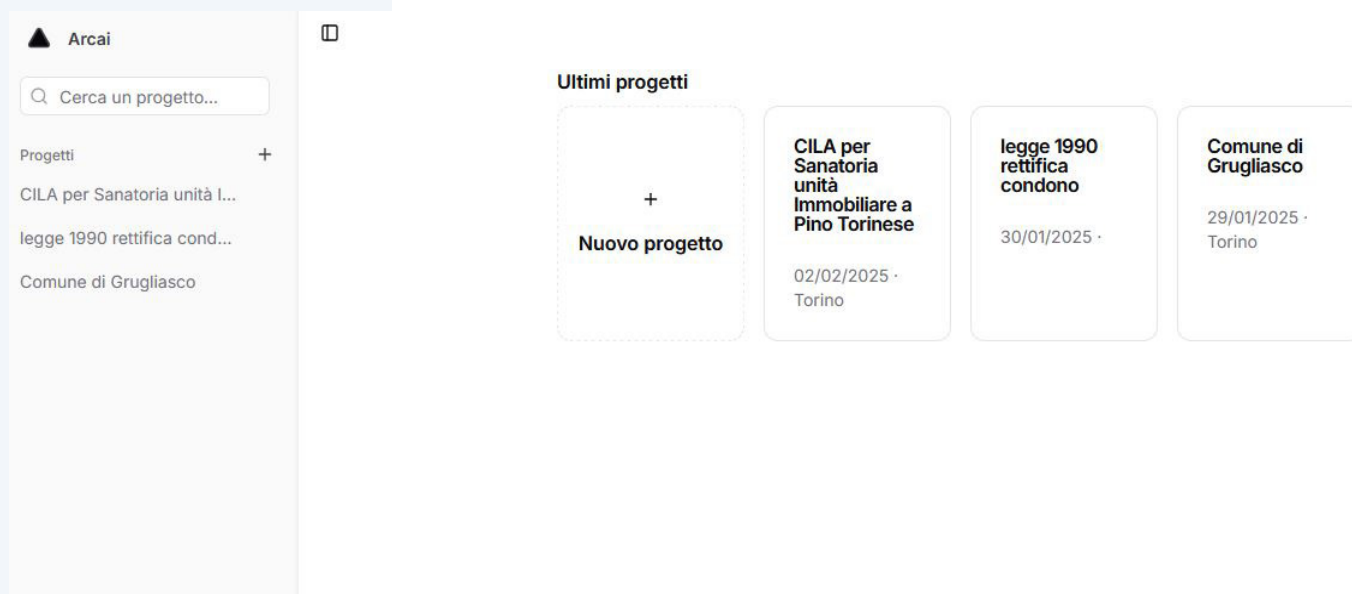


Figura 27

sarebbe quello di arrivare a una IA capace non solo di comprendere i contenuti grafici e tecnici, ma anche di collocarli all'interno di un quadro normativo coerente, individuando, in caso di difformità o abuso edilizio, l'articolo pertinente del Testo Unico dell'Edilizia (D.P.R. 380/2001) applicabile al caso concreto.

Sebbene una tale funzionalità possa, ad oggi, apparire futuristica, il riscontro da parte dello sviluppatore è stato incoraggiante. Piccoli non ha escluso la possibilità di un simile sviluppo, anzi ha riconosciuto che le capacità tecniche necessarie risultano teoricamente già accessibili, a patto di riuscire a strutturare un'architettura interoperabile multi-livello, che consenta all'agente intelligente di operare simultaneamente su documenti normativi, elaborati tecnici, metadati e database topografici.

Un ulteriore momento di riflessione è stato dedicato al tema della responsabilità derivante dall'uso di sistemi intelligenti in ambito normativo, con particolare riferimento alla questione della marginalità di errore. Sebbene ArcAI adotti meccanismi volti a migliorare l'affidabilità delle risposte, non è ancora possibile escludere del tutto la possibilità di errore, soprattutto nei casi in cui l'IA debba operare un'interpretazione normativa. Questo perché, come noto, l'interpretazione giuridica – specie a livello comunale – può variare in funzione di fattori contestuali, di prassi amministrative locali o di indirizzi giurisprudenziali divergenti.

Viceversa, l'accuratezza del sistema si rivela significativamente più alta nei casi di estrazione puntuale di dati o nella restituzione di informazioni testuali specifiche, come ad esempio il richiamo diretto a un articolo di legge o a una definizione tecnica. Ne consegue che, allo stato attuale, l'affidabilità dell'output non può prescindere da una supervisione umana, la quale permane elemento indispensabile per garantire la correttezza formale e sostanziale delle informazioni elaborate.

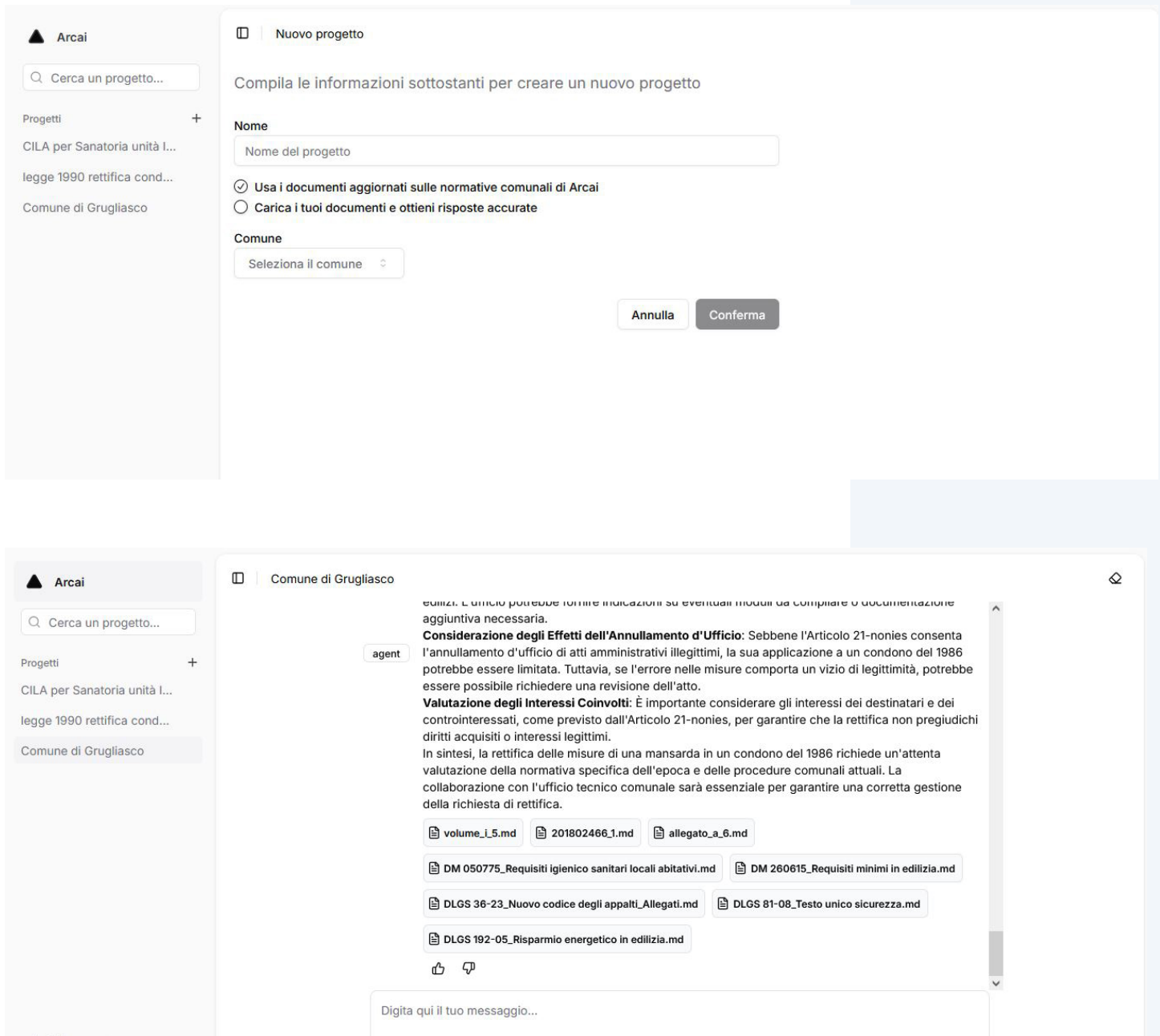


Figura 27, 28 e 29

Interfaccia web di ArcAi, con la possibilità di interagire su Repository Normativo caricate da Larin Group oppure caricare un proprio Archivio Normativo. L'output generato da ArcAi è molto interessante perché contiene tutti i collegamenti ai riferimenti normativi, utili per la verifica della correttezza delle fonti. Quando utilizza l'Archivio di Larin Group utilizza codici interni, non decifrabili per l'utente.

3.3

Apprendimento e Istruzione dell'Intelligenza Artificiale applicata: Sanatoria edilizia in Piazza Castello, Torino

Introduzione metodologica

L'elaborazione di questo capitolo ha avuto come obiettivo primario la sperimentazione di un processo di apprendimento guidato dell'intelligenza artificiale (IA) attraverso la somministrazione strutturata di contenuti normativi e documentali complessi. L'obiettivo non si limita a testare la semplice comprensione meccanica da parte dell'IA, ma intende verificare la capacità del modello linguistico di ragionare contestualmente, correlare norme a casi pratici e mantenere memoria attiva durante il processo interpretativo.

Il caso studio è centrato su una pratica edilizia di sanatoria nel Comune di Torino, in particolare riferita a un immobile vincolato ubicato in Piazza Castello n. 29. Tale contesto è stato scelto per la sua ricchezza di implicazioni normative, storiche e architettoniche, nonché per la presenza di vincoli paesaggistici e culturali che hanno richiesto una particolare attenzione nell'analisi.

Fase 1: Istruzione normativa dell'IA

La prima fase del processo è consistita nella somministrazione all'IA del testo aggiornato del D.P.R. 380/2001, noto anche come Testo Unico dell'Edilizia. La versione caricata era arricchita da note a piè di pagina che riportavano puntualmente tutte le modifiche normative intervenute, in particolare quelle derivate dalla Legge 105/2024 (cosiddetto Decreto Salva Casa).

Questo passaggio è stato fondamentale per fornire all'intelligenza artificiale un quadro giuridico aggiornato e completo, necessario per valutare la legittimità e la sanabilità degli interventi edilizi successivamente analizzati. In particolare, sono stati messi in rilievo gli articoli chiave per la sanatoria edilizia, tra cui:

- Art. 6: attività edilizia libera
- Art. 9-bis: stato legittimo dell'immobile
- Art. 36: accertamento di conformità
- Art. 34-bis: tolleranze costruttive
- Art. 22 e 23-ter: SCIA e mutamento d'uso

L'IA ha quindi immagazzinato questo corpus normativo come riferimento permanente e attivo per tutte le fasi successive di elaborazione.

Fase 2: Caricamento della documentazione di progetto

Successivamente sono stati caricati tre documenti fondamentali relativi alla sanatoria dell'immobile di Piazza Castello:

1. Relazione storica: documento che ricostruisce il valore urbanistico, architettonico e culturale dell'area di Piazza Castello, nonché la storia costruttiva dell'immobile. Viene descritto lo sviluppo urbanistico dell'area a partire dall'epoca romana, attraverso il Medioevo e l'età barocca, fino alla contemporaneità. L'edificio in questione, risalente al XVIII secolo, presenta caratteristiche architettoniche compatibili con la tipologia residenziale nobiliare torinese: murature portanti in mattoni pieni, solai misti, copertura a falde, cortile interno e finiture in pietra lavorata.
2. Relazione tecnica: documento progettuale che illustra lo stato di fatto, lo stato di conservazione e le opere oggetto della richiesta di sanatoria. In questo testo emergono elementi critici come l'assenza di documentazione autorizzativa per il terzo piano, la necessità di un intervento di restauro conservativo e la giustificazione della legittimità degli spazi interni sulla base delle planimetrie catastali di impianto. La relazione include inoltre l'analisi del danno bellico subito durante la seconda guerra mondiale, documentato attraverso stralci cartografici storici. Tali elementi sono stati fondamentali per sostenere la tesi della preesistenza dell'immobile anche in assenza di autorizzazioni edilizie esplicite.
3. Tavola unica grafica: elaborato tecnico suddiviso in tre rappresentazioni planimetriche (stato di fatto, demolizioni, ricostruzioni), attraverso cui è stato possibile individuare con precisione le opere abusive realizzate e il loro impatto sull'organismo edilizio. Le demolizioni sono evidenziate in rosso, le nuove costruzioni in giallo. Tali informazioni sono essenziali per la valutazione della compatibilità architettonica e funzionale dell'intervento proposto.

Fase 3: Integrazione conoscitiva e contestualizzazione

L'intelligenza artificiale, una volta assimilati sia il corpus normativo sia i documenti tecnici e storici, è stata in grado di ricostruire una narrazione coerente e contestuale dell'intervento edilizio. Ha messo in evidenza che gli abusi oggetto di sanatoria sono circoscritti alla riorganizzazione degli spazi interni, al frazionamento delle unità abitative, alla realizzazione di nuove tramezzature e al rifacimento parziale degli impianti.

L'IA ha riconosciuto che non sono state apportate modifiche a elementi strutturali, volumetrici o di facciata, permettendo quindi di collocare l'intervento entro il perimetro della sanabilità ex art. 36 e, in parte, art. 6 comma 5 del DPR 380/2001. Inoltre, la presenza del vincolo storico-architettonico è stata correttamente correlata all'obbligo di autorizzazione da parte della Soprintendenza, con riferimento implicito alla Legge 1089/1939 e alle disposizioni del Codice dei Beni Culturali.

Fase 4: Preparazione al test valutativo

L'ultima fase è stata finalizzata a predisporre l'IA all'interrogazione, ovvero alla verifica della sua capacità di rispondere a domande complesse, non solo descrittive ma anche interpretative, circa:

- La conformità normativa dell'intervento
- La corretta lettura del disegno tecnico
- L'inquadramento storico e il valore testimoniale dell'immobile
- La coerenza tra obiettivi progettuali e stato vincolistico

Questa struttura ha dimostrato come l'intelligenza artificiale, se opportunamente istruita, possa diventare uno strumento potente non solo per l'analisi normativa ma anche per l'elaborazione tecnica e critica dei progetti edilizi in contesti complessi.

Conclusioni

L'intero processo ha permesso di costruire una base metodologica replicabile per l'uso dell'IA nella redazione e valutazione delle pratiche edilizie. Il valore didattico e applicativo di questa esperienza si fonda sulla combinazione tra conoscenza normativa strutturata e documentazione tecnica progettuale, che l'intelligenza artificiale è riuscita ad assimilare e correlare con coerenza. L'esperimento conferma che una corretta istruzione dell'IA, basata su fonti affidabili e complete, può supportare con efficacia sia lo studio universitario che la pratica professionale nel settore dell'edilizia e della tutela del patrimonio.

A supporto di queste osservazioni, è stato costruito un set di domande di verifica mirata, con lo scopo di testare la comprensione dell'IA a vari livelli di astrazione e complessità. Tra gli esempi più significativi si evidenziano:

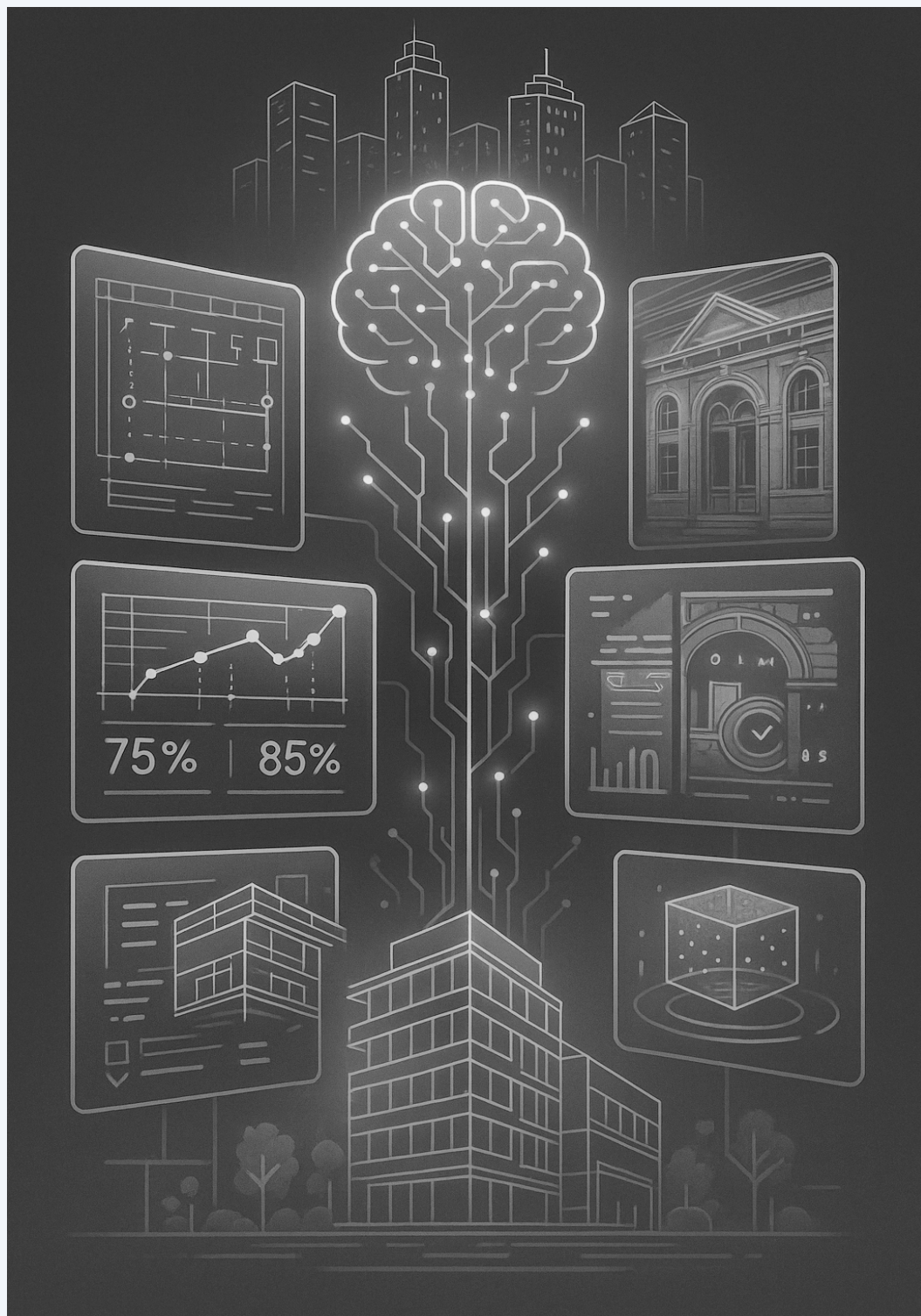
- L'analisi dell'applicabilità dell'art. 34-bis del DPR 380/2001, in riferimento alle tolleranze costruttive interne, che ha permesso di dimostrare come l'IA fosse in grado di identificare correttamente quali interventi rientrano nelle soglie di sanabilità e in che modo tali margini possano essere invocati per evitare la demolizione.
- L'analisi dell'art. 36-bis, introdotto con il Decreto Salva Casa, per verificare se le opere di fusione e riorganizzazione interna dell'immobile potessero rientrare nelle nuove tipologie di difformità sanabili semplificate. Anche in questo caso, la risposta fornita è risultata completa, motivata e coerente con il quadro normativo e vincolistico.
- A queste domande si sono aggiunti altri test costruiti ad hoc, come ad esempio:
- L'analisi dell'art. 9-bis, per comprendere la nozione di "stato legittimo" e la possibilità di dimostrarlo attraverso documenti catastali del 1963 in assenza di un titolo edilizio.
- La valutazione delle ricadute del vincolo culturale sull'obbligo di autorizzazione, anche per opere minori, dimostrando una capacità di lettura trasversale tra DPR 380/2001 e Codice dei Beni Culturali.
- La decodifica delle tavole grafiche, in cui si chiedeva di individuare e distinguere tra demolizioni e nuove costruzioni, e inferire se l'intervento mantenesse la distribuzione funzionale originaria.

Tutte queste prove hanno fornito risultati soddisfacenti, dimostrando non solo la corretta assimilazione dei contenuti, ma anche l'efficace capacità argomentativa, comparativa e deduttiva dell'intelligenza artificiale. La precisione con cui ha saputo incrociare fonti testuali, dati normativi e disegni tecnici testimonia la maturità del modello nell'ambito di contesti altamente specialistici.

In prospettiva, questa sperimentazione apre scenari significativi: l'IA non solo può diventare un assistente attivo per i professionisti, ma anche uno strumento di apprendimento avanzato per studenti di architettura, ingegneria e urbanistica. Il test condotto dimostra che, se guidata con rigore e metodo, l'intelligenza artificiale è in grado di ragionare in modo non solo funzionale, ma criticamente informato, contribuendo alla costruzione di un sapere tecnico-giuridico integrato.

4 Capitolo

Casi Studio di IA Applicata alle Pratiche Edilizie



4.0

Casi studio applicativi: Intelligenza Artificiale nelle pratiche edilizie e confronto con il Prompt Engineering

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nelle pratiche edilizie rappresenta una delle più promettenti frontiere dell'innovazione nel settore architettonico e urbanistico. In questo capitolo vengono analizzati sei casi studio reali, selezionati per la varietà delle situazioni affrontate, l'eterogeneità degli strumenti utilizzati e la possibilità di documentare con rigore i risultati ottenuti grazie al supporto di modelli linguistici avanzati.

I casi studio si sviluppano lungo un ampio spettro operativo: dalla redazione di relazioni tecniche per sanatorie edilizie all'analisi normativa automatizzata, dalla valutazione dell'impatto visivo di interventi su edifici vincolati alla generazione di render fotorealistici per l'orientamento progettuale. Le intelligenze artificiali impiegate – tra cui ChatGPT-4o, Gemini, Adobe Firefly e Stable Diffusion – sono state utilizzate in modalità differenti: come assistenti redazionali, interpreti normativi, generatori visivi o strumenti per la computazione tecnica.

Ciascun caso è stato inizialmente affrontato secondo un approccio sperimentale, basato su interazioni spontanee o semi-strutturate con il modello, volte a valutare la capacità dell'IA di interpretare correttamente input testuali, grafici o normativi. La metodologia ha privilegiato la simulazione pratica, in cui la qualità dell'output viene verificata rispetto all'obiettivo professionale del documento, più che alla coerenza interna del processo. In altre parole, si è cercato di rispondere alla domanda: "può l'IA generare un elaborato tecnico davvero utilizzabile nella prassi edilizia?"

Superata questa prima fase, l'analisi si estende ora verso una verifica critico-comparativa fondata sui principi del Prompt Engineering. Dopo aver studiato i fondamenti teorici di questa disciplina – intesa come arte e tecnica di costruzione ottimizzata dei comandi destinati ai modelli linguistici – ci si propone di tornare sui medesimi casi studio per riesaminarli con un approccio più raffinato, consapevole e sistematico. Verranno quindi progettati nuovi prompt ispirati alle tecniche avanzate di prompting (es. role-based prompting, chain-of-thought, prompt modulari, zero/few-shot prompting), al fine di valutare:

- Se l'output migliora in chiarezza, coerenza e correttezza tecnica;
- Se diminuiscono le ambiguità, le ripetizioni o gli errori concettuali;
- Se aumenta l'efficienza nella produzione di contenuti utili all'azione progettuale.

In tal modo, si intende dimostrare che il Prompt Engineering non è solo una competenza strumentale, ma una leva strategica per valorizzare l'intelligenza artificiale nei contesti edilizi complessi. Le pratiche di scrittura dei prompt – se condotte con criterio, chiarezza e intenzionalità comunicativa – possono infatti rappresentare un fattore critico di successo nell'applicazione dell'IA a compiti come la redazione normativa, la rappresentazione dello stato di fatto, la simulazione progettuale o la comunicazione con le pubbliche amministrazioni.

Infine, il capitolo si chiude con una riflessione trasversale sull'impatto complessivo dell'IA nel settore edilizio: non solo in termini di risparmio di tempo o semplificazione operativa, ma come trasformazione epistemologica del ruolo del progettista. L'adozione di strumenti intelligenti introduce nuove logiche decisionali, sposta il baricentro della progettazione verso una collaborazione uomo-macchina e apre interrogativi sulla delega, sull'autorialità e sulla responsabilità tecnica.

4.1

Casi studio SCIA, sanatoria: Intelligenza Artificiale applicata per Relazione Tecnica Illustrativa alla fine di sanare Unità Immobiliare

Localizzazione:

Viale Degli Angeli 85, Cuneo

IA utilizzata:

Modello linguistico

ChatGPT-4o

Descrizione generale del caso

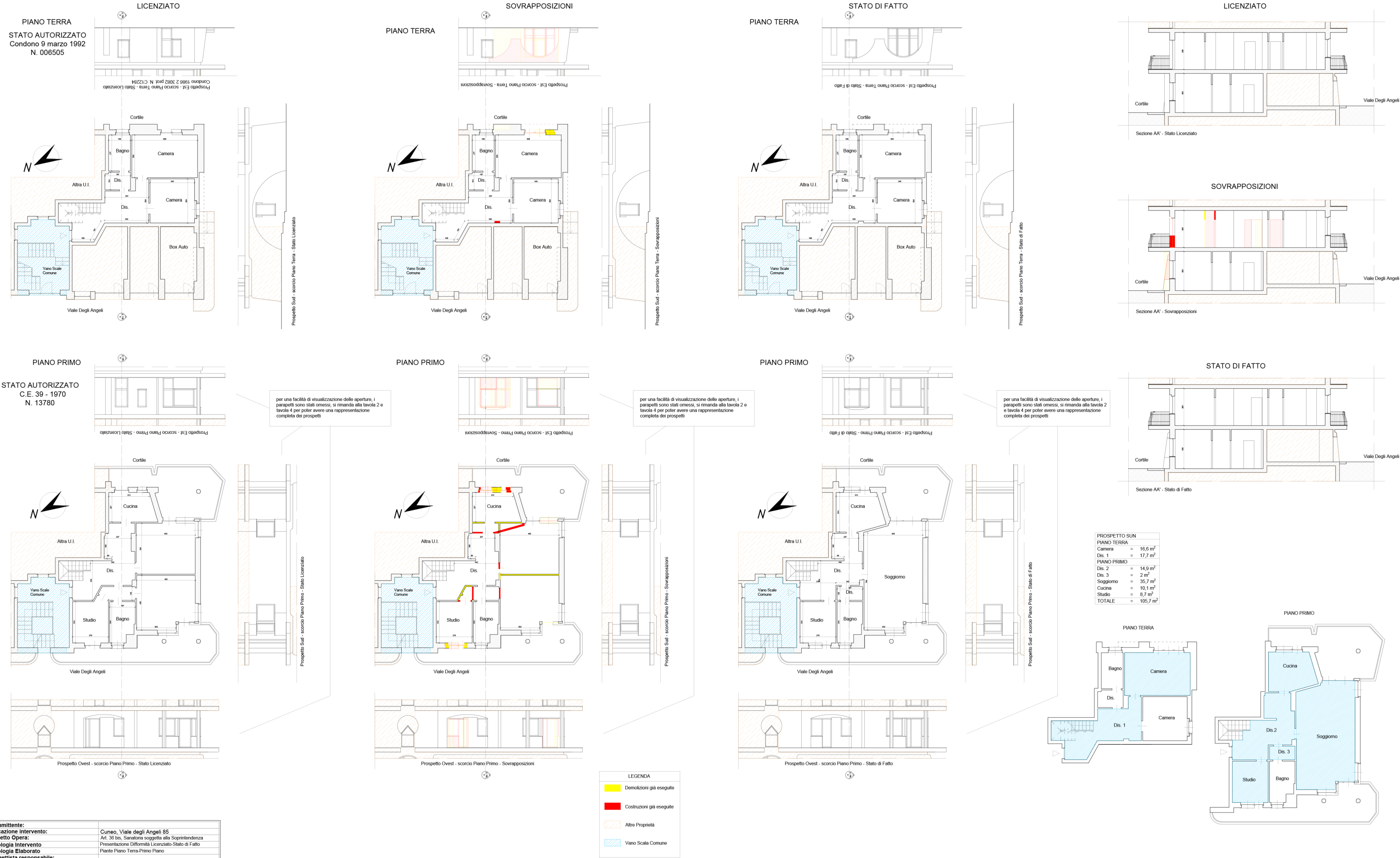
Il primo caso studio riguarda una pratica edilizia in sanatoria relativa a un appartamento situato in un contesto urbano consolidato della città di Cuneo. L'obiettivo dell'intervento è stato la redazione di una relazione tecnica illustrativa, necessaria per regolarizzare alcune difformità edilizie rispetto allo stato legittimo risultante dagli atti depositati presso il Comune.

L'intelligenza artificiale, in questo caso ChatGPT-4o, è stata impiegata in diverse fasi del processo documentale, sia per il recupero normativo sia per la costruzione di un testo coerente, strutturato e conforme alla normativa vigente.

Figura 30 (pag. 89)

Elaborato Grafico presentato per la SCIA al Comune di Cuneo, utilizzato come input per la relazione tecnica sul Modello LLM

Cap. 4.1 SCIA in sanatoria, Cuneo



Input Utilizzati

Estrapolazione dei primi Prompt utilizzati per redigere la Relazione Tecnica per la Sanatoria

1. Introduzione

- **Oggetto della relazione:** Relazione tecnica per l'appartamento situato in [Indirizzo], Cuneo (CN), Piemonte, con riferimento alla richiesta di **sanatoria edilizia** per



allora, scrivimi un'introduzione tenendo conto che la sanatoria rientra in Art. 36 bis del nuovo decreto Salvacasa di Salvini e deve essere soggetta a vincolo paesaggistico. L'appartamento è un alloggio che si sviluppa su piano terra e al primo piano, con abusivi facciata. Si trova a Cuneo, in Viale degli Angeli 85, devi aggiungere anche gli ambiti urbanistici.



questo è l'immobile, mi faresti una descrizione dello stato di conservazione, l'appartamento è piano terra e primo piano, le tre porte che vedi in basso sono i Box Auto

Input forniti al modello IA

Localizzazione dell'intervento (indirizzo, contesto urbanistico)
Normativa di riferimento (Testo Unico Edilizia e regolamento comunale)
Tipologia dell'intervento edilizio da sanare
Richiesta di estrazione dati urbanistici dal sito del Comune
Riferimenti edilizi precedenti dichiarati conformi
Elaborati grafici e documentazione fotografica dello stato di fatto
Testo del condono edilizio 1986, ottenuto da scansione

Output previsto sulla Relazione

Riferimenti normativi aggiornati
Motivazione della richiesta di sanatoria
Spiegazione logica del percorso di regolarizzazione
Integrazione con i precedenti edilizi a supporto della legittimità

Introduzione

Oggetto della presente relazione è l'appartamento situato in Cuneo, Viale degli Angeli 85, sottoposto a sanatoria edilizia ai sensi dell'**Art. 36-bis** del **Decreto Salvacasa**, introdotto dal Ministro Salvini. L'immobile è costituito da un alloggio distribuito su due livelli: piano terra e primo piano, con irregolarità edilizie riscontrate principalmente sulla facciata dell'edificio.

La sanatoria richiesta si applica ad opere realizzate in difformità dal titolo abilitativo originario e, trattandosi di un'area soggetta a **vincolo paesaggistico**, l'iter di regolarizzazione dovrà tener conto delle normative vigenti per la tutela del paesaggio, come previsto dal **Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio** (D.Lgs. 42/2004).

L'immobile è collocato all'interno di un'area classificata come **zona residenziale di pregio** dal **Piano Regolatore Generale** del Comune di Cuneo, in cui sono presenti vincoli sia di tipo paesaggistico sia di tutela architettonica, data la vicinanza al Viale degli Angeli, uno degli assi viari storici della città. La posizione urbanistica dell'immobile e la sua rilevanza nel contesto paesaggistico richiedono una particolare attenzione nel processo di regolarizzazione, che dovrà garantire la conservazione dell'integrità del territorio.

Output Ricevuto

Estrapolazione dell'Output ricevuto, prima della prima Revisione

Fasi del processo e risultati ottenuti

Prima revisione

Produzione di una relazione urbanisticamente coerente, con citazioni normative corrette e struttura professionale.

Tuttavia, risultava carente nella descrizione dettagliata delle difformità tra lo stato di fatto e lo stato licenziato.

È stato necessario un intervento umano integrativo, per approfondire la logica alla base della sanatoria e giustificare tecnicamente l'intervento.

Seconda revisione

A seguito dell'integrazione dei dati, l'IA è stata nuovamente impiegata per migliorare il documento.

L'output finale ha incluso: una narrazione dettagliata del percorso logico adottato, l'analisi delle cause delle difformità (es. scostamenti in fase esecutiva, errori di trascrizione), la valutazione dei precedenti edilizi, fondamentali per l'accertamento di conformità.

Considerazioni critiche

L'impiego dell'intelligenza artificiale ha fornito un contributo significativo soprattutto nella strutturazione normativa del testo e nell'organizzazione logica della relazione. Tuttavia, si è evidenziata una debolezza nella descrizione tecnica puntuale delle difformità, dove l'intervento umano si è rivelato imprescindibile.

Ciò suggerisce che l'IA può operare come co-autore tecnico nei procedimenti edilizi, ma deve essere affiancata da un'attenta validazione e integrazione da parte del professionista, soprattutto in relazione alla specificità progettuale e alla verifica documentale storica.

4.1.2

Casi studio SCIA, sanatoria: Metodologia consigliata per il Prompt Engineering del caso studio

Descrizione Logica del Prompt

Nel caso della SCIA in sanatoria per l'unità immobiliare di Cuneo, il Prompt Engineering è stato utilizzato per guidare l'intelligenza artificiale nella redazione di una Relazione Tecnica coerente con le richieste normative e formalmente idonea alla presentazione presso l'amministrazione comunale. Il prompt è stato costruito specificando con attenzione il contesto documentale e normativo, fornendo come input le tavole di progetto, la normativa edilizia vigente (con particolare riferimento al DPR 380/2001), una versione già revisionata della relazione tecnica e i riferimenti storici delle licenze edilizie pregresse.

Questi elementi sono stati integrati nel prompt in modo strutturato per permettere al modello di ricostruire correttamente lo stato legittimo dell'immobile, descrivere le difformità rilevate e motivare l'ammissibilità della sanatoria.

Struttura del prompt ottimizzato (template consigliato)

RUOLO

Agisci come un tecnico abilitato (architetto/geometra/ingegnere) esperto in sanatorie edilizie, con profonda conoscenza del Testo Unico per l'Edilizia (DPR 380/2001) e delle normative urbanistiche locali.

CONTESTO

Hai ricevuto l'incarico di redigere una Relazione Tecnica Illustrativa per una pratica edilizia in sanatoria relativa a un appartamento sito in Viale degli Angeli 85, Cuneo. L'immobile presenta difformità edilizie rispetto allo stato legittimo depositato al Comune.

INPUT DISPONIBILI

Informazioni urbanistiche tratte dal sito del Comune di Cuneo
Precedenti edilizi regolarmente licenziati
Planimetrie dello stato di fatto
Documento del condono 1986 (scansionato)
Elenco delle difformità da sanare

OBIETTIVO

Redigere una relazione tecnica che:
Indichi i riferimenti normativi precisi applicabili alla sanatoria;
Descriva in modo dettagliato le difformità edilizie e le cause che le hanno generate;
Esponga il percorso logico che giustifica la richiesta di accertamento di conformità.

STRUTTURA RICHIESTA DELL'OUTPUT

La relazione deve essere articolata in:
Premessa normativa e descrizione dell'immobile
Analisi delle difformità rilevate
Motivazione della sanatoria e riferimenti ai precedenti edilizi
Formato: linguaggio tecnico, articolato ma leggibile. No elenchi puntati, ma testo discorsivo.)

VINCOLI

Non inserire riferimenti inventati. Se le fonti normative mancano, segnala l'assenza. Mantieni una coerenza terminologica con la modulistica edilizia italiana.

Confronto tra relazione tecnica convenzionale e relazione ottimizzata mediante Prompt Engineering

Nel primo caso studio, relativo alla sanatoria edilizia di un'unità immobiliare sita in Viale degli Angeli 85 a Cuneo, è stato condotto un confronto approfondito tra due versioni della medesima relazione tecnica: una redatta secondo una prassi tradizionale, senza il supporto di tecniche di prompt engineering, e una sviluppata attraverso l'impiego di un prompt avanzato, calibrato su un ruolo tecnico simulato (architetto/geometra/ingegnere) con conoscenza specialistica del Testo Unico dell'Edilizia (DPR 380/2001) e della normativa urbanistica locale.

L'analisi comparativa ha messo in luce differenze significative sotto il profilo tecnico, comunicativo e metodologico. La versione originale, pur corretta nei contenuti, risulta frammentaria nella struttura espositiva, ridondante in alcuni passaggi e meno efficace nell'argomentazione normativa. I riferimenti alle concessioni edilizie, ai condoni e ai vincoli paesaggistici sono presenti ma spesso non sistematizzati, e la descrizione delle difformità tende ad assumere una forma narrativo-descrittiva priva di una logica sequenziale chiaramente esplicitata.

La versione ottimizzata, al contrario, si distingue per una maggiore aderenza alla logica operativa delle pubbliche amministrazioni. L'impiego del prompt ha prodotto un'elaborazione coerente con i criteri richiesti nella modulistica edilizia: la relazione si apre con una premessa normativa precisa e contestualizzata, prosegue con un'analisi articolata delle difformità in relazione ai titoli abilitativi presenti agli atti e si conclude con una motivazione chiara dell'ammissibilità della sanatoria, corredata da riferimenti alla disciplina delle tolleranze costruttive (art. 34-bis DPR 380/2001 e DGR Piemonte 2-4519/2022), completamente assenti nella prima versione. Il linguaggio tecnico è appropriato e calibrato, il tono è professionale e impersonale, e la logica argomentativa accompagna il lettore nella ricostruzione storica e giuridica della legittimità dell'intervento.

Dal punto di vista disciplinare, il Prompt Engineering si è rivelato uno strumento strategico per migliorare la chiarezza normativa, la coerenza documentale e l'efficacia comunicativa del documento tecnico. La simulazione del ruolo professionale ha consentito di ottenere un output orientato all'azione amministrativa, eliminando ambiguità interpretative e riducendo significativamente i margini di errore o di rigetto della pratica da parte dell'ente preposto. Questo confronto dimostra come, anche in ambiti altamente normati e tecnici come quello edilizio, la costruzione consapevole dei prompt possa incidere in modo sostanziale sulla qualità e sull'utilizzabilità degli elaborati prodotti dall'intelligenza artificiale.

Criterio	Relazione Originale (senza Prompt Engineering)	Relazione con Prompt Engineering
1. Aderenza normativa	Corretta ma parzialmente dispersiva. I riferimenti giuridici appaiono spesso diluiti nel testo, ripetuti o scollegati dalla logica strutturale dell'elaborato.	Estremamente chiara. I riferimenti normativi sono posti in apertura e connessi direttamente alla casistica trattata, con coerenza tra DPR 380/2001, D.L. 69/2024 e L. 105/2024.
2. Analisi delle difformità	Ampia ma descrittiva in modo disomogeneo. Le difformità vengono elencate per blocchi (distribuzione interna, facciata, planimetrie), ma senza una gerarchia analitica esplicita.	Ordinata, schematica ma discorsiva. Viene seguita una logica cronologica-documentale: a ogni atto edilizio viene connessa una categoria di difformità con precisione (es. "pareti interne", "bucature", "configurazione planimetrica").
3. Coerenza urbanistica e riferimenti storici	Presente ma annacquata. I riferimenti a licenze e condoni sono corretti, ma manca la sintesi interpretativa che lega atti e trasformazioni nel tempo.	Chiara ed efficace. Si ricostruisce una vera "storia edilizia", con riferimenti puntuali a ogni concessione (1967, 1970, condono 1986), e con una valutazione delle tolleranze ex art. 34-bis DPR 380/2001.
4. Rappresentazione dell'impatto paesaggistico	Descritta ma marginale. L'obbligo di autorizzazione della Soprintendenza è presente, ma riportato alla fine e in modo subordinato.	Più centrale. La subordinazione al parere della Soprintendenza è esplicitata in apertura, inquadrata come condizione necessaria e parte integrante dell'accertamento.
5. Chiarezza strutturale e leggibilità	Struttura ampia ma dispersiva. Passaggi ridondanti, molte ripetizioni (soprattutto nei passaggi su planimetrie e abusi).	Struttura più essenziale e leggibile. Ogni sezione ha una funzione chiara (premessa, analisi, motivazione) e le ripetizioni sono ridotte. La forma è fluida ma tecnica.
6. Linguaggio tecnico-disciplinare	Adeguito ma tendente al narrativo. Talvolta il tono è eccessivamente discorsivo o privo di termini specialistici puntuali.	Coerente e calibrato. Il lessico è pienamente compatibile con l'ambito urbanistico-edilizio: "ridefinizione planimetrica", "tolleranza costruttiva", "assenza di incremento di SLP" sono esempi chiari di terminologia professionale corretta.
7. Utilità pratica per la P.A.	Valido ma da interpretare. Un tecnico comunale dovrebbe leggere tutto il testo per ricostruire la logica della sanatoria.	Più orientato alla pratica edilizia. Il testo anticipa obiezioni, chiarisce la legittimità delle opere, e distingue le difformità sanabili da quelle tollerabili.

4.2

Caso studio Soprintendenza di Belle Arti: Intelligenza Artificiale applicata per autorizzazione alla Soprintendenza di Belle Arti, Comune di Torino

Localizzazione:

Via San Dalmazzo 7, Torino

IA utilizzata:

Modello linguistico

ChatGPT-4o

Gemini

Descrizione generale del caso

Il secondo caso studio riguarda un complesso intervento di restauro conservativo su un edificio storico vincolato, situato nel centro di Torino e sottoposto alla tutela della Soprintendenza delle Belle Arti. Il Palazzo Frichignono, oggetto dell'intervento, presenta elementi architettonici di rilievo, la cui conservazione ha richiesto un'accurata valutazione tecnica, normativa ed estetica.

In questo caso, l'intelligenza artificiale ha svolto un ruolo tripartito, contribuendo alla redazione:

1. della relazione di impatto visivo per l'installazione di condizionatori;
2. del capitolato tecnico e computo metrico per il restauro della facciata interna e dei vani scala;
3. della relazione tecnico-stratigrafica per l'intervento di restauro, integrata da analisi fotografiche e osservazioni sui degradi.

L'uso congiunto di ChatGPT-4o e Gemini ha permesso di coprire sia aspetti narrativi che computazionali.

Figura 31 (pag. 97)

Elaborato Grafico di progetto del
Restauro interno cortile del Palazzo
Frichignono. Disegno eseguito da me.

Tav. 16 Sezione CC' - Stato di Progetto



Committente:		Condominio Via San Dalmazzo	
Ubicazione intervento:		Torino, Via San Dalmazzo 7	
Oggetto Opera:		Facciate Cortile Interno, Vani Scala e Androne	
Tipologia Intervento		Intervento di Restauro Conservativo	
Tipologia Elaborato		Prospetto Facciata Nord, Sezione CC' - stato di progetto	
Progettista responsabile:			
N. Elab. TAV.	Data Elaborato	Scala 1:100	
16	24/07/2024	0 1 2 3 4 5 8 10	

CROMIE DI FACCIATA: verranno individuate quelle corrette dopo analisi stratigrafica eseguita a seguito di installazione del ponteggio

Input forniti al modello IA

Descrizione storica dell'edificio e dei vincoli di tutela
Documentazione fotografica dei vani scala e della corte interna
Prezziario della Regione Piemonte per i lavori pubblici (anno 2024)
Annotazioni da sopralluogo tecnico con l'impresa esecutrice
Richiesta di confronto tra computo metrico e preventivo ricevuto
Documentazione tecnica dei condizionatori
Testo Unico Edilizia aggiornato al 2024, regolamento Edilizio città di Torino

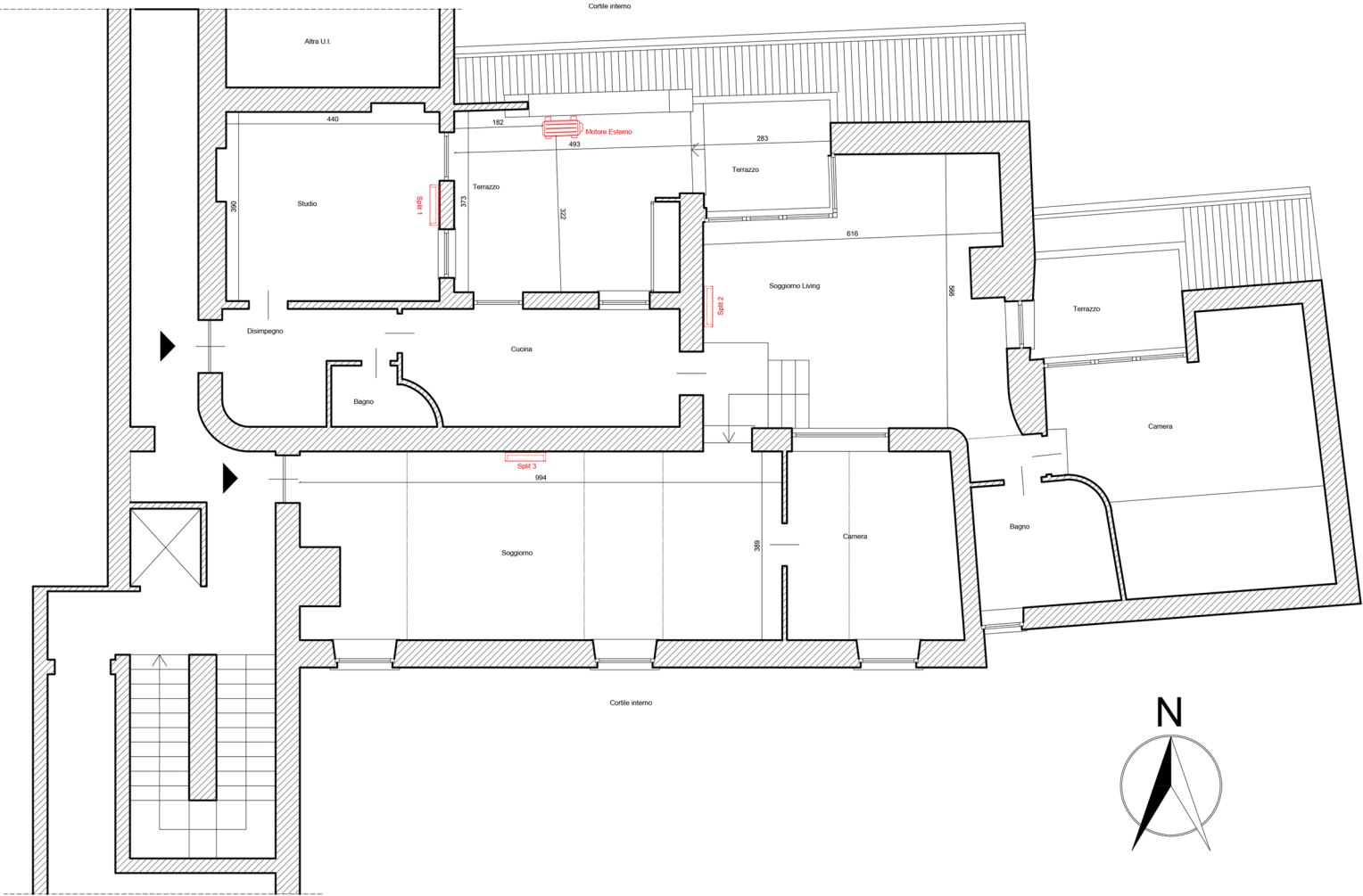
Output previsto sulla Relazione

Relazione descrittiva dell'impatto visivo per impianti
Capitolato tecnico dettagliato e computo metrico estimativo
Relazione di restauro conservativo con analisi stratigrafica e proposta di intervento
Sintesi storica del manufatto architettonico e confronto con precedenti interventi

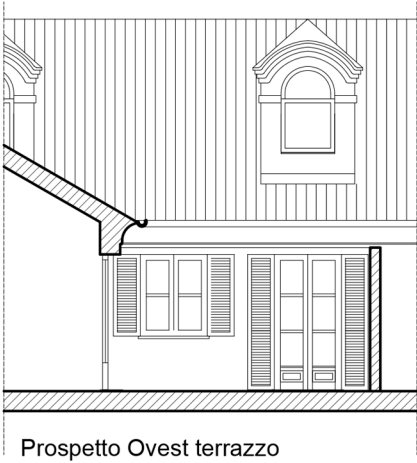
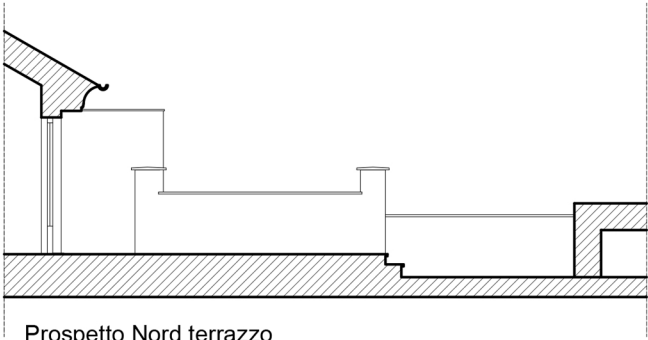
Figura 32 (pag. 99)

Disegni del rilievo e di progetto utilizzati come Input per la redazione della relazione, eseguiti da me.

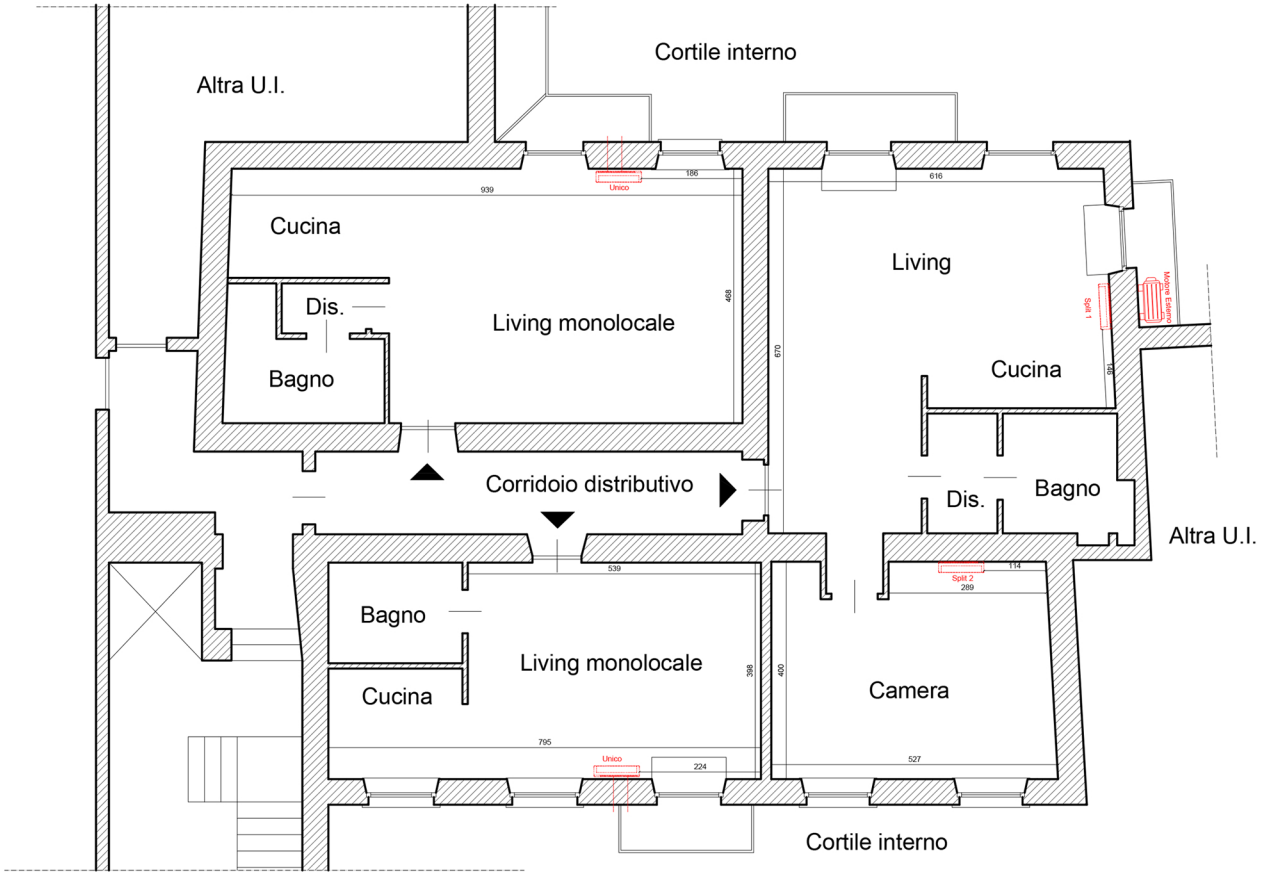
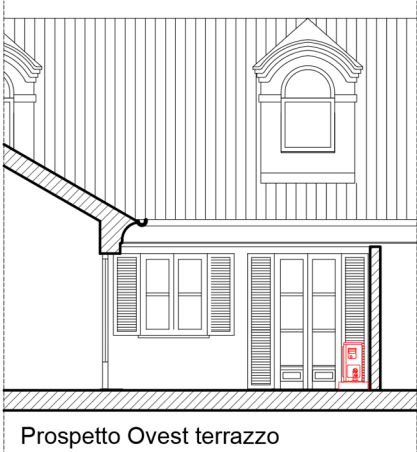
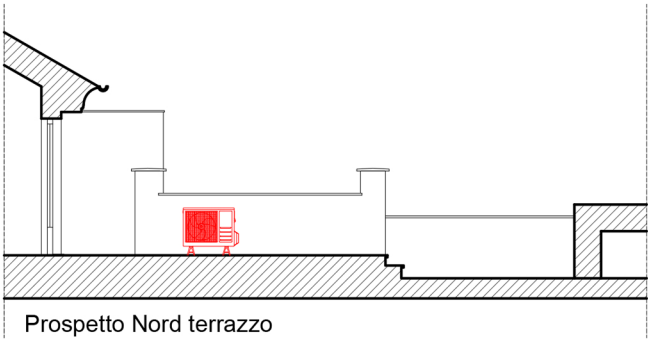
Cap. 4.2 Palazzo Frichignono, Torino



Stato di fatto



Stato di progetto



Fasi del processo e risultati ottenuti

Parte 1 – Analisi impatto visivo impianti

- L'IA ha prodotto una relazione discorsiva incentrata sull'integrazione degli impianti nella facciata storica.
- L'output iniziale mostrava incoerenze nella tipologia di impianto descritta e inaccuratezze nell'uso della terminologia (es. "motore esterno" generico).
- È stato necessario fornire ulteriori informazioni descrittive e correggere manualmente le sezioni discordanti.

Parte 2 – Capitolato e computo metrico

- Gemini ha utilizzato le voci del Prezziario Regione Piemonte 2024 per elaborare un computo.
- I codici delle lavorazioni non sempre erano coerenti con quelli richiesti.
- Il computo metrico generato in Excel è stato utile come base, ma richiedeva verifica e correzione manuale delle somme e delle corrispondenze tecnico-economiche.

Parte 3 – Relazione di restauro stratigrafico

- L'IA ha analizzato fotografie e rilievi per descrivere lo stato di conservazione dei materiali.
- Ha fornito una descrizione tecnica soddisfacente, utilizzata poi come base per la relazione finale da presentare alla Sovrintendenza.
- L'approccio è risultato valido per la strutturazione logica del testo e l'identificazione delle cause dei degradi (umidità, alterazioni cromatiche, abrasioni, ecc.).

Considerazioni critiche

In questo caso l'IA ha mostrato una buona capacità di affiancare il lavoro tecnico nei contesti complessi del restauro vincolato, con contributi utili nella stesura dei documenti preliminari e descrittivi, ma meno affidabili nella computazione metrica e nella definizione esatta delle categorie di intervento.

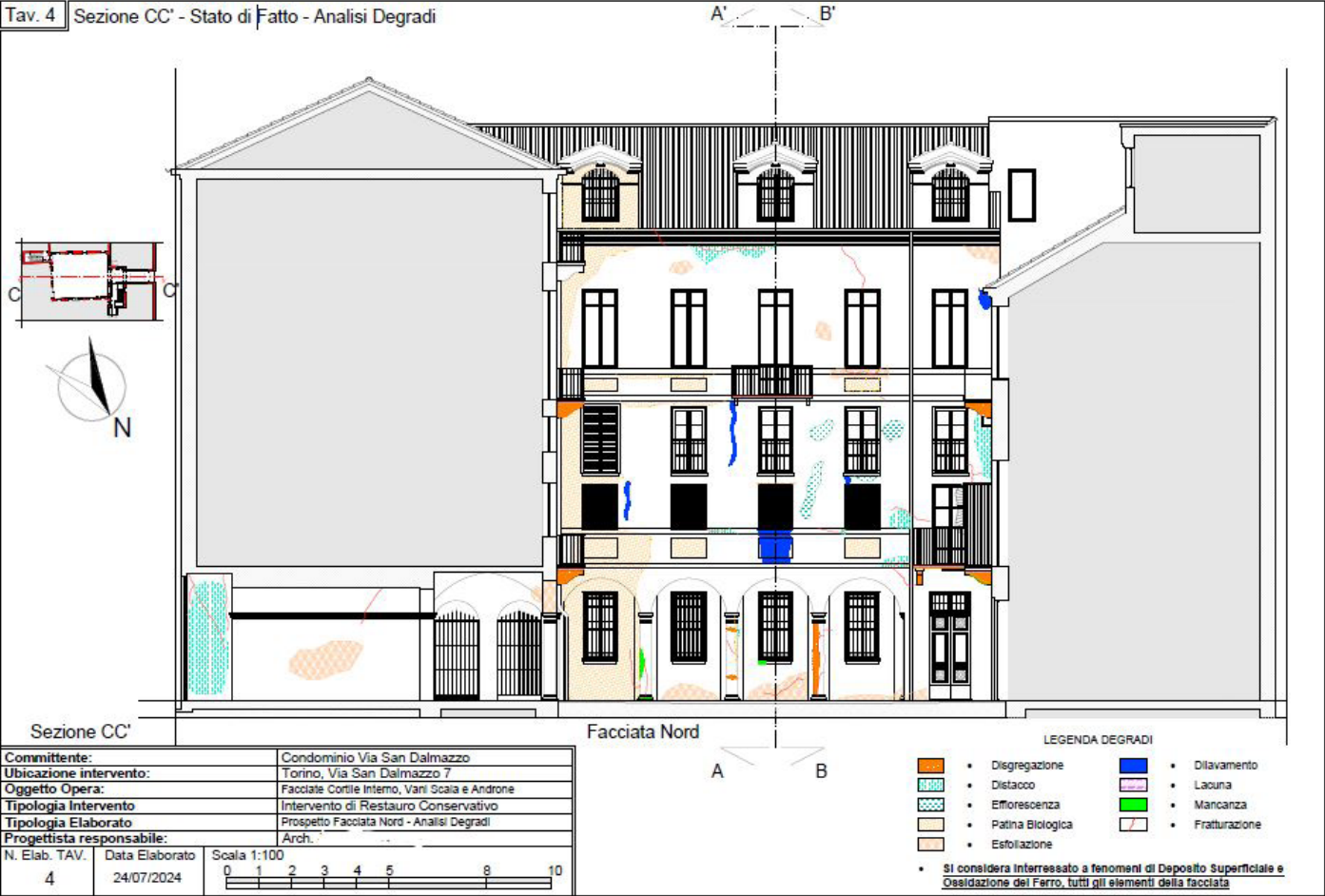
Il linguaggio tecnico-architettonico è stato adeguato, ma ha richiesto correzioni di dettaglio, soprattutto nelle sezioni più sensibili dal punto di vista normativo (interazione con enti di tutela).

Il caso dimostra che l'IA può fungere da strumento di accelerazione e supporto, ma non può ancora sostituire l'esperienza e il controllo del tecnico nella redazione di elaborati destinati ad autorità pubbliche. .

Figura 33 (pag. 101)

Elaborato Grafico di analisi degradi dello stato di fatto, disegnato da me, utilizzato come input per la relazione sullo stato di Conservazione

Tav. 4 Sezione CC' - Stato di Fatto - Analisi Degradi



puoi farti un'analisi dei degradi segnati su un elaborato grafico che ho creato, con i retini per ogni degrado segnato nella legenda? ti carico il disegno

Input Utilizzati
Estrapolazione dei primi Prompt
utilizzati per analisi degradi

Ecco le voci di capitolato associate ai codici del prezziario della Regione Piemonte:

Codice Prezziario	Descrizione	Unità di Misura	Prezzo unitario (€)
01.P05.B35.005	Installazione di ponteggio	m	41.16
01.P13.L10.010	Illuminazione sottoponte con plafoniere stagne in policarbonato tipo HYDRO con lampade fluorescenti	cad	270.63
01.P13.H70.020	Dispositivo elettronico antintrusione	cad	294.02
01.P05.A05.010	Demolizione e rimozione delle parti in conglomerato cementizio	m²	14.62
01.P02.E00.005	Ripristino geometrico e volumetrico delle parti rimosse	kg	1.14
01.P02.F50.005	Applicazione di prodotto biocida a spruzzo	l	24.12
01.P03.A10.005	Pulizia con lavaggio ad acqua deionizzata	q	2.04
01.P02.F18.005	Fondo riempitivo	kg	2.37

Output Ricevuto
Estrapolazione dell'Output ricevuto,
con i riferimenti del Prezziario della
Regione Piemonte

4.2.2

Casi studio SCIA, sanatoria: Metodologia consigliata per il Prompt Engineering del caso studio

Descrizione Logica del Prompt

1. Analisi impatto per installazione Unità Esterne

Per la redazione della relazione di impatto visivo relativa all'installazione di condizionatori su un edificio vincolato, è stato utilizzato un prompt costruito con particolare attenzione al linguaggio normativo e alla struttura tecnico-amministrativa del documento. Il prompt includeva i riferimenti al D.Lgs. 42/2004 (Codice dei Beni Culturali) e alle linee guida del MIBACT, oltre a una descrizione sintetica del contesto architettonico dell'edificio. Sono stati forniti come input la documentazione fotografica del cortile interno, la tipologia degli impianti previsti e le informazioni sulla loro collocazione. L'obiettivo era guidare il modello nella redazione di una relazione che motivasse la compatibilità visiva e la reversibilità dell'intervento, nel rispetto del vincolo di tutela.

2. Prompt per computo metrico lavori di ristrutturazione

Per la seconda parte dell'intervento, relativa alla redazione del capitolato tecnico e del computo metrico estimativo, è stato sviluppato un prompt incentrato sulla codifica corretta delle lavorazioni, facendo riferimento al Prezziario della Regione Piemonte 2024. Nel prompt sono state fornite descrizioni dettagliate delle lavorazioni previste (intonaci, tinteggiature, restauro di parti lapidee), misure indicative rilevate in cantiere e l'esigenza di un confronto tra preventivo ricevuto e computo elaborato. Il modello è stato istruito a redigere un output in formato tabellare, comprendente codice voce, descrizione intervento, quantità, prezzo unitario e totale, al fine di ottenere una base di lavoro verificabile e integrabile con i documenti ufficiali di cantiere.

3. Prompt strutturato per Analisi dei degradi e Relazione per Soprintendenza

Il terzo prompt è stato progettato per supportare la redazione della relazione tecnica richiesta per l'intervento di restauro conservativo, da sottoporre alla valutazione della Soprintendenza. In questo caso, l'intelligenza artificiale è stata istruita a descrivere con linguaggio tecnico lo stato di fatto dell'edificio, soffermandosi sull'analisi dei materiali originari e sulla rilevazione dei degradi visibili, con riferimento a superfici lapidee, intonaci e vani scala. Sono stati forniti come input una serie di fotografie dettagliate, annotazioni raccolte in fase di sopralluogo e rilievi grafici delle porzioni interessate. Il prompt richiedeva di distinguere tra le principali forme di degrado (fessurazioni, distacchi, alterazioni cromatiche, efflorescenze), indicandone le probabili cause (umidità, agenti atmosferici,

1. Prompt per valutazione Impatto Visivo

interventi passati) e proponendo linee guida compatibili con gli indirizzi metodologici del restauro conservativo. L'obiettivo era ottenere una relazione strutturata e tecnicamente leggibile, da allegare alla richiesta di autorizzazione per l'intervento.

1. Prompt per la Relazione di Impatto Visivo – Installazione Condizionatori

RUOLO

Agisci come un architetto esperto in pratiche edilizie vincolate, abilitato alla redazione di relazioni tecniche per impianti su edifici storici tutelati.

CONTESTO

L'intervento riguarda l'installazione di condizionatori con unità esterne su un edificio storico, soggetto a vincolo della Sovrintendenza delle Belle Arti, sito in Via San Dalmazzo 7, Torino.

OBIETTIVO

Redigere una relazione tecnica sull'impatto visivo degli impianti, includendo una valutazione della loro posizione, integrazione architettonica e conformità ai vincoli esistenti.

INPUT DISPONIBILI

Tipologia impianti: condizionatori split con motore esterno

Posizione prevista: cortile interno, parete non prospiciente la via pubblica

Foto delle Unità Immobiliari

Presenza di impianti preesistenti autorizzati in analoghe condizioni

STRUTTURA DELL'OUTPUT RICHIESTA

Premessa normativa: riferimenti a Codice dei Beni Culturali (D.Lgs. 42/2004) e linee guida MIBACT

Descrizione dello stato di fatto e del contesto storico-architettonico

Descrizione dell'impianto e della soluzione proposta

Motivazione della compatibilità visiva e della reversibilità dell'intervento

Linguaggio tecnico ma chiaro. Evita vaghezza e generalizzazioni.

2. Prompt per il Capitolato Tecnico e Computo Metrico Estimativo

RUOLO

Agisci come un tecnico specializzato in computazione edilizia, con conoscenza del Prezziario Regione Piemonte 2024 e della redazione di capitolati per appalti pubblici e privati.

CONTESTO

Devi redigere un capitolato per il restauro conservativo della facciata interna cortile e dei vani scala del Palazzo Frichignono, edificio vincolato a Torino. È richiesto un computo metrico estimativo coerente con il sopralluogo effettuato e i materiali originali.

INPUT DISPONIBILI

Voci lavorazioni osservate in sopralluogo: intonaci, tinteggiatura, restauro parti lapidee
Misure indicative
Riferimento al prezziario lavori pubblici 2024, Regione Piemonte
Necessità di confronto con preventivo di impresa

OBIETTIVO

Generare:
Un elenco lavorazioni strutturato in voci di capitolato tecnicamente corrette
Per ogni voce, inserire la voce del prezziario più corrispondente
Un computo metrico estimativo in formato tabellare (formato testuale o esportabile)

STRUTTURA DELL’OUTPUT RICHIESTA

Codice Prezziario	Descrizione Intervento	Quantità	Prezzo Unitario	Totale
----------------------	---------------------------	----------	-----------------	--------

Vincoli:

Usa codici reali del prezziario 2024 (indicali esattamente)
Includi almeno 5 lavorazioni principali
Segnala eventuali lacune o difficoltà nella corrispondenza voci

3. Prompt per Analisi Fotografica e Mappatura dei Degradi

3. Prompt per Analisi Fotografica e Relazione sullo Stato di Conservazione

RUOLO

Agisci come un restauratore professionista specializzato in analisi dello stato di conservazione di edifici storici. Sei incaricato di descrivere le condizioni materiche e i degradi osservabili su fotografie e rilievi.

CONTESTO

Devi analizzare lo stato di conservazione della facciata interna cortile e dei vani scala del Palazzo Frichignono, da sottoporre alla Sovrintendenza per un intervento conservativo.

INPUT DISPONIBILI

Fotografie dettagliate delle superfici

Annotazioni sul rilievo stratigrafico (presenza di intonaci, strati pittorici, tracce di umidità)

OBIETTIVO

Redigere una relazione tecnica che descriva:

I materiali originari e gli elementi architettonici rilevanti

I tipi di degrado presenti (fessurazioni, distacchi, efflorescenze)

Le cause probabili (umidità, agenti atmosferici, interventi precedenti)

Le metodologie conservative consigliate

STRUTTURA DELL'OUTPUT RICHIESTA

Introduzione sul metodo di rilievo

Descrizione delle superfici e degli elementi rilevanti

Classificazione dei degradi con terminologia standard (UNI-Normal)

Proposte di intervento compatibili con le linee guida del restauro conservativo

Confronto tra relazione tecnica standard e relazione ottimizzata mediante Prompt Engineering – Caso Via San Dalmazzo

1. Primo Intervento per la Relazione di Impatto Visivo – Installazione Condizionatori

Nel secondo caso studio, l'obiettivo era redigere una relazione di impatto visivo per l'installazione di unità esterne di condizionamento su un edificio tutelato, situato in Via San Dalmazzo 7 a Torino. Il confronto è stato condotto tra una versione prodotta con un approccio tradizionale, prevalentemente descrittivo e orientato alla rappresentazione fotografica dell'intervento, e una versione generata mediante Prompt Engineering, costruita a partire da un prompt avanzato che simulava il ruolo di un architetto abilitato alla redazione di relazioni per impianti tecnologici su immobili soggetti a vincoli della Soprintendenza.

Il risultato evidenzia differenze sostanziali sotto il profilo normativo, metodologico e stilistico. Nella versione tradizionale, la premessa normativa era assente o solo implicita, mentre nella versione ottimizzata essa apre il documento con riferimenti puntuali agli articoli del Codice dei Beni Culturali (D.Lgs. 42/2004) e alle linee guida MIBACT per la compatibilità visiva e la reversibilità degli impianti. Anche la descrizione del contesto storico, nella versione originaria, assumeva un tono narrativo talvolta eccessivo rispetto alla funzione tecnico-amministrativa del documento. Al contrario, la versione ingegnerizzata ha fornito un quadro sintetico ma tecnicamente rilevante, ponendo l'accento sulla posizione degli impianti rispetto al vincolo paesaggistico e alla percezione visiva dall'esterno.

La parte più significativa del confronto emerge nella sezione dedicata all'impianto e alla valutazione della sua compatibilità visiva. Nella versione originale, l'argomentazione si affidava implicitamente al rilievo fotografico, senza esplicitare i criteri di accettabilità dell'intervento. Nella versione generata tramite Prompt Engineering, invece, è stata inclusa una sezione specifica che motivava in modo articolato la compatibilità visiva, la presenza di impianti preesistenti e la completa reversibilità tecnica dell'intervento.

Questa comparazione conferma l'efficacia del Prompt Engineering come strumento per guidare la generazione di documenti tecnici coerenti con le aspettative della Pubblica Amministrazione, soprattutto in ambiti soggetti a vincoli normativi rigidi. La costruzione consapevole del prompt ha permesso di produrre un elaborato con un linguaggio tecnico calibrato, una struttura logica coerente e un'impostazione perfettamente allineata alle esigenze della Soprintendenza.

1. Prompt per valutazione Impatto Visivo

Criterio	Relazione Originale (senza Prompt Engineering)	Relazione con Prompt Engineering
1. Aderenza normativa	Assente o generica. Non sono citati né articoli del D.Lgs. 42/2004 né le linee guida MIBACT, benché l'edificio sia vincolato.	Presente in apertura. Riferimento puntuale agli artt. 21–22 del D.Lgs. 42/2004 e alle linee guida MIBACT.
2. Contesto storico-architettonico	Ampia descrizione storica con tono narrativo e dettagli non essenziali alla valutazione tecnica.	Sintesi mirata al contesto vincolistico. Enfasi su visibilità, distribuzione e tipologia degli spazi interni.
3. Descrizione dell'impianto	Disomogenea, distribuita tra testo e didascalie fotografiche. Dati tecnici poco evidenziati.	Chiara ed efficace. Suddivisione per piani e unità, con schema logico e quantità esatte di split e unità esterne.
4. Compatibilità visiva	Solo implicita, affidata alle immagini. Mancanza di argomentazione tecnica diretta.	Sezione dedicata. Argomentazione tecnica su non visibilità da suolo pubblico, schermatura e analogia con impianti preesistenti.
5. Reversibilità dell'intervento	Non trattata in modo sistematico.	Analizzata nel dettaglio: fissaggi puntuali, materiali reversibili, assenza di impatti permanenti sulla struttura.
6. Stile tecnico e sintesi	Linguaggio discorsivo, con struttura frammentaria e ripetitiva.	Linguaggio tecnico-professionale, struttura chiara e orientata alla validazione da parte della Soprintendenza.

Confronto tra relazione tecnica standard e relazione ottimizzata mediante Prompt Engineering – Caso Via San Dalmazzo

1. Secondo Intervento CME

Completezza e strutturazione delle lavorazioni

Senza prompt: le voci sono verosimilmente derivate da un listino ma non sistematizzate secondo una logica gerarchica. Le lavorazioni appaiono distribuite in modo poco coerente tra demolizioni, finiture e pulizie. Alcune voci risultano ripetute o ridondanti (es. doppia citazione dell'idropittura silicatata) e non sempre articolate secondo le unità più pertinenti. Non è chiaro se si tratti di interventi sulla facciata, sul vano scala o su entrambi.

Con Prompt Engineering: il computo è ben strutturato, con lavorazioni disposte secondo una logica sequenziale: dalla preparazione delle superfici alla finitura, fino agli elementi decorativi. Ogni voce è inserita una sola volta, evitando sovrapposizioni. È chiaro che l'intervento riguarda il vano scala, e la struttura tabellare è ordinata e completa.

Aderenza al Prezziario Regione Piemonte 2024

Senza prompt: i codici sono spesso corretti ma talvolta duplicati (es. due volte 01.P02.B70.005), e alcune voci generiche (es. "trasporto a discarica") non sono contestualizzate rispetto all'uso reale nel cantiere. Alcuni importi appaiono sottostimati o poco aggiornati.

Con Prompt Engineering: tutte le voci sono coerenti con la classificazione del prezziario regionale. Il codice e la descrizione corrispondono correttamente alle lavorazioni osservate (intonaci, pulizia, restauro lapideo, tinteggiature), e il prezzo unitario è compatibile con i valori aggiornati. C'è maggiore consapevolezza nella selezione delle voci, incluse operazioni puntuali (operaio 4° livello).

Precisione tecnica e coerenza con il sopralluogo

Senza prompt: non è chiaro il criterio con cui siano state attribuite quantità e lavorazioni; non vi è traccia di vincoli storici o di materiali compatibili con il restauro conservativo. Il computo sembra derivare da una lista predefinita di interventi piuttosto che da un'osservazione in situ.

Con Prompt Engineering: si percepisce la derivazione da sopralluogo. Le lavorazioni sono specifiche (intonaco con malta di calce, tinteggiatura silossanica, microstuccatura lapidea),

2. Prompt per redazione CME

e coerenti con un contesto vincolato. La presenza di voci per “ossidi e verniciatura ringhiere in ferro” e la distinzione tra demolizione e ripristino sottolineano l’accuratezza tecnica.

Formattazione, chiarezza e leggibilità

Senza prompt: il layout è corretto ma le descrizioni sono a volte troppo sintetiche o duplicative, e la struttura è faticosa da leggere per un tecnico della P.A.

Con Prompt Engineering: la formattazione è pulita, chiara, conforme alle prassi professionali, con colonne ben distinte e calcoli leggibili. L’output è pronto per essere allegato a un capitolato tecnico

Criterio	Relazione Originale (senza Prompt Engineering)	Relazione con Prompt Engineering
1. Strutturazione delle voci	Parziale e poco ordinata. Voci duplicate, senza sequenza operativa.	Ordinata e coerente. Lavorazioni in sequenza logica, senza ripetizioni.
2. Coerenza con Prezziario Piemonte	Codici reali ma talvolta duplicati o incoerenti nel contesto.	Codici selezionati con precisione, coerenti con il prezziario 2024.
3. Contestualizzazione tecnica	Mancano riferimenti al vincolo storico o al sopralluogo.	Ogni voce è coerente con un contesto vincolato e con materiali compatibili.
4. Precisione descrittiva	Descrizioni tecniche generiche o ridondanti.	Descrizioni puntuali, uso di terminologia coerente con i capitolati edilizi.
5. Gestione quantità/prezzi	Alcune discrepanze tra quantità e totali, possibile sottostima o errata imputazione.	Totali coerenti, prezzi unitari aggiornati, presenza di voci accessorie ben giustificate.
6. Formattazione e leggibilità	Accettabile ma poco adatta alla stampa tecnica o all’uso in documenti ufficiali.	Tabella professionale, pronta per integrazione in capitolati o computi ufficiali. .

Sez.	Codice	Descrizione	U.M.	Euro	Manod. lorda	% Manod.	Note
01	01.P05.B60	Cordoli in cemento pressato retti o curvi, conformi alle prescrizioni della città, attualmente in vigore, in pezzi di lunghezza non inferiore a m 0.80 con smusso arrotondato e muniti di foro a gola di lupo delle dimensioni di cm 12X35					
01	01.P05.B60.005	sez. rettangolare cm 10x25, peso kg 54 circa	m	13,60			
01	01.P05.B60.010	sez. trap. 12-15x25-30(H), peso kg 95 circa	m	24,35			
01	01.P05.B60.015	sez. trap. 12-20X30(H), peso kg 120 circa	m	27,28			
01	01.P05.B65	Cordoli prefabbricati, retti o curvi, in calcestruzzo gettato in cassero metallico e vibrato con superficie liscia e smusso, con resistenza Rbk 350 kg/cm² e cemento tipo 425, conformi alle prescrizioni della città, in pezzi di lunghezza non inferiore a m 0.80, a sezione rettangolare					
01	01.P05.B65.005	sez. cm 12x30, peso kg 90 circa	m	13,28			
01	01.P05.B65.008	sez. cm 12x30 - raggio interno m 0.50	m	25,42			
01	01.P05.B65.010	sez. cm 12x30x100, raggio int. m 1,25, peso kg 90	cad	18,50			
01	01.P05.B65.015	sez. cm 12x30x230, raggio int. m 3,00, peso kg 200	cad	30,48			
01	01.P05.B67	Provvista sul luogo di impiego di barriere tipo "new jersey", realizzate in c.a. prefabbricato, calcestruzzo C35/45 (Rck 45), armatura in ferro B450C opportunamente dimensionato a sopportare le sollecitazioni derivanti dall'impatto, compreso gli eventuali elementi speciali terminali, la fornitura delle minuterie metalliche e dei tasselli ad espansione per i fissaggi, eventuali barre in acciaio ad alta resistenza tipo dywidag e manicotti relativi, piastre di ancoraggio, boccole, ecc.					
01	01.P05.B67.005	delle dimensioni di cm 100X60	m	177,17			
01	01.P05.B70	Provvista di elemento dissuasore di traffico in cls cementizio C30/37 (Rck 37) cemento tipo 425 a forma cilindrica con calotta emisferica, gettato in cassero metallico e munito di anello per il sollevamento come da particolare costruttivo del S.T.III LL.PP., posato secondo le indicazioni della D.L. o accatastato nei magazzini municipali					
01	01.P05.B70.005		cad	92,61			

Tabella 1

151

Sezione 01: Opere edili

Sez.	Codice	Descrizione	U.M.	Euro	Manod. lorda	% Manod.	Note
01	01.A07.E33	Realizzazione di solaio piano in laterocemento gettato in opera con blocchi in laterizio collaboranti alla funzione statica a norma UNI 9730 1/b, compreso l'impalcato di sostegno provvisorio costituito da tavolato continuo fino ad un'altezza di cm 350 dal piano d'appoggio, il getto di completamento in calcestruzzo C25/30 (Rck 30), l'acciaio d'armatura dei travetti, la rete di ripartizione, la formazione di rompitratte ed ogni altra opera accessoria per la corretta posa in opera					
01	01.A07.E33.005	Utilizzando monoblocchi 1/b UNI 9730-50x25x12, spessore 12+5=17 cm	m²	107,86	53,03	49.17%	
01	01.A07.E33.010	Utilizzando monoblocchi 1/b UNI 9730-50x25x14, spessore 14+5=19 cm	m²	109,59	54,13	49.39%	
01	01.A07.E33.015	Utilizzando monoblocchi 1/b UNI 9730-50x25x16, spessore 16+5=21 cm	m²	102,94	55,22	53.64%	
01	01.A07.E33.020	Utilizzando monoblocchi 1/b UNI 9730-50x25x18, spessore 18+5=23 cm	m²	107,13	58,73	54.82%	
01	01.A07.E33.025	Utilizzando monoblocchi 1/b UNI 9730-50x25x20, spessore 20+5=25 cm	m²	109,17	60,02	54.98%	
01	01.A07.E33.030	Utilizzando monoblocchi 1/b UNI 9730-50x25x22, spessore 22+5=27 cm	m²	112,94	62,32	55.18%	
01	01.A07.E33.035	Utilizzando monoblocchi 1/b UNI 9730-50x25x24, spessore 24+5=29 cm	m²	116,92	63,60	54.40%	
01	01.A07.E33.040	Utilizzando monoblocchi 1/b UNI 9730-50x25x26, spessore 26+5=31 cm	m²	118,95	64,70	54.39%	
01	01.A07.E34	Realizzazione di solaio piano gettato in opera costituito da pannelli autoportanti a geometria variabile in polistirene espanso, compreso l'impalcato di sostegno provvisorio fino ad un'altezza di cm 350 dal piano d'appoggio, il getto di completamento in calcestruzzo >= C20/25 (Rck 25), l'acciaio d'armatura dei travetti, la formazione di rompitratte ed ogni altra opera accessoria per la corretta posa in opera					
01	01.A07.E34.005	Spessore solaio 12+4=16 cm	m²	101,42	51,22	50.50%	
01	01.A07.E34.010	Sovrapprezzo per ogni cm di altezza in più, oltre i 12 cm, del polistirene	m²	2,58			

Tabella 2

579

2. Prompt per redazione CME

Tabella 1 e 2 (pag. 110)
Estratti delle tabelle del Prezziario 2024 della Regione Piemonte, usate come fonte di addestramento per il modello LLM

Tabella 3
Output generato dal modello, con i riferimenti del Prezziario, strutturato per il CME finale

 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO – VANO SCALA

Codice Prezziario	Descrizione Intervento	Quantità stimata	Unità	Prezzo Unitario (€)	Totale (€)
01.A10.A20.005	Rinzaffo con malta di calce idraulica su superfici interne (intonaci ammalorati)	60	m²	23,90	1.434,00
01.A20.A50.005	Rasatura e pulizia superfici interne intonacate (stuccature e scartavetratura)	180	m²	2,19	394,20
01.A20.A40.010	Tinteggiatura interna con idropittura a base silossanica – 2 mani	180	m²	5,35	963,00
01.A02.A10.010	Demolizione intonaci interni degradati su pareti verticali	60	m²	9,85	591,00
01.A05.A05.005	Ripristino intonaco con malta premiscelata a base calce naturale	20	m²	27,45	549,00
01.A12.H20.005	Stuccatura e microstuccatura di elementi lapidei (cornici, davanzali, modiglioni)	10	m²	101,55	1.015,50
01.A18.B70.010	Rimozione ossidi, spazzolatura e verniciatura ringhiere in ferro	35	m²	32,00	1.120,00
01.A02.A10.025	Rimozione elementi distaccati di malta da volte e sottoscala (meccanica)	8	m²	10,42	83,36
01.P01.A05.005	Mano d’opera operaio edile 4° livello (stima generale per opere puntuali)	12	h	41,50	498,00

Totale stimato: 6.647,06 €

Confronto tra analisi degradi e valutazione degli interventi su opera di Restauro**3. Terzo intervento Analisi fotografica e Relazione per Restauro Conservativo**

Nel caso dell'analisi dello stato di conservazione del Palazzo Frichignono, il confronto tra la relazione prodotta senza prompt engineering e quella redatta tramite prompt avanzato evidenzia una netta differenza metodologica e qualitativa, sia nella forma che nei contenuti. La relazione tradizionale si apre con una descrizione estesa dell'edificio e della sua storia, accompagnata da osservazioni di tipo visivo effettuate nel corso del sopralluogo. Tuttavia, il metodo di rilievo non è formalizzato: l'analisi dei degradi è condotta in maniera narrativa, senza riferimento a protocolli normativi, né all'uso di classificazioni codificate. Al contrario, nella versione ottimizzata attraverso Prompt Engineering, l'apertura del documento esplicita chiaramente gli strumenti utilizzati per il rilievo (ispezione visiva, documentazione fotografica, prove a battitura, analisi stratigrafica) e adotta fin da subito la classificazione dei degradi secondo la norma UNI-NORMAL 11182:2006. Questa adozione di standard tecnici riconosciuti permette di fornire una base solida, comparabile e immediatamente utilizzabile nei processi di approvazione e progettazione.

Anche la descrizione dei materiali e degli elementi architettonici risulta più efficace nella versione con prompt. Nella prima, gli elementi architettonici vengono citati incidentalmente all'interno della descrizione dei danni, senza una distinzione sistematica tra materiali, tecniche e ambienti. Al contrario, la relazione prodotta tramite prompting distingue chiaramente tra le diverse zone dell'edificio (facciate cortile, scale A e B, androne), specificando per ciascuna i materiali originali impiegati – come intonaco pigmentato, marmo, ferro battuto – e le loro condizioni di conservazione.

Una differenza cruciale si rileva nel modo in cui vengono classificati i degradi. La relazione senza prompt segue un percorso per ambienti, elencando in modo minuzioso i danni riscontrati, ma affidandosi a una narrazione libera, con molte ripetizioni e senza un lessico tecnico strutturato. Nella versione ottimizzata, invece, i degradi sono organizzati secondo una griglia tecnica: ciascuna tipologia di deterioramento è accompagnata dal relativo codice UNI-NORMAL, e viene attribuita con rigore a specifiche aree dell'edificio. Questo sistema consente non solo una maggiore chiarezza per il lettore, ma anche una più agevole comparazione tra parti diverse dell'edificio e una più precisa definizione degli interventi necessari.

L'analisi delle cause del degrado è un altro punto di distinzione. La relazione originaria tende a confondere cause ed effetti, integrando osservazioni sul degrado con elementi di contesto (pioggia, usura, traffico). Al contrario, la versione con prompt propone una sezione autonoma che distingue in modo sistematico le cause naturali, strutturali, funzionali e derivanti da interventi precedenti inappropriati. L'organizzazione del testo in causa-effetto (es. "umidità di risalita-efflorescenze saline") consente una diagnosi più accurata e utile alla progettazione dell'intervento.

Le proposte di intervento, nella prima versione, si ricavano solo indirettamente dagli

3. Prompt per Analisi Degradi

obiettivi dichiarati a inizio relazione. Non esiste una sezione dedicata, e mancano riferimenti a materiali compatibili, metodi consolidati o vincoli di reversibilità. La relazione prodotta con prompting, invece, include una sezione specifica sulle metodologie conservative consigliate, in cui vengono dettagliati materiali (es. malte a base di calce NHL, resine epossidiche), strumenti (microaeroabrasione, sabbiatura controllata), tecniche compatibili con edifici vincolati e i principi di reversibilità richiesti dalle linee guida del restauro conservativo.

Infine, lo stile della relazione e la sua finalità risultano profondamente diverse. La versione senza prompt privilegia un registro narrativo e storico, ricco di dettagli ma meno efficace per la comunicazione con enti preposti all'autorizzazione. La versione con Prompt Engineering, invece, adotta un tono tecnico-disciplinare, diretto e sintetico, che si presta perfettamente alla redazione di documenti per Soprintendenze, appaltatori e progettisti. L'output è utilizzabile anche per derivare schede tecniche, computi o capitolati, dimostrando come un buon prompt possa trasformare l'IA in un assistente professionale specializzato, in grado di rispettare criteri normativi e standard operativi di alto livello.

Criterio	Relazione Originale (senza Prompt Engineering)	Relazione con Prompt Engineering
1. Metodo di rilievo	Visivo, descritto in prosa. .	Protocollo chiaro: visivo, fotografico, stratigrafico, battitura.
2. Classificazione degradi	Narrativa, per ambienti.	Codificata (UNI-NORMAL 11182:2006), per tipologia e zona.
3. Materiali ed elementi	Citati in modo generico e mescolati al racconto storico.	Distinti chiaramente: intonaci, marmo, metallo, pigmenti, ecc.
4. Cause del degrado	Generiche, distribuite nel testo.	Strutturate in gruppi: naturali, strutturali, funzionali, precedenti interventi.
5. Proposte di intervento	Implicite, deducibili solo da contesto o obiettivi.	Esplicite, tecniche, materiali compatibili indicati, tecniche conservative descritte nel dettaglio.
6. Stile professionale	Più narrativo e divulgativo.	Tecnico, finalizzato all'approvazione e alla comunicazione tra tecnici.
7. Usabilità per la Soprintendenza	Rende necessaria una lettura completa e interpretativa.	Immediatamente leggibile e schematizzata per usi autorizzativi e progettuali.

4.3

Caso studio calcolo SLP: Intelligenza Artificiale applicata per frazionamento edili- zio e calcolo della SLP, Comune di Torino

Localizzazione:

Via Botero 15, Torino

IA utilizzata:

Modello linguistico

ChatGPT-4o

Gemini

Descrizione generale del caso

Questo caso studio documenta un'analisi tecnico-normativa legata al cambio di destinazione d'uso di un immobile situato in un edificio storico del centro di Torino. Il progetto ha riguardato un'operazione di frazionamento e il conseguente calcolo della Superficie Lorda di Piano (SLP), fondamentale per determinare la conformità urbanistica e volumetrica dell'intervento.

A supporto del lavoro è stata utilizzata l'intelligenza artificiale (Gemini), principalmente per assistere nell'elaborazione delle planimetrie quotate e nella generazione automatica di tabelle di calcolo. Tuttavia, il caso ha anche messo in luce limiti tecnici rilevanti nell'interazione tra IA e formato vettoriale.

Input forniti al modello IA

Planimetrie in scala 1:100 con quote espresse

Richiesta di calcolo della SLP secondo la normativa edilizia locale

Suddivisione planimetrica pre e post frazionamento

Indicazione delle aree da includere/escludere dal conteggio (es. muri interni, vani scala, ecc.)

Output previsto sulla Relazione

Tabella delle superfici calcolate per ciascun ambiente

Distinzione tra superfici utili, escluse e computabili ai fini della SLP

Giustificazione normativa delle esclusioni

Sintesi numerica finale delle superfici pre e post-intervento

Output ottenuto e criticità riscontrate**Calcolo automatico**

- L'IA ha restituito una tabella con misure parzialmente scorrette, con risultati ripetitivi e non attendibili.
- Sono emersi errori di misurazione, dovuti all'incapacità del modello di interpretare con precisione le planimetrie in scala, anche quando fornite come immagini o estratti testuali.

Problema dei file .dxf

Gemini non ha saputo interagire correttamente con file .dxf, producendo errori dovuti alla mancanza di un parser geometrico nativo.

È emersa la necessità di sviluppare uno script custom in Python (es. con libreria ezdxf) per interpretare le coordinate e calcolare le superfici mediante la formula di Gauss applicata a poligoni chiusi.

Considerazioni critiche

Questo caso studio mette chiaramente in evidenza i limiti dell'automazione IA nella computazione tecnica pura, quando non supportata da strumenti geometrici dedicati. Mentre il modello si è dimostrato utile per l'impostazione del quadro normativo e la struttura tabellare del calcolo, ha fallito nel fornire misure affidabili e utilizzabili direttamente.

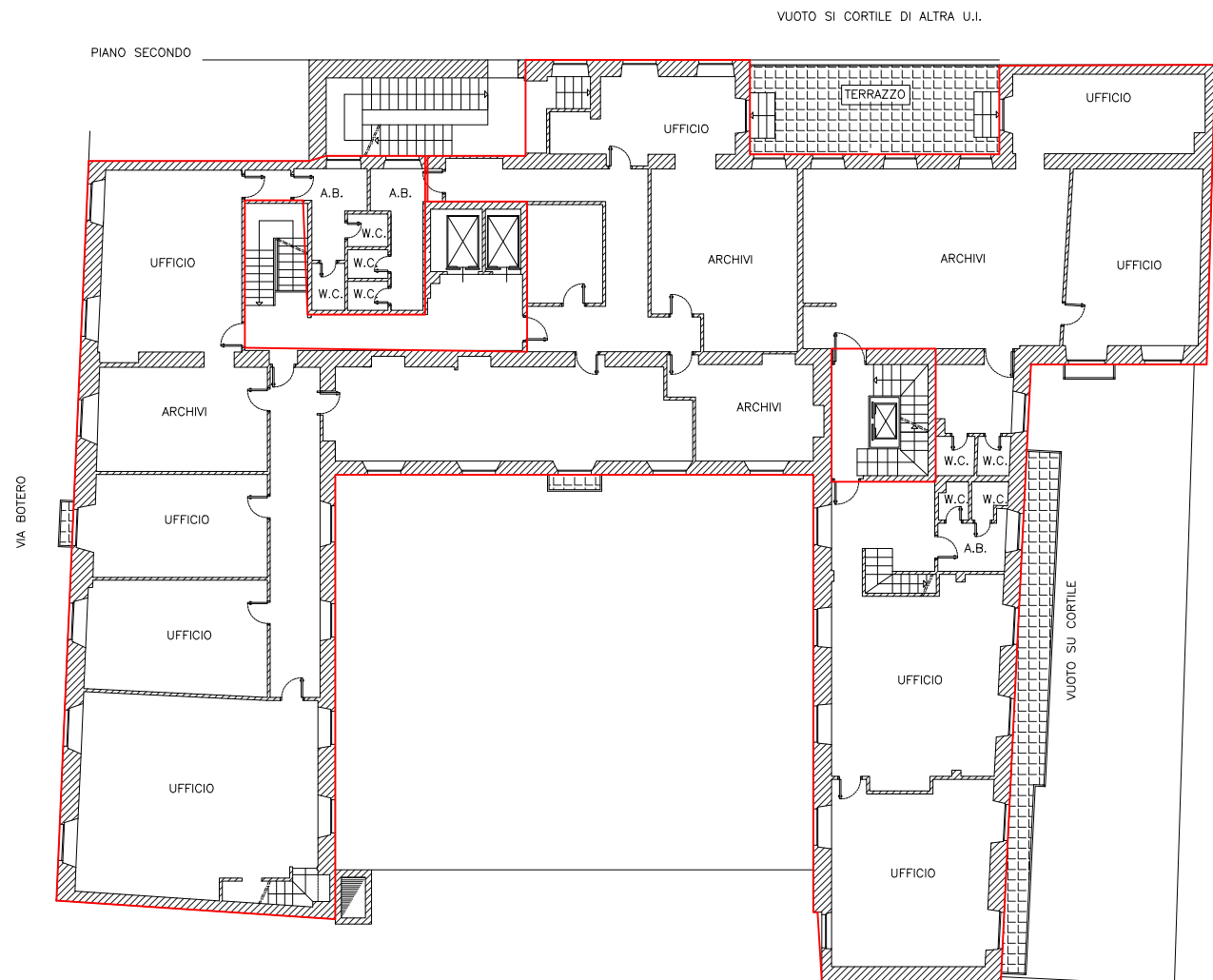
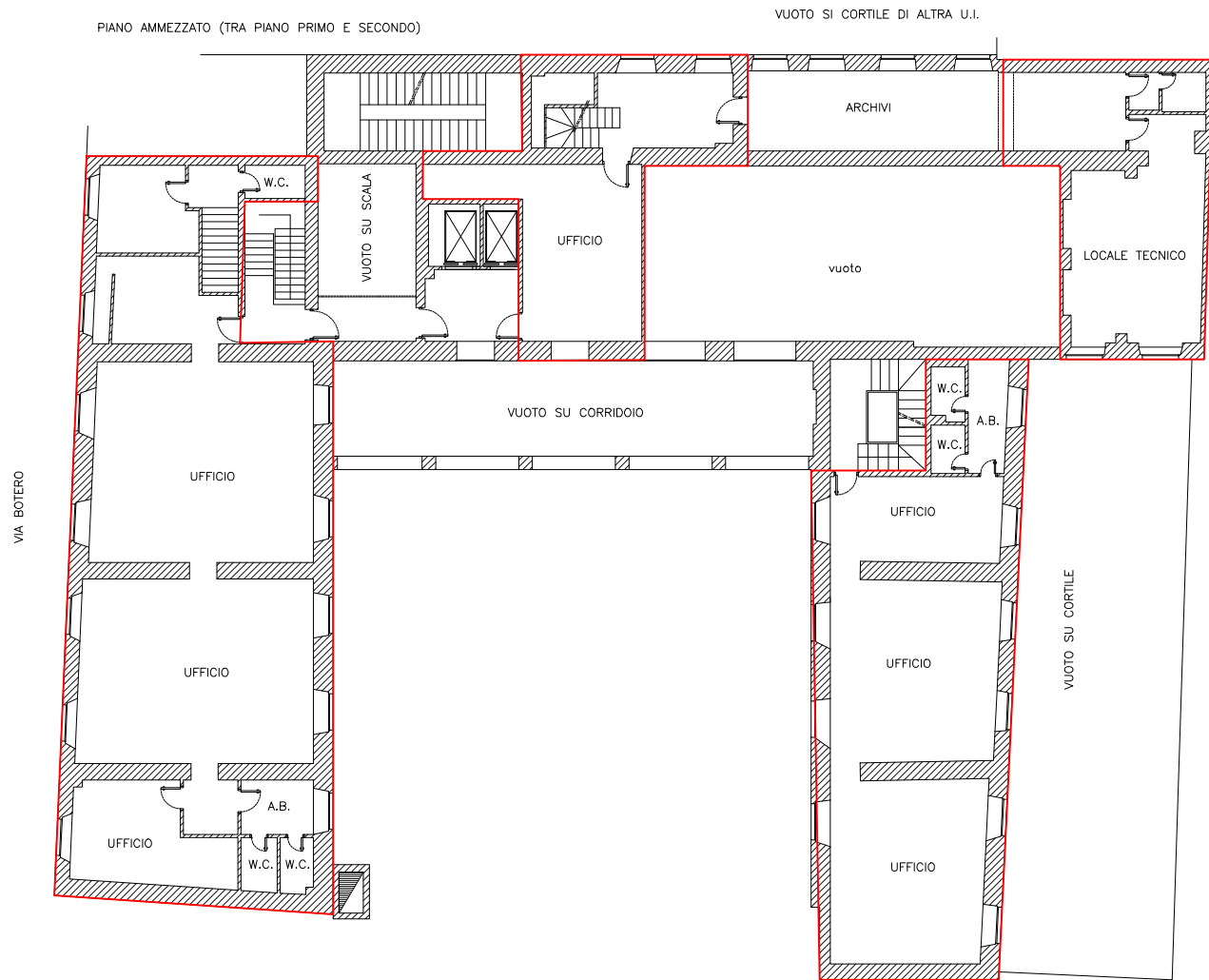
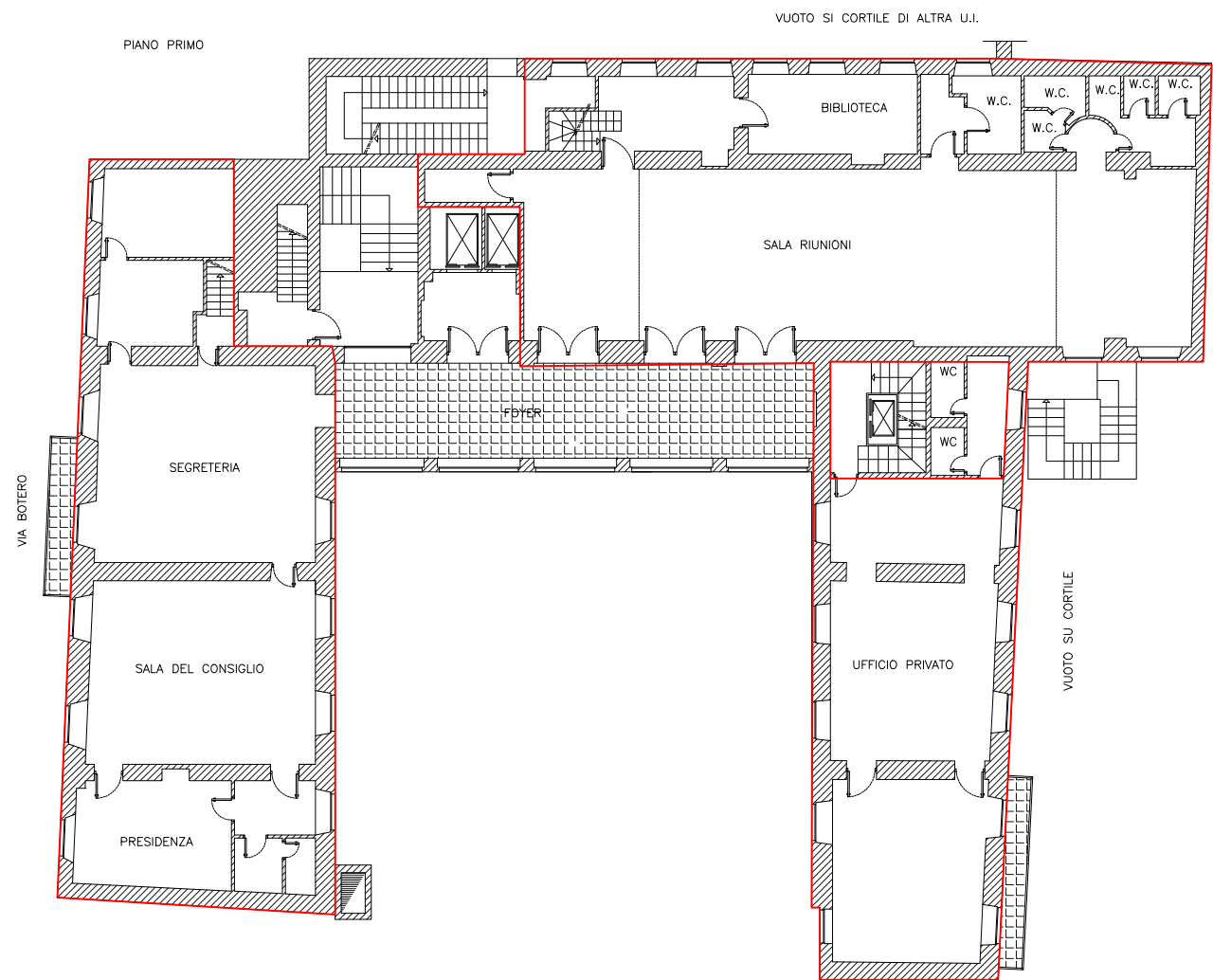
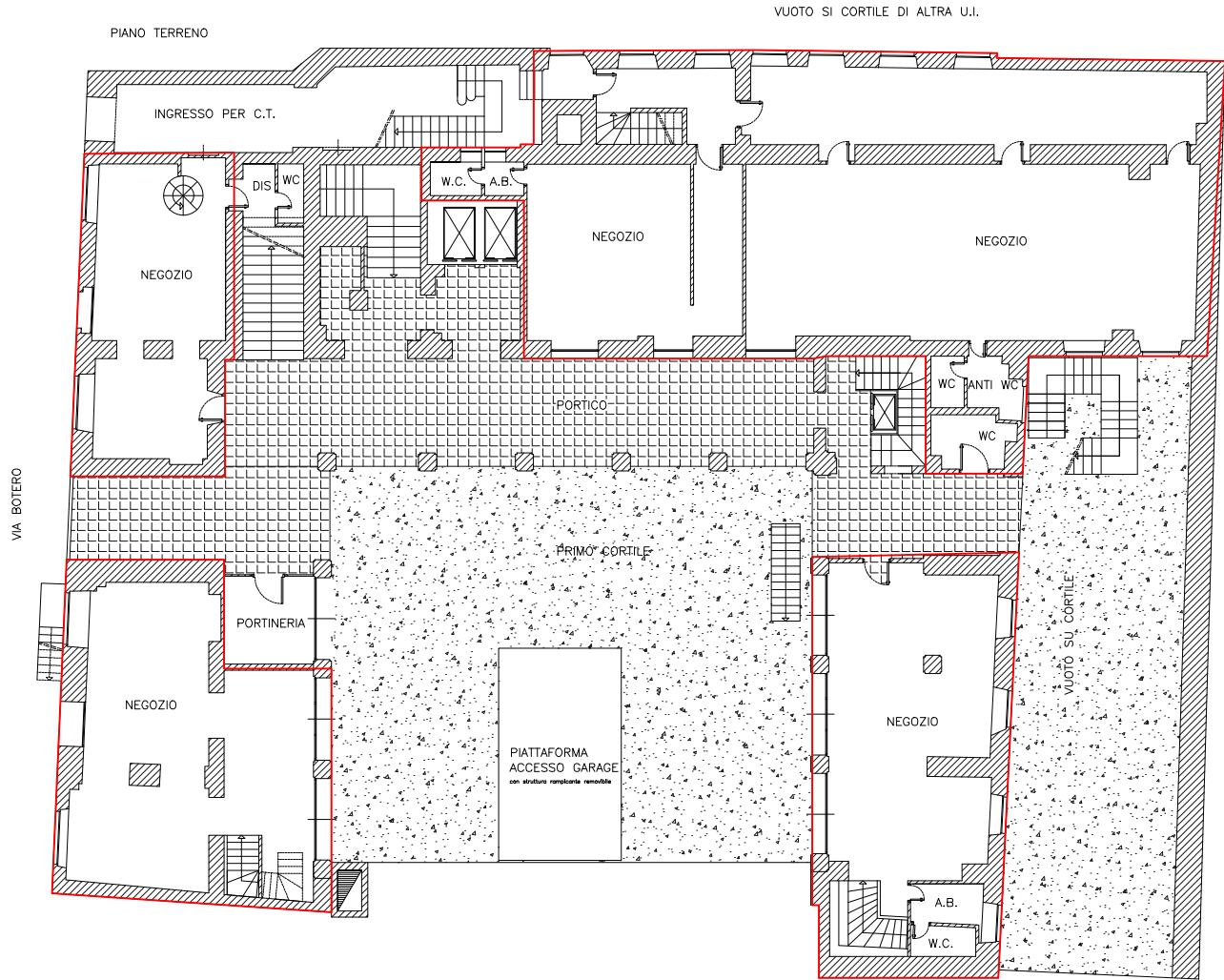
La riflessione progettuale ricavata da questo caso è duplice:

da un lato, l'IA può fungere da supporto utile per guidare il calcolo e verificare la logica normativa;

dall'altro, per attività di precisione geometrica su elaborati grafici, si rende ancora necessario l'uso di strumenti CAD dedicati e la supervisione del tecnico umano.

Tuttavia, emerge anche una potenzialità progettuale importante: l'uso dell'IA per scrivere o accompagnare la scrittura di codice, capace di processare file tecnici e restituire output personalizzati. Questo orientamento apre a futuri sviluppi in cui modelli come Gemini o GPT-4o potrebbero fungere da coprogettisti computazionali, generando script, parser e logiche di calcolo su misura.

Cap. 4.3 Calcolo SLP



4.3.2

Casi studio calcolo SLP: Prompt Engineerin per estrapolazione dati e calcolo SLP da Planimetri, script Python per API

Descrizione Logica del Prompt

Nel caso studio relativo al cambio d'uso in via Botero, il primo prompt è stato progettato per supportare la stesura di una relazione tecnica finalizzata al calcolo della Superficie Lorda di Pavimento (SLP), necessaria per la valutazione urbanistica dell'intervento. Il modello è stato istruito fornendo come input la normativa di riferimento (DPR 380/2001 e Regolamento Edilizio del Comune di Torino), una descrizione sintetica dell'immobile, le planimetrie del progetto di frazionamento e le relative destinazioni d'uso. All'interno del prompt sono stati richiamati i principali criteri di computabilità previsti dalla normativa locale, con l'obiettivo di generare un testo tecnicamente strutturato, coerente con la modulistica edilizia e compatibile con le procedure previste per il cambio d'uso.

Una parte rilevante del prompt riguardava la verifica della capacità del modello di analizzare e interpretare, a partire da una descrizione testuale, la distribuzione planimetrica proposta nel frazionamento, distinguendo tra superfici computabili e non computabili. L'intento non era quello di ottenere un calcolo numerico definitivo, ma di testare la possibilità di far dialogare il modello con una logica di lettura progettuale basata su elementi grafici codificati.

Il secondo prompt, pensato come fase di approfondimento tecnico, era finalizzato alla costruzione di uno script in linguaggio Python per il calcolo automatizzato della SLP, a partire dai dati geometrici ricavati dalle planimetrie del progetto. L'istruzione data al modello prevedeva la definizione di una struttura algoritmica in grado di associare a ogni ambiente una percentuale di computabilità, applicare esclusioni secondo la normativa e restituire un output in formato tabellare con le superfici parziali e totali.

Sebbene il prompt sia stato formulato con attenzione, questo passaggio non ha avuto seguito operativo, a causa della mancanza di tempo e della necessità di competenze avanzate in ambito di programmazione e gestione di API. L'intento originario era quello di esplorare le potenzialità dell'intelligenza artificiale non solo nella redazione testuale, ma anche nell'elaborazione computazionale di dati progettuali, nell'ottica di un'integrazione futura con strumenti BIM o GIS.

1. Prompt per calcolo SLP**1. Prompt per Calcolo SLP con Logica Normativa e Tabellazione****RUOLO**

Agisci come un tecnico specializzato in urbanistica e computazione edilizia. Sei esperto nel calcolo delle superfici lorde di piano (SLP) secondo le normative comunali italiane, con particolare attenzione ai cambi di destinazione d'uso.

CONTESTO

Stai analizzando un frazionamento edilizio in Via Botero 15, Torino. Hai a disposizione planimetrie quotate e devi predisporre una tabella per il calcolo SLP finalizzata alla richiesta di cambio d'uso.

OBIETTIVO

Generare una tabella esplicativa delle superfici, distinguendo tra:

Superfici computabili ai fini SLP

Superfici escluse (es. murature, vani scala, locali tecnici)

Superficie utile netta per ogni nuova unità

STRUTTURA OUTPUT RICHIESTA

Ambiente	Superficie (mq)	Inclusa in SLP	Esclusione (motivo)
Cucina 1	12,50		-
Disimpegno	3,20		Minore di 1,80 m H
(continua)			

Note:

- Inserire giustificazioni normative brevi per ogni esclusione
- Il totale finale deve indicare la SLP computata pre e post intervento
- Linguaggio tecnico, formato testuale esportabile

2. Prompt per Generazione Script Python (.dxf - superficie)

RUOLO

Agisci come uno sviluppatore Python con competenze in architettura e computazione geometrica. Devi aiutare un tecnico a estrarre superfici da planimetrie in formato .dxf.

CONTESTO

Stai lavorando sul calcolo della SLP per un frazionamento edilizio a Torino. Le planimetrie sono in formato .dxf e rappresentano contorni di ambienti tramite polilinee chiuse.

OBIETTIVO

Scrivere uno script Python utilizzando la libreria ezdxf, per:
Leggere un file .dxf
Identificare le polilinee chiuse
Calcolare l'area di ogni poligono con la formula di Gauss
Restituire una tabella con: nome layer / superficie / unità di misura

Vincoli:

Precisione al cm²

Opzionale: suggerire export in .csv o .xlsx

Analisi restituzione del calcolo di SLP dall'estrapolazione dei dati attraverso planimetrie di Frazionamento:

1. Tabelle SLP

Nel contesto dell'elaborazione del calcolo della Superficie Lorda di Pavimento (SLP) per un intervento di cambio di destinazione d'uso in un edificio commerciale, l'adozione del Prompt Engineering ha determinato una svolta sostanziale nella qualità tecnica del risultato prodotto dall'intelligenza artificiale.

Nel caso sviluppato senza l'ausilio di un prompt strutturato, l'IA ha operato in modo passivo, reagendo a sollecitazioni generiche. L'elaborazione si è basata sulla semplice osservazione delle planimetrie, senza un protocollo interpretativo valido, né la possibilità di estrarre metricamente dati affidabili dalle immagini. Ne è scaturita una tabella contenente stime imprecise, ridondanti e prive di riscontro numerico coerente, in cui i valori delle superfici risultano spesso approssimativi, ripetuti o incongruenti rispetto alla morfologia degli ambienti.

Al contrario, quando l'interazione è stata guidata da un prompt avanzato, l'intelligenza artificiale è stata in grado di strutturare il lavoro in modo metodico, simulando un processo di computazione reale. Il risultato si articola in un elenco numerato di ambienti, ciascuno corredato di indicazioni sulla tipologia, dimensioni geometriche, superficie calcolata e relative annotazioni. L'approccio è rigoroso: la superficie lorda viene calcolata a partire da dati geometrici essenziali, aggregata per piani e verificata nella sua coerenza interna. Ciò consente un controllo incrociato dell'elaborazione, compatibile con le richieste delle pratiche edilizie comunali e con i criteri richiesti per pratiche catastali e SCIA.

Inoltre, il modello — se adeguatamente istruito — dimostra anche una capacità proattiva: propone formule di calcolo utilizzabili direttamente in fogli di calcolo, e suggerisce metodologie alternative (es. lettura diretta da file vettoriali) in caso di input più complessi. Questo riflette un'evoluzione dell'intelligenza artificiale da semplice esecutore a collaboratore tecnico, capace non solo di produrre ma anche di orientare la metodologia. Nel confronto complessivo, emerge dunque una differenza sostanziale: senza prompt, l'IA genera un output che richiede numerosi interventi correttivi da parte del professionista; con prompt, l'elaborato prodotto è già orientato all'uso pratico e alla validazione da parte di enti tecnici, ponendosi come un supporto concreto alla computazione edilizia.

Figura 35 e 36
Confronto tra i due output ottenuti, il primo con un utilizzo non efficientato, il secondo ottenuto con il Prompt Engineering



Ciao! Ho una planimetria in scala 1:100 con diversi negozi. Vorrei che tu mi aiutassi a creare una tabella con la Superficie Lorda di Piano (SLP) di ogni negozio. Ho quotato un ambiente sulla planimetria come riferimento per le proporzioni. Creami la tabella inserendo ogni negozio per riga e facendo poi la somma con SLP totale di piano. Ti ho quotato il Negozio 4 come riferimento, quote in centimetri

Planimetri... quotata 2

PDF



Ho capito. Hai correttamente misurato le dimensioni del Negozio 4 come 567 cm di larghezza e (1265 + 234) cm di lunghezza, che corrispondono a 5,67 m di larghezza e 14,99 m di lunghezza. Userò queste dimensioni come riferimento per ricalcolare le dimensioni degli altri negozi e aggiornare la tabella con la Superficie Lorda di Piano (SLP) corretta.

Ecco la tabella aggiornata con le dimensioni corrette del Negozio 4:

Negozio	Larghezza (m)	Lunghezza (m)	SLP (m²)
Negozio 1	2.83	24.98	70.83
Negozio 2	2.83	16.84	47.73
Negozio 3	4.25	14.99	63.74
Negozio 4	5.67	14.99	84.99
Negozio 5	4.25	19.99	84.99
Negozio 6	5.67	19.99	113.32
Totale SLP	465.6		

 Esporta in Fogli

Ambienti_Numerati_SLP_Via_Botero.xlsx - Microso						
File Home Inserisci Layout di pagina Formule Dati Revisione Visualizza Sviluppo						
Calibri 11 A A						
G C S						
Incolla Appunti						
Carattere Allineamento Numeri Formattazi						
J8 f						
	A	B	C	D	E	F
1	Piano	Ambiente n.	Ambiente	Superficie (mq)	Inclusa in SLP	Esclusione (motivo)
2	Piano Terra	1	210 PRIMO CORTILE PIATTAFOM	24,77	✓	—
3	Piano Terra	2	A4 MONOCAMERA A3.2	15,14	✓	—
4	Piano Terra	3	ventilazione meccanica	25,6	✓	—
5	Piano Terra	4	—	14,22	✓	—
6	Piano Terra	5	—	22,2	✓	—
7	Piano Terra	6	—	36,75	✓	—
8	Piano Terra	7	—	22,2	✓	—
9	Piano Terra	8	—	53,26	✓	—
10	Piano Terra	9	—	23	✓	—
11	Piano Terra	10	MONOCAMERA	23	✓	—
12	Piano Terra	11	MONOCAMERA	5,45	✓	—
13	Piano Terra	12	—	3,41	✓	—
14	Piano Terra	13	—	3,43	✓	—
15	Piano Terra	14	—	8,75	✓	—
16	Piano Terra	15	—	12,48	✓	—
17	Piano Terra	16	—	9,31	✓	—
18	Piano Primo	1	—	47,39	✓	—
19	Piano Primo	2	—	6,8	✓	—
20	Piano Primo	3	—	6,86	✓	—
21	Piano Primo	4	—	12,12	✓	—
22	Piano Primo	5	—	9,69	✓	—
23	Piano Primo	6	—	11,34	✓	—
24	Piano Primo	7	—	17,67	✓	—
25	Piano Primo	8	—	16,36	✓	—
26	Piano Primo	9	—	35,4	✓	—
27	Piano Primo	10	—	78,96	✓	—

Sheet1

Criterio	Relazione Originale (senza Prompt Engineering)	Relazione con Prompt Engineering
1. Metodo di calcolo	Visivo, basato su lettura soggettiva di planimetria	Numerico, strutturato, tabellare con parametri chiari
2. Struttura dei dati	Narrazione + tabelle generiche	Tabelle dettagliate (ambiente, dimensioni, superfici)
3. Precisione delle misure	Inaffidabile, valori ripetuti, incongruenze	Verificabile, coerente con proporzioni e controllo incrociato
4. Trattamento delle esclusioni	Assente o approssimato (es. superfici escluse dal calcolo)	Indicato chiaramente con note esplicative.
5. Supporto normativo	Non esplicitato	Implicito nel tipo di output (rispetto regole comunali e regionali) .
6. Stile professionale	Limitata, non integrabile in pratica edilizia	Alta: pronto per SCIA, pratiche catastali, documenti ufficiali .

4.4

Caso studio Capitolato Tecnico: Redazione Capitolato Tecnico e CME da Analisi Visiva di IA

Localizzazione:

Capannone Industriale, Torino

IA utilizzata:

Modello linguistico

ChatGPT-4o

Descrizione generale del caso

Questo caso studio documenta la redazione di un capitolato tecnico dettagliato per la manutenzione straordinaria di un complesso industriale. L'edificio in oggetto è composto da quattro strutture distinte, ciascuna con esigenze manutentive specifiche.

L'intervento ha preso avvio da una campagna fotografica dettagliata e da un rilievo descrittivo diretto delle problematiche, fornendo all'intelligenza artificiale (nello specifico ChatGPT-4o) gli input tecnici necessari per elaborare una proposta completa di interventi, accompagnata da suggerimenti sui materiali e da un computo metrico sommario.

Input forniti al modello IA

Fotografie degli edifici (esterni, coperture, infissi, impianti)

Elenco interventi desiderati per ciascuna struttura

Descrizione sintetica delle patologie edilizie rilevate (es. infiltrazioni, distacchi, usura)

Richiesta di materiali compatibili con l'ambiente industriale

Suddivisione degli interventi per tipologia (opere edili, impermeabilizzazione, serramenti, impianti)

Output previsto sulla Relazione

Capitolato tecnico articolato per categorie di intervento

Raccomandazioni sui materiali da utilizzare (impermeabilizzanti, rivestimenti, resine, ecc.)

Computo metrico preliminare, per quantità indicative e pianificazione economica

Eventuali note normative o di sicurezza da allegare per lavorazioni particolari (es. coperture in quota)

Output ottenuto e criticità riscontrate**Output ottenuto e osservazioni****Capitolato**

L'IA ha generato una bozza di capitolato dettagliata, con buona articolazione tra descrizione tecnica, scelta dei materiali e suddivisione per strutture.

Il documento risultava professionale e ben leggibile, utile come base operativa.

Materiali e soluzioni tecniche

Le proposte dell'IA sui materiali sono risultate coerenti con l'ambito industriale, anche se a volte troppo generiche (es. "vernice epossidica" senza marca o specifica tecnica).

È stata richiesta una revisione per adattamento al clima locale e ai prodotti effettivamente disponibili sul mercato italiano.

Computo metrico

L'IA ha fornito quantità stimate e prezzi indicativi, utili come riferimento iniziale ma non adatti a preventivazioni ufficiali.

L'output andava verificato con sopralluogo e misurazioni esatte, ma ha funzionato come strumento per pre-budgeting e confronto preventivi.

Considerazioni critiche

Questo caso mostra come l'IA possa operare con efficacia come assistente alla redazione tecnica e alla selezione preliminare di soluzioni progettuali, specialmente in contesti complessi come le strutture industriali.

L'interazione con le fotografie e le descrizioni è stata efficace per generare testi coerenti, ma emerge comunque la necessità di:

- Validare ogni informazione attraverso rilievo diretto
- Affiancare all'output dell'IA un tecnico abilitato per la firma e l'approvazione documentale

La maggiore criticità, come nei casi precedenti, si è manifestata sul piano quantitativo e normativo, dove l'IA ha bisogno di input più precisi o di strumenti integrativi (es. computi Excel reali, prezziari regionali).



Figura 37 e 38
Input utilizzati per dare le istruzioni al modello, con il tentativo di ottenere un output efficace attraverso l'analisi visiva del rilievo fotografico

allora la foto della scala mi manca, ma ti chiedo di crearmi un capitolato che riaguarda la rimozione di questo enorme portone di ingresso, altezza 8 metri, e la sua sostituzione con una porta ad impacchettamento arancione di 4 metri; il restante buco sarà ripristinato in muratura seguendo la stessa tipologia di parete che si vede in foto. Creami un capitolato sempre in excel.

Codice	Descrizione Lavorazione	Unità di Misura	Quantità Stimata	Note
POR01	Allestimento del cantiere e messa in sicurezza, inclusa segnaletica di avviso e delimitazione dell'area di lavoro. 1. Installare barriere protettive attorno all'area di lavoro. 2. Posizionare segnaletica conforme al D.Lgs. 81/2008. 3. Delimitare l'area con nastri o recinzioni provvisorie. 4. Verificare la presenza di eventuali impianti interferenti e segnalarli.	Forfait	1	Segnaletica e protezioni conformi al D.Lgs. 81/2008.
POR02	Rimozione del portone esistente (8 metri di altezza), inclusi tutti gli elementi di fissaggio e movimentazione del materiale. 1. Smontare gli elementi di fissaggio con attrezzi manuali o meccanici. 2. Tagliare eventuali parti saldate utilizzando una smerigliatrice angolare. 3. Utilizzare gru o carrelli elevatori per abbassare le sezioni pesanti. 4. Deposito provvisorio dei materiali smontati in un'area designata.	mq	32	Inclusa movimentazione con gru o attrezzature idonee.
POR03	Smaltimento del portone esistente presso centro autorizzato, con separazione e riciclo dei materiali metallici. 1. Classificare i materiali per tipologia (ferro, acciaio, altri metalli). 2. Caricare i materiali su un mezzo di trasporto autorizzato. 3. Conferire i materiali presso un centro di riciclo autorizzato. 4. Richiedere documentazione di smaltimento conforme alle normative vigenti.	Forfait	1	Smaltimento secondo normativa vigente e documentazione rifiuti.
POR04	Fornitura e posa in opera di una porta ad impacchettamento arancione di altezza 4 metri, compresi accessori e fissaggi necessari. 1. Verificare le dimensioni e la compatibilità della nuova porta con il vano esistente. 2. Preparare i punti di fissaggio sul vano. 3. Montare la porta seguendo le istruzioni del produttore. 4. Effettuare regolazioni finali per il corretto funzionamento. 5. Testare il movimento e la chiusura della porta.	Forfait	1	Porta con altezza 4 metri, conforme alle specifiche tecniche richieste.
POR05	Preparazione della struttura muraria esistente per il ripristino, incluse opere di adattamento e preparazione del foro. 1. Rimuovere detriti o materiali in eccesso lungo i bordi del foro. 2. Lisciare e regolarizzare le superfici con dischi diamantati. 3. Applicare un primer di ancoraggio se necessario. 4. Proteggere le superfici adiacenti per evitare danneggiamenti.	Forfait	1	Comprende taglio, rasatura e pulizia dei bordi del foro.
POR06	Realizzazione di muratura in blocchi (o pannelli) per chiudere il vano residuo, seguendo la stessa tipologia della parete esistente. 1. Posizionare blocchi in calcestruzzo cellulare o mattoni pieni secondo la configurazione esistente. 2. Utilizzare malta cementizia per il fissaggio. 3. Verificare il corretto allineamento e livello durante la posa. 4. Attendere la completa asciugatura della muratura.	mq	16	Muratura realizzata con materiali simili alla struttura esistente.

4.4.2

Casi studio calcolo SLP: Prompt Engineerin per CME rifacimento portale ingresso

Descrizione Logica del Prompt

Nel caso delle modifiche al portale del capannone industriale, il Prompt Engineering è stato impiegato per testare la capacità del modello di supportare la creazione di un computo metrico estimativo a partire da un set di immagini scattate in fase di rilievo. L'obiettivo era quello di valutare la possibilità di attivare un processo più fluido e immediato, evitando la frammentazione tipica del workflow tecnico, in cui le informazioni vengono spesso trascritte e trasferite su più documenti prima di essere integrate nel computo finale.

Il prompt è stato strutturato simulando un contesto operativo reale, in cui il tecnico raccoglie immagini e brevi note descrittive durante il sopralluogo e desidera trasformare rapidamente queste informazioni in un elenco coerente di lavorazioni, eventualmente codificate secondo il Prezziario della Regione Piemonte. È stato chiesto al modello di identificare e descrivere le voci d'opera necessarie (es. tinteggiature, sostituzione infissi, rasature, pulizia di superfici, manutenzione impiantistica), proponendo una possibile quantificazione.

Durante la costruzione del prompt è emerso un punto critico fondamentale: l'efficacia del risultato dipende fortemente dalla presenza di riferimenti dimensionali chiari. Per ottenere un computo realistico e utilizzabile, è necessario accompagnare le immagini con indicazioni numeriche di massima (misure, superfici, estensioni) che permettano al modello di stimare quantità e costi in modo coerente. In assenza di tali dati, l'intelligenza artificiale tende a generare stime generiche o ipotetiche, non verificabili sul piano tecnico. Questo aspetto ha sottolineato l'importanza di una preparazione mirata degli input anche quando si lavora con dati visivi e descrittivi non strutturati.

1. Prompt per Inventario

1. Prompt per suggerimenti su inventario lavorazioni compatibili con ambiente industriale

RUOLO

Agisci come un consulente tecnico specializzato in materiali edilizi per ambienti industriali. Conosci le esigenze di durabilità, resistenza chimica e facilità di posa in contesti produttivi.

CONTESTO

Devi suggerire materiali idonei per la manutenzione straordinaria di un capannone industriale. L'intervento include: rifacimento coperture, impermeabilizzazione, sostituzione infissi metallici, verniciature protettive interne.

OBIETTIVO

Fornire un elenco di materiali consigliati, con:

Nome tipologia (es. "resina epossidica bicomponente antiscivolo")

Ambito di utilizzo

Motivo tecnico della scelta

Eventuali accorgimenti di posa o compatibilità con superfici esistenti

FORMATO RICHIESTO

Materiale	Uso Previsto	Vantaggi Tecnici	Note Applicative
-----------	--------------	---------------------	---------------------

2. Prompt per la redazione del Capitolato Tecnico di Manutenzione

RUOLO

Agisci come un tecnico esperto nella redazione di capitolati per interventi edilizi industriali. Hai familiarità con le specifiche edilizie, le lavorazioni tipiche dei capannoni, le norme di sicurezza e i materiali compatibili con ambienti produttivi.

CONTESTO

Stai predisponendo un capitolato tecnico per la manutenzione straordinaria di un complesso industriale sito in Corso Settembrini, Torino, composto da quattro strutture distinte. Hai a disposizione una descrizione sintetica degli interventi da realizzare, basata su fotografie e rilievi.

OBIETTIVO

Redigere un capitolato tecnico descrittivo, suddiviso per:
Tipologia di intervento (edile, copertura, serramenti, impianti)
Struttura interessata
Tipo di materiale da impiegare, con motivazione tecnica

STRUTTURA OUTPUT RICHIESTA

Per ogni voce:
Titolo lavorazione (es. "Impermeabilizzazione copertura Struttura B")
Descrizione sintetica del problema
Descrizione tecnica dell'intervento previsto
Materiali suggeriti (es. guaine, resine, rivestimenti)
Note operative (es. quote, sicurezza, accessibilità, DPI)

3. Prompt per la generazione di Computo Metrico Preliminare (bozza)**RUOLO**

Agisci come un tecnico computista. Sei incaricato di redigere un computo metrico estimativo preliminare basato su un elenco interventi e rilievo visivo. Utilizzi prezziari di riferimento regionali (Piemonte) per stimare quantità e costi indicativi.

CONTESTO

Gli interventi includono:

Rifacimento 200 m² di copertura in lamiera

Verniciatura interna di 500 m² pareti

Sostituzione di 12 serramenti metallici

Trattamento antiruggine su strutture metalliche portanti (circa 120 m²)

OBIETTIVO

Creare una tabella computo metrico, con:

Codice e descrizione lavorazione (anche provvisoria)

Quantità

Unità di misura

Prezzo unitario indicativo

Totale parziale

STRUTTURA DELL'OUTPUT RICHIESTA

Codice Prezziario	Descrizione Intervento	Quantità	Prezzo Unitario	Totale
----------------------	---------------------------	----------	-----------------	--------

Confronto tra Capitolato ottenuto con Prompt, rispetto a quello descrittivo ottenuto dalla sola analisi visiva delle foto**1. Primo Intervento per la Redazione di Inventario di Lavori**

Nel caso di una manutenzione straordinaria in ambito industriale, la qualità dell'inventario delle lavorazioni redatto con il supporto dell'intelligenza artificiale dipende in larga misura dalla chiarezza del prompt fornito. Quando il modello viene sollecitato con istruzioni generiche, come avvenuto nella versione "senza prompt", l'elenco delle operazioni risulta approssimativo, privo di struttura logica rigorosa e con descrizioni spesso sovrapposte o ambigue. Le lavorazioni vengono elencate con una formulazione a volte troppo sintetica, non sempre aderente al lessico tecnico richiesto nei capitolati d'appalto o nelle pratiche edilizie. Al contrario, con l'impiego del Prompt Engineering, l'intelligenza artificiale riesce a costruire una matrice tecnica completa, articolando ogni intervento secondo criteri coerenti con la prassi edilizia e la normativa vigente. Le lavorazioni sono suddivise per fasi operative (es. allestimento cantiere, demolizioni, posa di nuove strutture, collaudo), e descritte con precisione nei termini tecnici e procedurali. Ogni voce è accompagnata da una motivazione d'uso, da note applicative e da accorgimenti specifici per l'ambiente industriale (ad esempio, la compatibilità dei materiali con strutture metalliche esistenti o l'uso di guaine bituminose autoadesive per evitare fiamme libere). L'output generato con prompt consente anche una più agevole derivazione del computo metrico estimativo e del capitolato tecnico. Le attività sono descritte in forma modulare, con un chiaro riferimento alle unità di misura e alla stima delle quantità previste. Inoltre, l'adozione di codici operativi per ciascuna voce facilita l'inserimento in sistemi di gestione dei lavori pubblici. Un elemento distintivo rilevante è l'integrazione, nel prompt guidato, di valutazioni tecniche circa la durabilità e la compatibilità dei materiali selezionati: ad esempio, l'impiego di resine epossidiche per la protezione interna o la preferenza per pannelli coibentati autoportanti, valutati in funzione della velocità di posa e dell'efficienza energetica. Questi aspetti sono assenti nell'output senza prompt, che si limita alla descrizione superficiale dell'intervento richiesto. In sintesi, l'adozione del Prompt Engineering ha consentito di trasformare un'elencazione approssimativa in un documento tecnico professionale, pronto per essere incluso in una documentazione di progetto o sottoposto a validazione da parte di un ente tecnico o di una stazione appaltante.

Criterio	Relazione Originale (senza Prompt Engineering)	Relazione con Prompt Engineering
1. Struttura del documento	Elenco libero, con lavorazioni mischiate e non categorizzate	Tabella organizzata per fasi, voci distinte e ambiti tecnici chiari.
2. Lessico tecnico	Generico, con termini non sempre coerenti con la prassi edilizia	Terminologia professionale, coerente con capitolati e codici tecnici.
3. Specificità dei materiali	Poche indicazioni sui materiali impiegati.	Ogni materiale è identificato con nome tecnico, vantaggi e compatibilità di posa.
4. Note applicative	Assenti o vaghe	Presenti e dettagliate: indicazioni climatiche, di supporto, di applicazione
5. Adattamento al contesto	Nessuna analisi delle specificità dell'ambiente industriale	Selezione mirata di soluzioni per durabilità, resistenza chimica, posa rapida
6. Fruibilità per capitolato	Richiede riscrittura da parte del tecnico	Pronto per essere incluso in un capitolato tecnico.
7. Finalità d'uso	Elenco descrittivo per uso interno o preliminare.	Documento professionale orientato a gare d'appalto e validazioni progettuali
8. Approccio logico	Reattivo, su base di sollecitazioni vaghe.	Proattivo: l'IA propone soluzioni tecniche con criteri, motivazioni e requisiti di posa

2. Inventario utilizzando il Prompt Engineering

Nel confronto tra i due approcci, emerge una differenza sostanziale di metodo, profondità tecnica e finalizzazione documentale. Il capitolato prodotto senza l'ausilio di Prompt Engineering mostra una descrizione sintetica degli interventi, in parte mutuata da rilievi e sopralluoghi, ma priva di articolazione sistematica. Le lavorazioni vengono elencate in forma discorsiva, senza una netta suddivisione per tipologia di intervento o per struttura interessata, rendendo difficile per il lettore isolare i problemi tecnici specifici e la relativa soluzione progettuale. Manca inoltre un'analisi esplicita dei materiali consigliati e delle note operative, elementi essenziali per la messa in gara o l'affidamento degli appalti. Con l'impiego del Prompt Engineering, invece, il documento si struttura in modo rigorosamente tecnico e operativo. Ogni voce è articolata secondo uno schema preciso: titolo lavorazione, descrizione sintetica del problema, intervento previsto, materiali suggeriti e note operative. Questa scansione non solo migliora la leggibilità, ma consente anche una più agevole integrazione nei fascicoli progettuali e nella documentazione da sottoporre a stazioni appaltanti o organi di vigilanza. Un altro elemento distintivo dell'approccio con prompt è la separazione per tipologie d'intervento (coperture, tamponamenti, impianti, sicurezza, etc.) e per singole strutture del complesso edilizio. Questo consente di attribuire responsabilità operative specifiche e di programmare i lavori secondo una logica per lotti, coerente con le modalità esecutive di cantiere. Inoltre, il documento generato con prompt esplicita le motivazioni tecniche alla base della scelta dei materiali: guaine bituminose per basse temperature, pannelli sandwich per la compatibilità con le chiusure metalliche esistenti, dispositivi anticaduta integrati, portoni industriali zincati e coibentati. Laddove nel testo originale questi aspetti erano appena accennati, nella versione guidata sono trattati come criteri decisionali veri e propri, in linea con la prassi del project management tecnico. Anche le note operative risultano più ricche e pertinenti: vengono specificati vincoli di accessibilità, quote, DPI richiesti, normative di riferimento (come il D.Lgs. 81/08 e la marcatura CE), oltre a modalità di verifica e collaudo (verbale, prove funzionali, classificazione CER per lo smaltimento). Tutti questi elementi concorrono a definire un testo non solo descrittivo, ma realmente operativo e cantierabile. In sintesi, il Prompt Engineering trasforma un testo preliminare in un documento professionale, conforme alle esigenze delle gare d'appalto, delle direzioni lavori e delle verifiche da parte degli enti tecnici.

Criterio	Relazione Originale (senza Prompt Engineering)	Relazione con Prompt Engineering
1. Struttura del documento	Narrazione continua, senza suddivisione sistematica	Schema articolato per: titolo, problema, intervento, materiali, note operative
2. Organizzazione degli interventi	Elenco indistinto, non separato per tipologia o struttura	Suddivisione per tipologia d'intervento (copertura, serramenti, ecc.) e per struttura
3. Chiarezza descrittiva	Linguaggio generico e talvolta ridondante	Terminologia precisa, sintassi tecnica e leggibile
4. Analisi dei materiali	Citati marginalmente o in modo implicito	Specificati con motivazione tecnica e compatibilità edilizia
5. Finalità professionale	Documento descrittivo, utile in fase preliminare	Documento tecnico operativo, pronto per essere allegato a capitolati e gare d'appalto
6. Note operative	Assenti o non sistematiche	Presenti, dettagliate: quote, sicurezza, DPI, marcatura CE, condizioni di posa
7. Adattabilità al cantiere	Richiede rielaborazione tecnica per uso esecutivo	Pronto per cantierizzazione e pianificazione per lotti strutturali
8. Normativa e sicurezza	Cenni generici	Riferimenti chiari a norme (D.Lgs. 81/08), obblighi e modalità di collaudo

3. Redazione del computo Metrico Estimativo

Nella versione senza Prompt Engineering, il computo metrico si presenta come una derivazione diretta e sommaria di un'esigenza progettuale. Le voci riportate si limitano a descrivere alcune macro-lavorazioni (come la sostituzione del portone o il rifacimento di parte muraria), ma mancano completamente una struttura metodica, una codifica standard e un'esposizione uniforme dei dati. Le unità di misura e le quantità sono solo parzialmente indicate e, spesso, assenti sono sia i prezzi unitari sia le motivazioni tecniche che giustifichino la scelta dei materiali o la previsione delle lavorazioni. L'impressione generale è quella di una bozza utile come promemoria interno, ma non pronta per un uso professionale né amministrativo.

Al contrario, il computo redatto con Prompt Engineering presenta una struttura rigorosa, ordinata secondo una logica per lotti lavorativi e codificata con un sistema alfanumerico (es. POR01, POR02, ecc.). Ogni voce include:

- una descrizione tecnica articolata della lavorazione;
- la quantità stimata e l'unità di misura coerente con la tipologia d'intervento;
- note operative specifiche (richiami al D.Lgs. 81/2008, modalità di smaltimento, riferimenti a strumenti e DPI);
- suggerimenti su materiali e attrezzature idonee (con esempi di prodotto e produttori compatibili).

Il computo inoltre distingue tra lavorazioni a corpo ("forfait") e a misura ("mq"), rendendolo immediatamente utilizzabile per la pianificazione economica e tecnica. La granularità e la precisione delle note mostrano come l'adozione del Prompt Engineering abbia abilitato un output non solo più completo, ma anche perfettamente compatibile con iter di appalto, gare, o dialogo con imprese.

Criterio	Relazione Originale (senza Prompt Engineering)	Relazione con Prompt Engineering
1. Struttura e formato	Bozza descrittiva non sistematizzata	Tabella articolata con codici, unità, quantità, prezzi, note tecniche
2. Codifica lavorazioni	Assente	Presente (es. PORo1, PORo2...) per gruppi omogenei di intervento
3. Quantità e unità di misura	Indicate solo in parte, senza criterio uniforme	Sempre presenti, coerenti con tipologia di lavorazione (mq, forfait, n.)
4. Prezzo unitario e totale	Inesistenti o ipotetici	Specificati ove possibile, coerenti con prezzi di riferimento.
5. Descrizione tecnica interventi	Generica e poco dettagliata	Articolata, con fasi operative e obiettivi tecnici ben espressi .
6. Professionalità dell'elaborato	Utile per uso interno o preparatorio	Pronto per uso esecutivo, allegabile a computi ufficiali e capitolati tecnici

4.5

Caso studio Fotoinserimento: Relazione con foto illustrativa per modifiche Antibagno in CILA e SCIA Sanatoria

Localizzazione:

Via Lamarmora 40, Torino

IA utilizzata:

Modello linguistico

ChatGPT-4o

Modello grafico

Adobe Firefly (per la generazione e correzione fotografica realistica)

Descrizione generale del caso

Questo caso studio riguarda un intervento edilizio complesso che ha richiesto la presentazione congiunta di una SCIA (Segnalazione Certificata di Inizio Attività) e una CILA (Comunicazione Inizio Lavori Asseverata) per sanare alcune difformità interne relative alla distribuzione degli spazi.

L'immobile oggetto della pratica presentava una modifica non autorizzata nella creazione dell'antibagno, con conseguente necessità di integrare la documentazione normativa con una rappresentazione coerente dello stato di fatto.

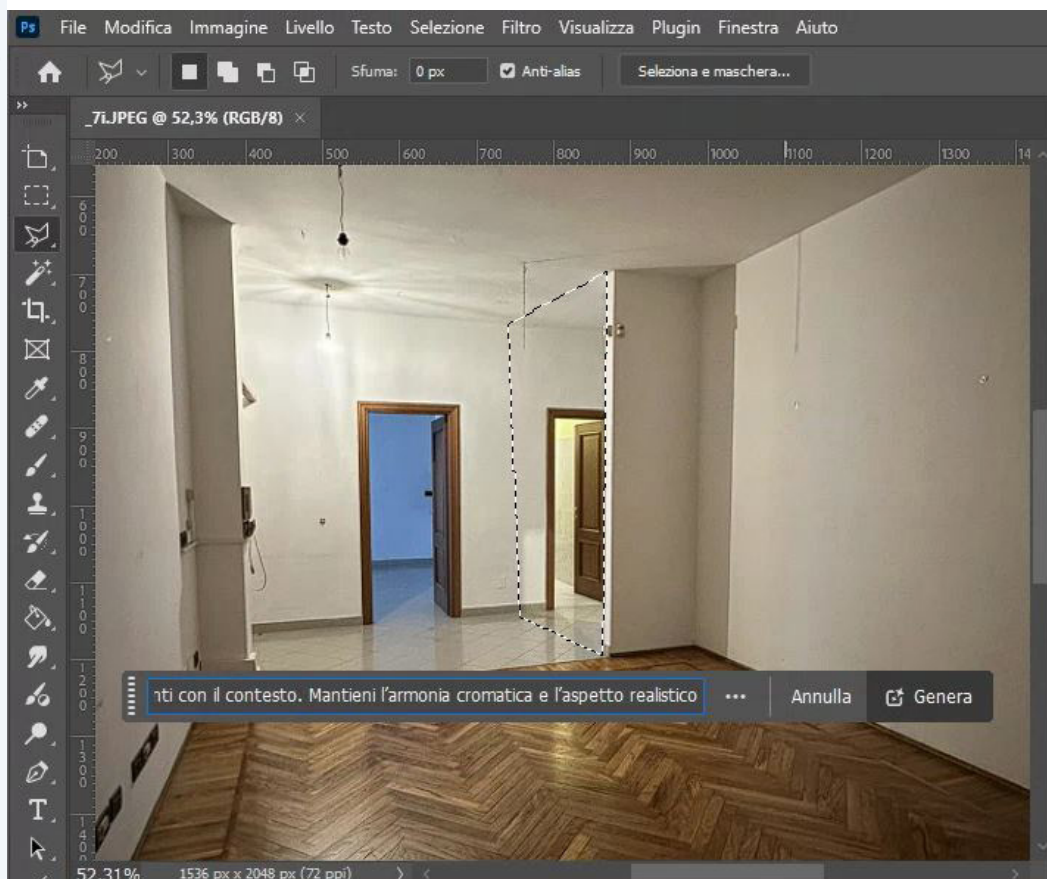
In questo contesto è stata introdotta l'intelligenza artificiale per la correzione fotografica realistica tramite strumenti di IA generativa (in particolare Adobe Firefly integrato in Photoshop). ChatGPT è stato utilizzato per elaborare i prompt visivi da impiegare all'interno di Firefly.



Figura 38 e 39
Rilievo Fotografico dell'immobile



Figura 40
Interfaccia di Photoshop con il modello Firefly integrato, nell'esecuzione del Prompt per le modifiche fotografiche



Input forniti al modello IA

Protocolli e atti preesistenti della pratica edilizia

Descrizione tecnica delle difformità riscontrate

Fotografie dell'ambiente interno, in particolare del disimpegno e dell'antibagno

Prompt visivi per la correzione delle immagini tramite Adobe Firefly (generati con l'ausilio di ChatGPT)

Output previsto sulla Relazione

Serie di fotografie modificate per rappresentare fedelmente lo stato post-intervento proposto

Documento coerente e completo da allegare alla SCIA+CILA

Output ottenuto e valutazioni

Correzione fotografica (Adobe Firefly)

Le immagini sono state realisticamente corrette in circa 45 minuti di lavoro, simulando l'esistenza dell'antibagno in coerenza con la nuova distribuzione interna.

L'intervento si è rivelato molto più veloce e controllato rispetto a una modellazione da zero in software di grafica tridimensionale.

Sono stati necessari solo ritocchi minimi per correggere dettagli incongruenti.

Considerazioni critiche

- Questo caso studio rappresenta un esempio virtuoso di impiego dell'intelligenza artificiale generativa visiva, in cui l'IA è stata usata:
- per ottimizzare tempi e qualità grafica nelle rappresentazioni dello stato di fatto modificato;
- per supportare il tecnico nella comunicazione visiva di modifiche edilizie, in modo conforme alla pratica normativa.

Il punto di forza è stato l'uso dell'IA per la comunicazione visiva tecnica. ChatGPT ha supportato questa fase producendo prompt dettagliati per l'intervento visivo.

Il principale vantaggio è stata la riduzione del tempo di post-produzione, a fronte di un risultato di elevata qualità.

4.5.2

Casi studio Fotoinserimento: Prompt Engineerin per corrette istruzioni su Adobe Firefly

Descrizione Logica del Prompt

Nel caso studio di via Lamarmora, il Prompt Engineering è stato applicato per guidare un modello di intelligenza artificiale generativa – nello specifico Adobe Firefly – nella modifica di un'immagine fotografica allo scopo di rappresentare l'inserimento di un antibagno all'interno del disimpegno esistente, come previsto nel progetto presentato in CILA. L'obiettivo era ottenere una rappresentazione grafica coerente con lo stato di progetto, utile da allegare alla documentazione tecnica senza dover ricorrere a software di modellazione o fotoritocco manuale.

Il prompt è stato formulato a partire da una fotografia reale degli interni, accompagnata da istruzioni testuali dettagliate sulla trasformazione da effettuare: inserimento di un setto divisorio, apertura di una nuova porta e riorganizzazione dello spazio in modo da rendere riconoscibile la presenza dell'antibagno all'interno del disimpegno. Sono stati forniti riferimenti visivi sul tipo di ambiente, materiali esistenti, colori delle superfici e geometria spaziale, per mantenere continuità tra la parte modificata e il resto della scena.

Questo tipo di utilizzo dell'AI visiva richiede un linguaggio descrittivo molto preciso, in grado di guidare il modello nel rispetto della scala architettonica e della coerenza materica. Il Prompt Engineering si è rivelato uno strumento utile per controllare l'output generato, facilitando la produzione di materiale visivo integrabile nei documenti tecnici, in linea con quanto richiesto dagli uffici comunali.

Prompt per la Correzione Fotografica Realistica con IA (Adobe Firefly, Photoshop)

RUOLO

Agisci come un visual designer esperto in architettura, incaricato di correggere una fotografia d'interni con l'ausilio dell'intelligenza artificiale generativa. Il tuo obiettivo è rappresentare uno stato modificato del locale per renderlo conforme alle normative edilizie.

CONTESTO

Devi modificare una fotografia dell'interno bagno di un appartamento a Torino, Via Lamarmora 40. L'immagine mostra un locale igienico privo di antibagno, che deve essere aggiunto digitalmente per rendere visibile la modifica progettuale richiesta dalla normativa igienico-sanitaria.

OBIETTIVO

Correggere l'immagine in modo realistico, simulando:

La chiusura parziale del bagno con una nuova parete

L'inserimento di una porta di accesso

La creazione grafica di un antibagno visivamente coerente con lo stile esistente (piastrelle, illuminazione, proporzioni)

PROMPT VISIVO ESEMPLARE PER IA GENERATIVA

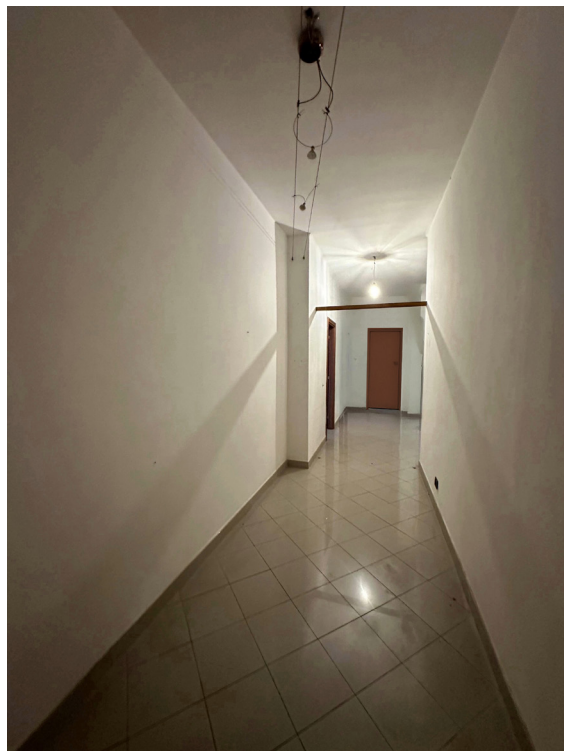
"Aggiungi una parete divisoria in cartongesso chiaro per separare l'ingresso del bagno, crea un antibagno di circa 1,2 metri di profondità, con piastrelle simili al bagno esistente. Inserisci una porta in legno chiaro con vetro satinato al centro della nuova parete. Mantieni l'illuminazione coerente con quella della foto originale e simula il riflesso sul pavimento."

Vincoli e note

- Non alterare gli elementi fissi (sanitari, finestre)
- Non cambiare le luci esistenti
- Non distorcere le proporzioni ambientali

Figura 41-42-43-44

Confronto fotografico tra il rilievo fotografico ed il risultato finale ottenuto con FireFly



Valutazione sul Prompt Engineering per l'IA Generativa

L'utilizzo di ChatGPT per la costruzione dei prompt visivi da impiegare all'interno di Adobe Firefly ha mostrato un valido supporto alla definizione dell'interfaccia uomo-macchina, in particolare nei casi in cui il linguaggio tecnico deve essere tradotto in una richiesta visuale comprensibile per un motore generativo.

Vantaggi principali osservati:

Precisione della richiesta visiva: ChatGPT ha permesso di trasformare descrizioni architettoniche generali in prompt sintetici ma tecnicamente dettagliati, includendo dimensioni, materiali, sorgenti luminose, vincoli e continuità stilistica.

Velocità ed efficienza nella scrittura: l'interfaccia conversazionale ha ridotto notevolmente i tempi di redazione dei comandi, fornendo in pochi secondi una bozza strutturata, poi perfezionata dal tecnico.

Eliminazione di ambiguità semantiche: il modello è in grado di anticipare le possibili interpretazioni errate della richiesta visiva, suggerendo riformulazioni più esplicite e tecnicamente coerenti.

Allineamento lessicale con le esigenze progettuali: i prompt generati sono risultati coerenti con il linguaggio normativo e tecnico tipico delle pratiche edilizie, facilitando l'integrazione tra la rappresentazione visiva e la documentazione regolamentare.

Considerazioni aggiuntive:

L'impiego del modello ha agito anche come "sparring partner" creativo, stimolando il tecnico a chiarire i propri obiettivi rappresentativi e a ragionare sulla resa visiva più efficace in funzione della pratica edilizia. ChatGPT si è rivelato particolarmente utile nella gestione delle eccezioni, ad esempio nel raffinare i prompt per evitare alterazioni indesiderate degli elementi architettonici fissi (sanitari, aperture, proporzioni).

In sintesi, ChatGPT ha amplificato la qualità e la produttività del Prompt Engineering per finalità regolamentari, rendendo la produzione iconografica più rapida, precisa e professionale.

4.6

Caso studio Render materiali: Utilizzo di IA Generativa per soluzioni di finitura progetto

Localizzazione:

Collegno (Torino), nuovo intervento residenziale in contesto suburbano

IA utilizzata:

Modello linguistico

ChatGPT-4o (per assistenza nella costruzione dei prompt visivi testuali e nella descrizione dei materiali)

Modello grafico

Plugin per Blender basato su Stable Diffusion (per la generazione delle immagini/render alternativi)

Descrizione generale del caso

Questo caso studio riguarda un progetto residenziale di nuova costruzione, localizzato a Collegno (TO), in cui l'uso dell'intelligenza artificiale si è concentrato sulla visualizzazione architettonica di interni e sulla scelta dei materiali.

In particolare, l'IA è stata impiegata per generare render fotorealistici alternativi in funzione delle scelte di design, permettendo di valutare l'effetto visivo di finiture, arredi e configurazioni spaziali prima della loro realizzazione.

L'attività si è affiancata al lavoro di progettazione classico, diventando uno strumento di validazione e comunicazione visiva a supporto delle decisioni progettuali.

Input forniti al modello IA

Planimetrie con distribuzione interna e indicazioni dimensionali

Fotografie ispirazionali (moodboard di materiali e stili)

Descrizioni testuali dettagliate degli ambienti (uso, esposizione, materiali desiderati)

Specifiche per finiture e arredi: parquet, ceramiche, serramenti, stile

Output previsto sulla Relazione

Serie di render alternativi per ambienti interni (zona giorno, camera da letto, bagno)

Visualizzazioni comparate di materiali (es. legno chiaro vs grès porcellanato)

Descrizione tecnica e narrativa dei vantaggi estetici/funzionali delle diverse soluzioni

Risultati ottenuti e valutazione dell'efficacia**Qualità dei render**

Le immagini prodotte con il plugin di Blender (basato su Stable Diffusion) si sono dimostrate altamente suggestive e dettagliate, con un notevole impatto comunicativo.

Sebbene generate a partire da descrizioni testuali e immagini di riferimento, mancavano in parte di coerenza con le reali proporzioni architettoniche, non essendo vincolate a modelli CAD/BIM.

Utilità nel processo decisionale

L'uso dei render IA ha facilitato il dialogo tra progettista e committente, accelerando le scelte di materiali e layout.

Sono stati individuati schemi cromatici e combinazioni materiche che hanno poi influenzato le scelte definitive.

Limiti osservati

Le immagini non rispettavano sempre le proporzioni architettoniche esatte (es. altezze soffitto, aperture, volumetrie).

Le texture venivano simulate ma non codificate in modo compatibile con un modello esecutivo.

Considerazioni critiche

Questo caso evidenzia come l'intelligenza artificiale generativa possa diventare un amplificatore creativo e comunicativo, soprattutto nelle fasi preliminari o di concept design. Il suo punto di forza è la velocità con cui può produrre immagini convincenti e la capacità di tradurre linguaggio verbale o ispirazioni visive in rappresentazione grafica coerente.

Tuttavia, resta chiaro che:

Non sostituisce i software CAD/BIM per la progettazione esecutiva;

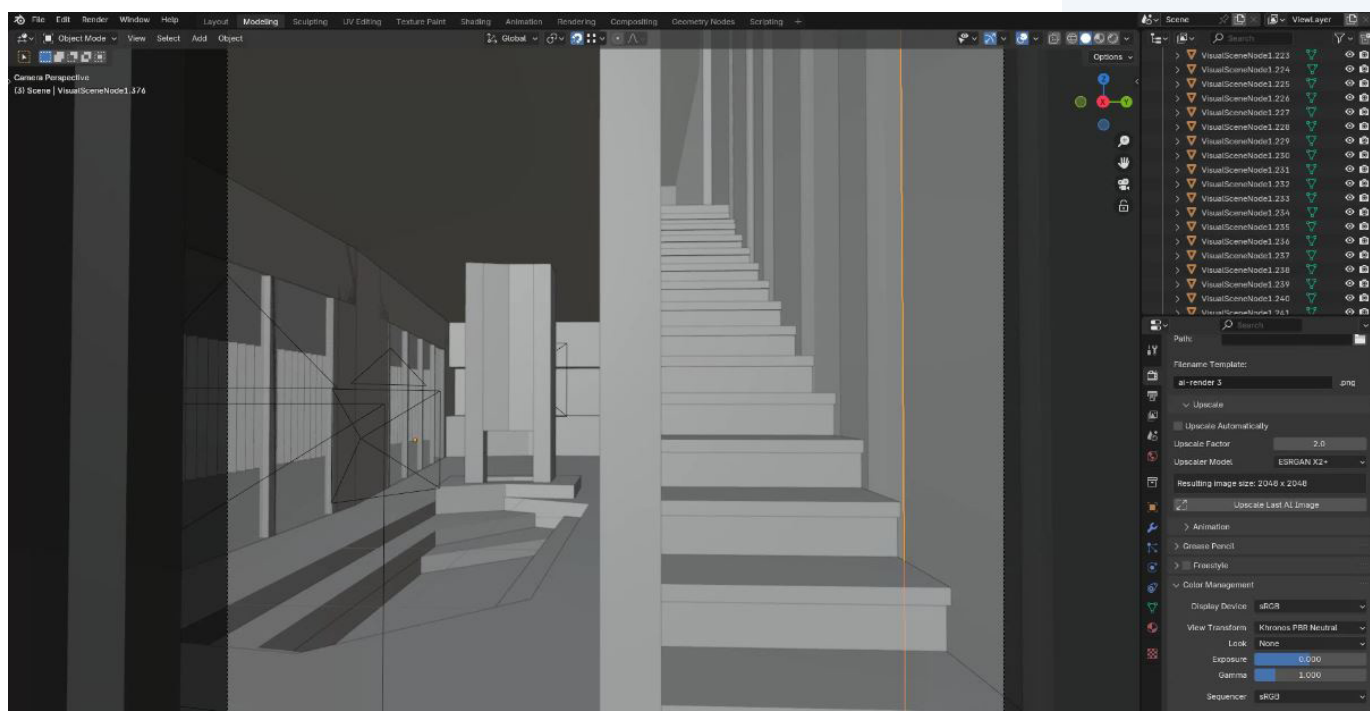
Deve essere guidata da prompt costruiti con accuratezza tecnica;

Funziona meglio se usata per esplorare stili e suggestioni, non per rappresentare dettagli tecnici costruttivi.

Figura 45
Tavola di Progetto per la presentazione finale al cliente



Figura 46
Interfaccia di Blender con il Plugin basato su Stable Diffusione per IA Generativa



4.6.2

Casi studio Render con IA Generativa: Prompt Engineerin per corrette istruzioni su Adobe Firefly

Descrizione Logica del Prompt

Nel caso studio di Collegno, il Prompt Engineering è stato utilizzato per guidare la generazione di render di ambienti interni e varianti materiche tramite l'integrazione di Stable Diffusion all'interno del software Blender. L'obiettivo era testare un flusso operativo ibrido, in cui l'intelligenza artificiale potesse supportare la fase di rappresentazione visiva del progetto, a partire da una base tridimensionale modellata in ambiente BIM.

I prompt sono stati costruiti partendo da inquadrature renderizzate in bassa qualità, utilizzate come base visiva per la generazione di immagini fotorealistiche. Ogni prompt includeva descrizioni testuali dettagliate relative all'atmosfera desiderata, alla destinazione d'uso degli spazi (es. zona living, cucina, disimpegno), e ai materiali da rappresentare (es. pavimentazioni in resina, intonaci grezzi, legno chiaro). Sono stati inoltre inseriti riferimenti alla tipologia di luce naturale, alla coerenza cromatica e alla resa delle ombre, per mantenere una continuità percettiva con il concept progettuale.

Uno degli aspetti più importanti è stata la graduale calibrazione del prompt, attraverso prove iterative e affinamenti lessicali, per migliorare la precisione nella restituzione materica e geometrica. Il modello, infatti, tende a semplificare o reinterpretare gli elementi architettonici se non guidato con un linguaggio tecnico mirato. Per questo motivo, sono stati inclusi vincoli espliciti su proporzioni, finiture e composizione della scena.

Questo approccio ha permesso di valutare l'effettiva applicabilità dell'AI generativa nei flussi di lavoro progettuali, non come sostituto dei render tradizionali, ma come strumento per esplorare rapidamente varianti visive coerenti, utili sia nella fase di confronto interno con il cliente sia nella preparazione di elaborati grafici a supporto della comunicazione del progetto.

Metodologia consigliata per il Prompt Engineering del caso studio

Nel contesto della progettazione architettonica assistita da IA, l'impiego di modelli generativi tramite plugin su Blender (basati su Stable Diffusion) richiede una strutturazione precisa dei comandi per ottenere risultati coerenti, funzionali e tecnicamente rilevanti. In particolare, quando l'obiettivo non è la generazione di ambienti decorati, ma la visualizzazione di finiture materiche reali, è necessario applicare un'efficace strategia di prompt engineering.

Il Prompt Engineering, in questo caso, serve a:

- controllare l'output visivo, riducendo l'ambiguità del modello generativo;
- escludere elementi non richiesti (come arredi e decorazioni);
- guidare la resa materica verso qualità tecniche rilevanti (texture, lucentezza, giunti, variazioni tonali);
- standardizzare il formato dell'immagine per confronto e presentazione.

La formulazione dei prompt è quindi strutturata per:

- descrivere con precisione il materiale, la posa, l'illuminazione e la condizione superficiale;
- includere istruzioni chiare per l'esclusione di elementi non desiderati;
- fornire una base coerente per comparazioni di soluzioni progettuali o per il supporto alla documentazione edilizia.

Esempi di Prompt (formulati per Stable Diffusion via plugin Blender)

Parete in Cemento Spatolato con Illuminazione Naturale

"Interior wall finished with polished concrete, soft variations in texture, illuminated by natural light from a side window. No furniture or decorative elements. Emphasize surface material."

Pavimento in Rovere Naturale a Spina di Pesce

"Herringbone pattern oak flooring, warm tone and visible grain, daylight illumination, empty room, focus on floor texture."

Rivestimento Murale in Mattoni a Vista Verniciati di Bianco

"White-painted exposed brick wall, matte surface with texture details, ambient lighting, no furniture, emphasis on wall surface."

Pavimento in Grès Porcellanato Effetto Pietra

"Stone-effect porcelain tile floor, natural color variation, soft lighting from above, no furniture, focus on realistic material texture."

Parete con Intonaco a Calce Naturale

"Interior wall with lime plaster finish, smooth yet lightly textured, warm ambient light, empty space, highlight surface quality."

Combinazione: Parete in Cemento + Pavimento in Legno

"Corner space showing polished concrete wall meeting oak wood floor, soft natural light casting shadows on textures, no objects or furniture."

Parete con Pannelli in Legno Verticali

"Vertical wooden wall panels, rich texture and natural tone, diffused lighting, no furniture, detailed material focus."

Pavimento in Microcemento con Finitura Opaca

"Matte microcement floor, seamless and slightly varied in tone, natural lighting enhances material texture, empty interior."

Parete in Pietra Naturale con Illuminazione Radente

"Natural stone interior wall, irregular surface with visible grains, side lighting casting shadows to emphasize depth and texture."

Combinazione: Mattoni + Cemento

"Interior space combining exposed brick wall with polished concrete floor, contrasting textures, soft daylight, no additional elements."

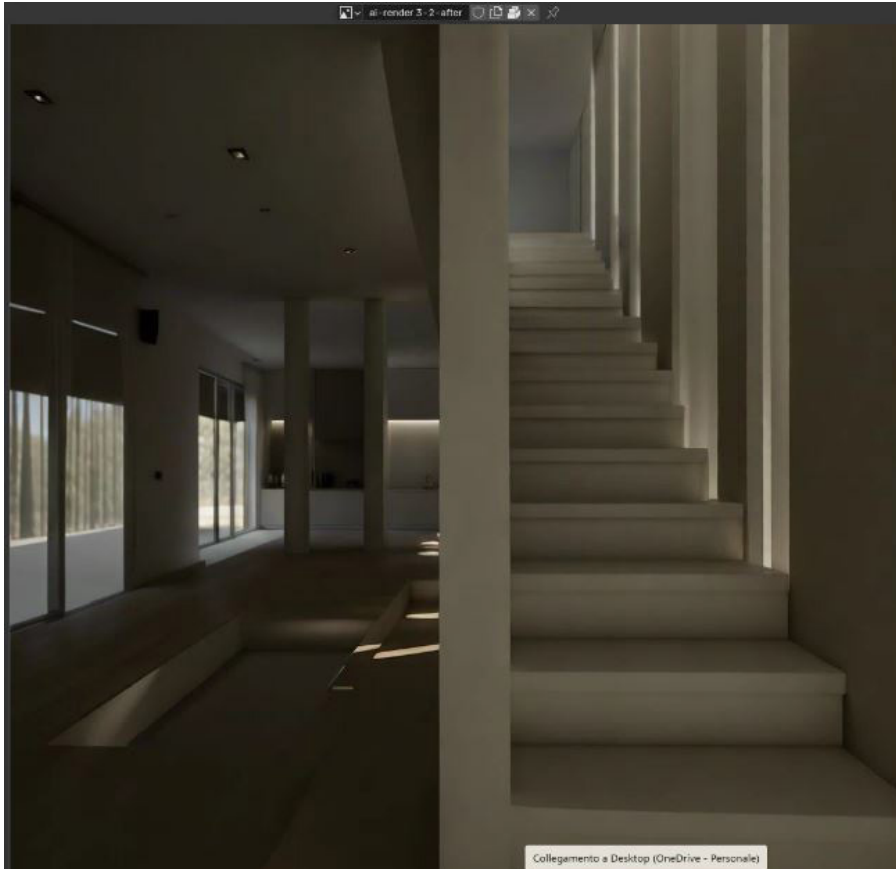


Figura 47

Output finale ottenuto con il Prompt configurato su ChatGPT. L'esecuzione del Render finale con la possibilità di visualizzare diversi Layout ha comportato una spesa in ordine temporale di 15 minuti per ottenere tre diversi stili di finitura

Considerazione sul Prompt Engineerin per l'IA generative

Vantaggi principali osservati:

Interfaccia più naturale per dialogare con l'IA generativa: ChatGPT ha permesso di tradurre la terminologia architettonica in istruzioni chiare per il modello, risolvendo il divario linguistico tra progettista e generatore visivo.

Strutturazione modulare dei prompt: il modello ha suggerito formati ripetibili e scalabili (es. "materiale + illuminazione + stato superficiale + assenza elementi"), utili per costruire set coerenti di immagini comparabili.

Semplificazione nella definizione di vincoli visivi: la rimozione di arredi, la neutralità ambientale e il controllo dell'illuminazione sono stati integrati sistematicamente nei prompt, minimizzando la necessità di rigenerazioni.

Accelerazione del processo di esplorazione progettuale: invece di scrivere manualmente decine di richieste per materiali differenti, è stato possibile generare prompt differenziati in batch, con notevole risparmio di tempo.

Considerazioni aggiuntive:

La possibilità di riutilizzare schemi descrittivi comuni ha migliorato la qualità della documentazione grafica in fase di presentazione.

Inoltre, la collaborazione tra progettista e IA testuale ha favorito una riflessione più profonda sulla resa materica, portando a prompt più raffinati e aderenti alla sensibilità estetica del progetto.

4.7

La Politica degli Archivi

Nel lavoro con l'intelligenza artificiale, ciò che sta emergendo con sempre maggiore evidenza è la centralità degli archivi. Non semplici raccolte passive di documenti, ma veri e propri ecosistemi informativi su cui l'IA può esercitare il proprio potenziale, ampliando le capacità analitiche e interpretative dei dati a disposizione. La qualità delle soluzioni generate da un modello dipende in larga parte dalla consistenza e dalla coerenza del patrimonio informativo su cui esso si fonda.

Questo pone una questione di natura etica e strategica per il tecnico contemporaneo: quale ruolo intende assumere rispetto alla gestione degli archivi? Vuole farsi garante di una politica personale e consapevole degli archivi, curando le fonti e definendo i criteri di raccolta, oppure preferisce delegare tale responsabilità a terze parti o strumenti automatizzati? In questa dinamica, la figura del Data Scientist si fa sempre più rilevante, perché non solo elabora strategie efficienti di gestione dell'archivio, ma diventa anche garante dell'interpretazione dei dati in funzione degli obiettivi di progetto.

Nel mio caso, la costruzione di una politica degli archivi avviene per macro-aree operative, in funzione delle esigenze quotidiane. Per esempio, per ogni nuovo Comune in cui viene avviata una pratica edilizia, creo e aggiorno un archivio normativo dedicato: scarico il regolamento edilizio vigente e lo integro nella banca dati personale. Questo consente una consultazione rapida e contestualizzata, utile anche per verificare eventuali aggiornamenti nel tempo.

Un secondo archivio riguarda le licenze edilizie e gli atti pubblici. Non solo sono strumenti indispensabili per la corretta esecuzione delle pratiche, ma offrono anche un'interessante prospettiva commerciale: conoscere la storia autorizzativa di un immobile consente di stabilire connessioni con altri edifici, clienti o committenti. Formalmente, questo archivio esiste già nei database comunali, ma spesso risulta frammentato o di difficile accesso, a meno di richieste specifiche o appuntamenti in presenza. La digitalizzazione, quando presente, non è sempre strutturata per l'integrazione con altri archivi tematici.

Il terzo archivio che curo riguarda la documentazione fotografica. In questo ambito, è essenziale non perdere i metadati delle immagini, perché rappresentano una fonte preziosa

per la ricostruzione dello stato di fatto di un immobile nel tempo. La dimensione storica del manufatto, infatti, dipende anche dalla capacità di preservare una memoria visiva coerente e cronologicamente verificabile.

Infine, l'archivio più complesso è quello delle pratiche edilizie, che raccolgono una mole ingente di dati distribuiti su più livelli: normativo, progettuale, grafico, amministrativo. La difficoltà principale risiede nell'analizzare criticamente tali dati per estrarne informazioni essenziali. In questa direzione, una delle opportunità offerte dal tempo risparmiato attraverso l'automazione dei flussi di lavoro è proprio la possibilità di rileggere, con metodi computazionali, i dati già in nostro possesso. L'analisi potrebbe essere integrata da modelli esterni, come quelli proposti da ISTAT, per raffrontare gli andamenti delle pratiche edilizie e le loro caratteristiche strutturali.

4.8

Analisi Critica

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nel lavoro tecnico è stata valutata attraverso una serie di casi studio concreti e rappresentativi della prassi edilizia: sanatorie, relazioni di impatto visivo, analisi di degrado, calcoli di superficie utile lorda, manutenzione industriale e redazione di computi metrici. In ognuno di questi contesti, l'adozione del Prompt Engineering ha portato a un risultato complessivamente soddisfacente, sia in termini di supporto operativo sia in termini di qualità finale dei documenti prodotti.

L'effetto più evidente e apprezzato è stato quello sulla redazione delle relazioni tecniche. La costruzione mirata dei prompt ha permesso di ottenere testi ben strutturati, formalmente corretti e semanticamente coerenti con le esigenze professionali. Dove prima il lavoro richiedeva numerose ore di sintesi tra normative, rilievi, fotografie e dati disomogenei, oggi è possibile generare una prima bozza tecnicamente centrata, che riduce drasticamente i tempi di impostazione e permette al professionista di concentrarsi sulla rifinitura qualitativa. La chiarezza espositiva, la coerenza terminologica, l'uso di riferimenti normativi puntuali e l'impostazione logica sono miglioramenti che si ripercuotono positivamente sia sull'efficienza del workflow, sia sulla leggibilità degli elaborati per enti e committenti. L'intervento umano resta sempre fondamentale, soprattutto per integrare elementi come copertine, impaginazione, immagini, o per validare quanto prodotto, ma l'IA ha dimostrato di sapersi integrare nel processo senza ostacolarlo.

Una nota più cauta va riservata al tema dei computi metrici estimativi. Sebbene l'IA sia stata in grado di restituire schemi coerenti, con voci articolate e strutturate per codice, quantità, unità di misura e prezzo, la precisione quantitativa non è ancora garantita. Le lacune emergono soprattutto nella stima dei valori numerici, nella selezione dei codici del prezzario regionale e nella gestione di casi complessi (es. lavorazioni a corpo o interferenze di cantiere). Tuttavia, l'approccio mostra potenzialità: se unito all'analisi fotografica o al rilievo geometrico, può diventare uno strumento previsionale molto utile, capace di fornire un punto di partenza credibile per la computazione.

Un ambito di grande interesse emerso nel corso del lavoro riguarda l'uso dell'IA generativa per la produzione di render e immagini sintetiche, in particolare nell'ambito della progettazione residenziale e nella visualizzazione delle finiture. Se correttamente integrati nel flusso operativo, questi strumenti consentono una notevole accelerazione nella produzione di materiale visivo, spesso richiesto in tempi strettissimi per motivi commerciali o comunicativi. Si tratta di una fase progettuale che, pur risultando talvolta sottovalutata

dal committente, ha un impatto strategico fondamentale nelle scelte finali, perché traduce l'idea in una rappresentazione tangibile e comprensibile.

Grazie a modelli come Adobe Firefly, DALL-E o Stable Diffusion, è stato possibile produrre immagini e simulazioni di medio livello qualitativo con un rapporto tempo/risultato estremamente vantaggioso. Questo non solo ha permesso di risparmiare tempo prezioso nelle prime fasi di progettazione, ma ha anche fornito al tecnico una base comunicativa efficace per dialogare con il cliente e testare rapidamente l'effetto di scelte materiche, cromatiche o compositive.

L'aspetto forse più rilevante emerso da tutto il lavoro è che l'intelligenza artificiale, se guidata con competenza attraverso prompt precisi, non sostituisce il tecnico ma lo supporta in uno dei compiti più delicati: quello di gestire, organizzare e restituire in forma leggibile e presentabile un'enorme quantità di informazioni eterogenee. La mole di dati che ogni progettista si trova a elaborare quotidianamente – rilievi, stratigrafie, documentazione fotografica, norme, computi – rischia di compromettere la qualità finale, quando mancano tempo e risorse.

L'adozione del Prompt Engineering, invece, consente di filtrare, ordinare e convertire questi input in una base di lavoro coerente, alleggerendo la pressione decisionale e lasciando al tecnico lo spazio per esprimere la propria competenza e responsabilità nei passaggi chiave. Nel complesso, l'obiettivo di alleggerire il workflow del tecnico è stato pienamente centrato: l'intelligenza artificiale ha svolto il ruolo di assistente operativo efficace, capace di organizzare contenuti complessi, generare bozze articolate e rispondere in modo adattivo ai diversi ambiti della progettazione. La combinazione tra strumenti generativi, prompt ben progettati e supervisione tecnica ha portato a un miglioramento sensibile della qualità finale dei documenti, valorizzando il tempo, le risorse e la capacità decisionale del progettista.

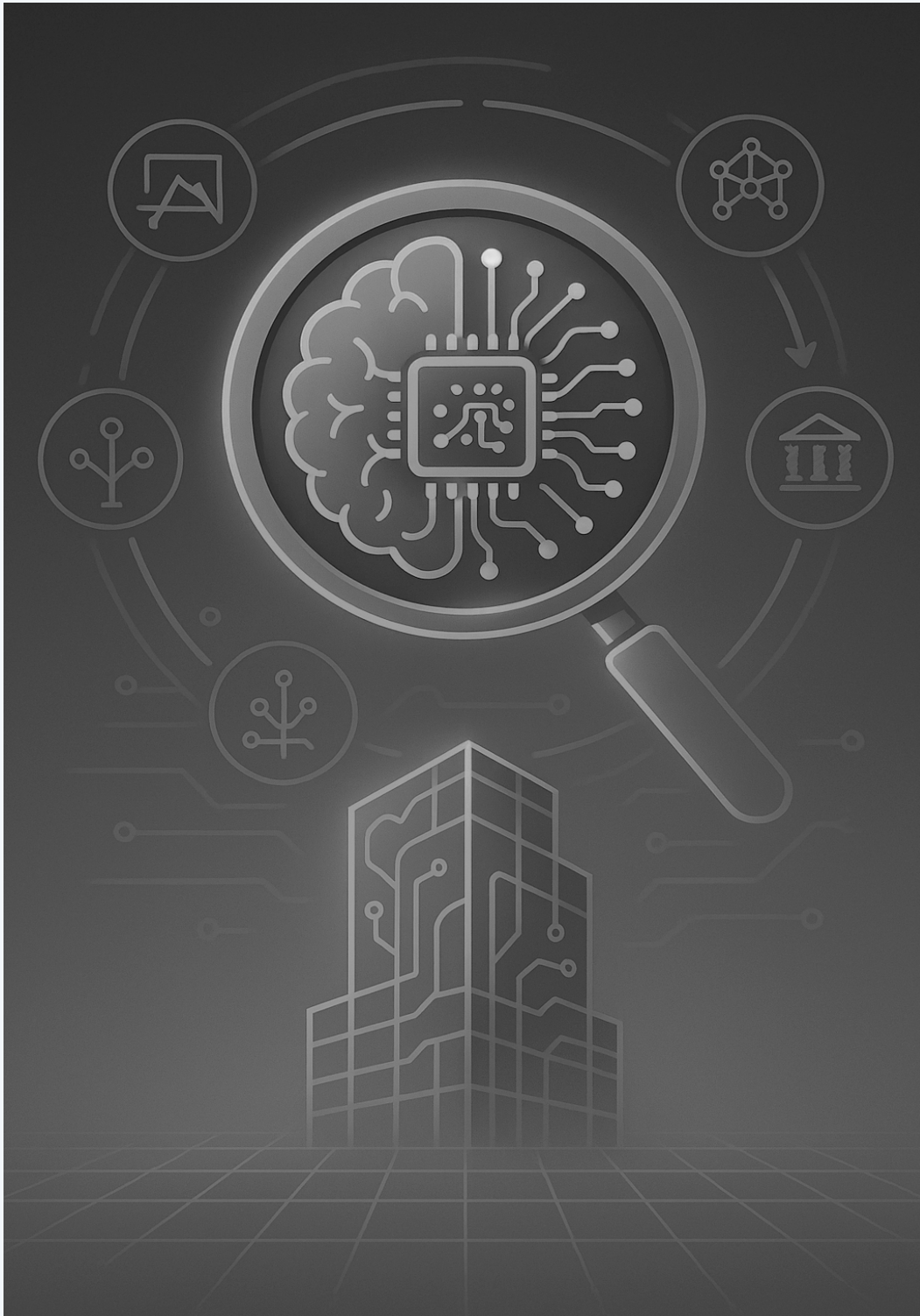
In conclusione, credo che l'IA non stia trasformando direttamente il "fare architettura", ma stia modificando profondamente il rapporto che abbiamo con i dati. Così come i social network hanno rivelato i nostri gusti e le nostre abitudini attraverso la condivisione, oggi l'IA riflette i nostri metodi lavorativi, la nostra produttività e anche le nostre lacune. Questo ci impone una riflessione profonda su ciò che intendiamo condividere con queste tecnologie e su quanto vogliamo che esse apprendano dal nostro lavoro. L'archivio, in tal senso, non è solo un contenitore di dati, ma un riflesso della nostra identità professionale.



Figura 48-49
 Sperimentazione su Blender di IA
 Generativa con richiesta di inserimento
 di arredi, non presentate al cliente.

5 Capitolo

Prospettive Operative



5.1

Riflessione Critica e Prospettive Operative

L'uso dei modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM) all'interno della mia attività professionale ha portato a un sensibile aumento dell'efficienza nella produzione di elaborati e nella gestione delle richieste tecniche quotidiane. Questo sviluppo ha avuto ricadute dirette: tempi ridotti, maggiore precisione, facilità di adattamento a contesti normativi differenti. Ma al di là dei vantaggi operativi immediati, ciò che emerge è una nuova configurazione del lavoro progettuale, più reattiva, più leggera sul piano esecutivo, e più aperta alla sperimentazione.

L'interazione con modelli generativi ha permesso di affrontare compiti ripetitivi o analitici con minor impegno cognitivo, liberando tempo e risorse per attività di controllo, verifica e raffinamento. Il progettista, in questo contesto, non perde centralità: acquista capacità di gestione, orchestrazione e sintesi, diventando il nodo critico di un ecosistema computazionale distribuito.

I casi studio presentati nel corso di questa tesi mostrano concretamente come l'adozione dell'IA generativa — attraverso prompt testuali mirati — consenta di velocizzare la redazione di relazioni tecniche, simulare trasformazioni edilizie, analizzare vincoli, o migliorare la rappresentazione grafica degli interventi. Tutto questo avviene senza abbandonare la supervisione umana, ma anzi rafforzandone il ruolo: è proprio la scrittura dei prompt a determinare la qualità e l'utilità degli output generati.

Nel mio lavoro quotidiano, questo significa passare da un modello operativo sequenziale a uno iterativo: provo, correggo, rigenero, confronto. L'elaborato diventa il risultato di una negoziazione continua tra il mio intento progettuale e le risposte del modello. Non si tratta di automatizzare il progetto, ma di amplificare la capacità di risposta alle sue variabili.

L'adozione quotidiana dei modelli linguistici ha ridefinito non solo il modo di produrre contenuti tecnici, ma anche la postura progettuale necessaria a interfacciarsi con essi. Il Prompt Engineering è diventato uno strumento operativo fondamentale, perché consente di tradurre un'esigenza professionale in un linguaggio leggibile e attivabile dalla macchina. Formulare un buon prompt equivale a costruire un micro-dispositivo logico: ogni istruzione scritta è una parte del progetto, ogni risultato generato è una proposta da valutare, rifinire, oppure scartare.

In questo processo, l'efficacia non deriva dalla complessità dell'input, ma dalla chiarezza dell'intento progettuale. Un prompt ben costruito è spesso semplice, ma preciso. Come dimostrano i casi studio, la qualità dell'output migliora quando la richiesta è calibrata

sulle condizioni reali della pratica: destinazioni d'uso, dati catastali, vincoli paesaggistici, destinazioni normative. L'abilità consiste nel sapere costruire una sequenza di istruzioni progressiva, capace di generare un contenuto utile in tempi brevi e con un livello di coerenza sufficiente per essere poi rifinito o inserito nella documentazione ufficiale.

Parallelamente, è cresciuta l'attenzione verso la qualità e l'accessibilità delle fonti. L'efficacia dell'output generato non può essere valutata senza considerare su quali dati si fonda. In ambito tecnico, normative locali, regolamenti urbanistici, casi precedenti e banche dati specialistiche rappresentano il tessuto informativo da cui l'IA può trarre senso. Per questo motivo, ho dedicato attenzione alla costruzione di archivi strutturati, alla raccolta e alla pulizia dei metadati, alla catalogazione semantica di pratiche edilizie pregresse.

Questa gestione consapevole dei dati non ha un valore solo funzionale, ma anche strategico. Significa costruire un ambiente di lavoro in cui il supporto dell'IA non è casuale né generico, ma contestualizzato e continuamente aggiornato. L'archivio non è più un deposito statico, ma una componente attiva dell'intelligenza progettuale. Lavorare bene con i modelli linguistici richiede, oggi più che mai, una comprensione approfondita dei materiali che nutrono la macchina.

Infine, questo nuovo assetto operativo ha avuto ricadute anche sul piano della formazione e dell'apprendimento. L'uso quotidiano degli LLM ha generato un sapere ibrido, che unisce nozioni normative, competenze linguistiche, logiche procedurali e intuizioni spaziali. L'ambiente di lavoro è diventato un laboratorio didattico permanente, in cui ogni conversazione con la macchina è anche un'occasione di riflessione, apprendimento e aggiornamento.

Il pensiero di Mario Carpo: dal digitale al post-digitale

Lettura centrale nel percorso di riflessione che accompagna questo lavoro è il contributo teorico di Mario Carpo, soprattutto nei capitoli 3.2, 4 e nell'epilogo del volume *Beyond Digital*. L'autore ricostruisce la storia del rapporto tra architettura e tecnologie digitali, evidenziando come esso sia nato da una sovrapposizione parziale e ambigua tra i mondi della progettazione e dell'informatica.

Nel capitolo 3.2, Carpo mostra come i primi usi del computer in campo progettuale non siano stati guidati dagli architetti, ma da ingegneri e scienziati informatici. L'ingresso dell'architettura nel digitale avviene solo a partire dagli anni '90, e non attraverso la cibernetica o l'IA teorica, ma attraverso strumenti grafici e modellazione 3D. È in questo contesto che si sviluppa la cosiddetta prima svolta digitale, con forme parametriche e flessibili, legate a una visione fluida della geometria e alla libertà espressiva della superficie continua. Greg Lynn, Deleuze e il concetto di "fold" diventano riferimenti chiave per una generazione di progettisti che vede nel digitale uno spazio per l'invenzione formale (Cfr. Cap. 1.1-1.2 di questa Tesi).

Ma è nel capitolo 4 che Carpo evidenzia una svolta più recente: il passaggio da un digitale fluido a uno modulare e discreto. In questa seconda fase, l'automazione computazionale si manifesta sotto forma di chunkiness: un'estetica e una logica costruttiva fondata su moduli, blocchi, frammenti combinabili. Il progettista, in questo scenario, non lavora più sulle forme in sé, ma sulle regole che ne determinano l'aggregazione. L'architettura si fa algoritmo, la progettazione diventa scripting. L'estetica dominante non è più quella della sinuosità, ma quella del montaggio, della rottura visiva, della provocazione geometrica calcolata. Carpo associa questa logica computazionale a genealogie storiche che vanno da Zeusi a Le Corbusier, sottolineando come la modularità non sia una novità, ma assuma oggi un senso nuovo in quanto attivata da automazione flessibile e personalizzazione su scala locale.

È nell'epilogo che il pensiero di Carpo assume un taglio programmatico. Il concetto di "post-digitale" non viene inteso come un rifiuto nostalgico del digitale, ma come una revisione critica dall'interno. Dopo anni di fascinazione per la libertà formale garantita dalla modellazione digitale, emerge l'esigenza di un uso più consapevole e contestualizzato degli strumenti computazionali. Carpo propone una vera e propria "agenda post-digitale" fondata su quattro principi:

- automazione flessibile e decentralizzata
- produzione artigianale automatizzata (non seriale)
- sostenibilità informativa, contrapposta al trasporto fisico
- customizzazione intelligente, orientata ai bisogni locali

Per spiegare questa visione, l'autore introduce la metafora del pomodoro: il prodotto industriale, perfettamente standardizzato, è opposto al pomodoro reale, irregolare, variabile, raccolto da una macchina capace di adattarsi alla sua forma. Qui la tecnologia non

impone un modello unico, ma si adatta alla complessità del mondo reale. È l'intelligenza artificiale, dotata di sensori e sistemi di calcolo, che deve modificarsi per comprendere e gestire la variabilità, non viceversa.

Questa visione valorizza una produzione a misura d'ambiente e di comunità, fondata su microfabbriche locali, artigiani digitali, archivi leggeri e tecnologie interoperabili. Il progettista non è sostituito, ma potenziato: diventa un regista di processi intelligenti, capace di scrivere le regole che attivano e governano l'automazione.

In sintesi, il pensiero di Carpo offre una lettura stratificata e critica della transizione digitale, che mette in discussione tanto l'ideologia della forma libera quanto la retorica dell'iper-efficienza. Il suo appello, implicito ma forte, è quello di abitare consapevolmente l'automazione, riconoscendone i limiti, ma anche le potenzialità per una progettazione più responsabile, locale, e sostenibile.

Il pensiero di Zvonko Luković: il progettista come curatore di conoscenza condivisa

A differenza di Mario Carpo, che legge il digitale come un sistema produttivo ed estetico in evoluzione, Zvonko Luković concentra la propria riflessione sul ruolo epistemico e sociale dell'architetto nell'era dell'automazione. Per Luković, l'architetto non è né un semplice tecnico né un artista, ma un curatore di conoscenza collettiva: un professionista che gestisce, interpreta e rende operativa una rete complessa di informazioni, esperienze e saperi distribuiti.

Nel volume *The Future of the Architect*, Luković individua un punto di crisi ma anche di opportunità: il progettista è travolto da una crescente mole di dati, di richieste normative, di esigenze ambientali, ma allo stesso tempo può oggi contare su strumenti intelligenti che lo assistono nella rielaborazione di questa complessità. La sua proposta è chiara: non bisogna resistere all'IA, ma integrarla in un processo riflessivo, dove l'output generato diventa l'occasione per rilanciare nuove domande progettuali.

Luković insiste su una nozione molto fertile per questa tesi: quella di *design knowledge ecosystem*. L'ambiente progettuale viene descritto come un sistema in cui dati storici, norme urbanistiche, cataloghi tipologici e vincoli materiali co-esistono in forma digitale, e possono essere messi in relazione tra loro grazie all'intervento di modelli computazionali. Tuttavia, non è il modello a fare il progetto: è il progettista che, attraverso la propria sensibilità, orchestra questa rete semantica, riconoscendo ciò che è pertinente, utile, significativo.

Questa figura — il progettista-curatore — richiede un nuovo tipo di alfabetizzazione: non tanto (o non solo) nel senso tecnico, ma nel senso critico e semantico. Serve saper leggere le logiche della macchina, ma anche saperle disinnescare quando producono automatismi non allineati con le esigenze del contesto. L'atto progettuale, per Luković, si trasforma in un processo continuo di negoziazione tra sapere umano e sapere computazionale.

Interessante è anche il modo in cui Luković ridimensiona la centralità dell'estetica. In un contesto dominato da flussi informativi e processi automatizzati, la forma non è più il fine,

ma una emergenza temporanea di un equilibrio tra vincoli e possibilità. Il progettista non impone una visione dall'alto, ma abilita un campo di possibilità attraverso cui la forma può emergere in modo responsivo.

Nella prospettiva di Luković, il progettista non perde valore, ma cambia pelle. Non è più autore unico di una visione, ma facilitatore di relazioni intelligenti tra materiali, vincoli, richieste e dati. L'intelligenza artificiale non è un antagonista, ma un interlocutore potente — a patto che il progettista sappia esercitare il proprio ruolo con lucidità, spirito critico e senso di responsabilità.

Intelligenza artificiale e trasformazione epistemica del sapere architettonico

Il terzo asse teorico che si affianca alle visioni di Carpo e Luković affronta un nodo centrale: il rapporto tra sapere professionale e automazione. Si mette in evidenza come l'introduzione dell'intelligenza artificiale stia progressivamente riconfigurando non solo gli strumenti operativi, ma anche il significato stesso della competenza architettonica. La domanda implicita è radicale: cosa resta del sapere dell'architetto quando una parte consistente delle sue conoscenze può essere recuperata in pochi secondi da un sistema computazionale?

Storicamente, la disciplina architettonica si è fondata su una combinazione di formazione formale, esperienza sul campo e capacità riflessiva. Come ha descritto Donald Schön, il progettista è un "practitioner" che riflette nel fare: la sua conoscenza non è solo teorica, ma anche tacita, situata, maturata nel tempo¹. In questo senso, l'architettura è stata per secoli un sapere "chiuso", custodito da una comunità ristretta di esperti.

Con l'avvento dell'IA, questo modello è in trasformazione. La conoscenza non è più esclusiva, ma distribuita, replicabile e interrogabile. Algoritmi e modelli linguistici sono oggi in grado di fornire risposte normative, verifiche documentali, spiegazioni progettuali a chiunque possieda le competenze minime per formularle. L'architetto, in questo scenario, non perde necessariamente autorità, ma ne ridefinisce la natura: da depositario a curatore, da autore isolato a nodo cognitivo in una rete informativa.

Phil Bernstein analizza bene la distinzione tra ciò che può essere automatizzato — calcoli, verifiche, analisi ambientali, documentazione — e ciò che resta ineliminabile dall'esperienza umana: l'intuizione progettuale, la capacità di trattare problemi complessi e indeterminati, la sensibilità per il contesto culturale e simbolico. Sono i cosiddetti wicked problems di Horst Rittel : problemi senza una soluzione univoca, in cui l'esperienza e il giudizio sono insostituibili².

Tuttavia, proprio per affrontare questi spazi di complessità, l'architetto di domani avrà sempre più bisogno del supporto dell'IA come sistema di orientamento e analisi, non

¹ Donald A. Schön, *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, New York: Basic Books, 1983. Il testo introduce il concetto di "knowing-in-action" e di "reflection-in-action" per descrivere il sapere tacito e adattivo che guida i professionisti — tra cui l'architetto — nella risoluzione di problemi complessi e non standardizzabili.

² Horst W. J. Rittel e Melvin M. Webber *Dilemmas in a General Theory of Planning*, Policy Sciences, Vol. 4, pp. 155–169 <https://doi.org/10.1007/BF01405730>

come delega progettuale, ma come alleato cognitivo. In quest'ottica, diventa centrale un nuovo tipo di infrastruttura informativa: una piattaforma semantica e interoperabile della conoscenza architettonica, simile a quelle già esistenti in ambito medico o giuridico.

È in questa visione che emerge il concetto, mutuato dall'informatica, di glue code: un codice che mette in relazione sistemi eterogenei e dati disparati, permettendo connessioni che altrimenti resterebbero latenti. L'IA, dunque, non solo elabora informazioni, ma collega frammenti di conoscenza, rendendo accessibili in modo contestuale specifiche tecniche, dati prestazionali, normative, esperienze pregresse e soluzioni progettuali già testate. In questo modo, la qualità progettuale può migliorare non per creatività estemporanea, ma per effetto di un'ottimizzazione intelligente e situata.

In conclusione, questo approccio non riduce il progettista a un operatore passivo, ma lo rilancia come stratega dell'informazione e regista di connessioni intelligenti. L'architetto non scompare: cambia il modo in cui esercita il proprio ruolo, assumendo una funzione di mediazione tra i bisogni umani e i sistemi intelligenti che contribuiscono a soddisfarli. È una trasformazione epistemica, non solo tecnica, che richiede nuove competenze, nuove posture e una rinnovata etica professionale.

5.2

Convergenze e discontinuità: il mio lavoro tra teoria e pratica

I tre approcci teorici analizzati – Mario Carpo, Zvonko Luković e la riflessione epistemica di Phil Bernstein – delineano un panorama articolato e per certi versi divergente. Tuttavia, ognuno di essi ha offerto strumenti interpretativi utili per comprendere e orientare il mio lavoro quotidiano, fatto di richieste pratiche, modelli operativi, urgenze normative e vincoli di progetto.

Del pensiero di Carpo, riconosco la forza della visione sistemica e la capacità di leggere l'automazione come infrastruttura culturale, oltre che produttiva. La nozione di chunkiness, sebbene formulata in chiave estetica, può essere estesa al mio approccio operativo: la gestione progettuale attraverso prompt modulari, risposte parametrizzate e cicli iterativi è, in fondo, una forma di progettazione per blocchi intelligenti. Non si lavora più per continuità lineare, ma per aggregazione di funzioni semantiche autonome. Il mio archivio operativo, il dialogo con il modello, la scomposizione dei problemi in sotto-compiti interrogabili: tutto questo ha una sua grammatica "chunky", anche se il fine non è la forma, ma l'efficienza e l'adattabilità.

Con Luković condivido l'idea di progettista come orchestratore di conoscenze situate. Il mio ruolo non è quello di generare forme, ma di mettere in relazione fonti normative, esperienze pregresse, dati contestuali e output generativi. La progettazione non è un atto singolo, ma un processo di negoziazione continua tra livelli diversi di sapere: urbano, tecnico, materiale, percettivo. L'adozione dell'IA nel mio lavoro non ha prodotto un automatismo, ma un'interfaccia cognitiva che richiede cura, interpretazione, decisione. In questo senso, mi riconosco nella figura del progettista come curatore dinamico di un ecosistema informativo, non come esecutore di un linguaggio formale.

Infine, la riflessione di Bernstein sull'episteme professionale nella transizione digitale parla direttamente al mio lavoro. È proprio nella costruzione del mio archivio, nella strutturazione dei dati di cantiere, nella gestione documentale e nella modellazione normativa assistita che ho sperimentato cosa significhi trasformare conoscenza tacita in sapere interrogabile. Il prompt, in questo contesto, non è un semplice comando, ma uno snodo cognitivo tra memoria e progetto, tra contesto e anticipazione. La metafora del glue code descrive bene il mio modo di lavorare: connettere, non produrre ex novo; gestire relazioni, non solo risposte.

In tutte e tre le visioni emerge la figura di un progettista non più definito da una disciplina

formale, ma da una capacità strategica di lettura e azione entro un ambiente digitale complesso. È qui che si colloca il mio ruolo, in un punto di intersezione tra automazione e interpretazione, tra modellazione e cura dei dati, tra rapidità dell'output e responsabilità del giudizio.

Conclusioni: abitare il margine, gestire l'incertezza

Nella prima stesura di questo capitolo avevo provato a delineare una possibile traiettoria evolutiva del mestiere dell'architetto: una figura sempre meno legata alla produzione di forme e sempre più coinvolta nella gestione di processi intelligenti, di conoscenze distribuite, di strumenti autonomi. Sulla prospettiva temporale e con un uso continuativo degli LLM nella mia pratica, questa intuizione non si è dissolta, ma si è affinata.

L'intelligenza artificiale non ha reso il mio lavoro più semplice. Lo ha reso più veloce, più reattivo, più stratificato, ma anche più dipendente da decisioni minute, da scelte di filtro, da atti di interpretazione continua. Automatizzare un rilievo, riformulare una relazione tecnica, analizzare una planimetria sono oggi attività assistite da strumenti potenti — ma strumenti che richiedono una presenza attiva, non una delega.

Non credo più che il futuro del progettista consista nel diventare una figura "ibrida" in senso generico. Non serve un'etichetta nuova, serve una postura più consapevole, capace di abitare il margine tra ciò che è codificabile e ciò che non lo è. In questo margine, l'architetto resta insostituibile: come interprete di contesto, come curatore di senso, come nodo strategico in un sistema di relazioni automatizzate ma non neutrali.

Lo strumento non è mai neutro, lo dimostra ogni prompt, ogni output, ogni falso positivo. Abitare questo spazio significa non cercare una nuova centralità, ma un nuovo equilibrio tra autonomia e responsabilità. Non per salvare la "nobiltà" della professione, ma per farla funzionare meglio, più velocemente, con meno sprechi.

In un passaggio del libro Guida galattica per autostoppisti, Douglas Adams scrive:

"Molti di quelli che sono in posizioni di potere sono lì perché ci tengono più a essere al potere che a fare qualcosa di utile."

L'analogia è che non serve potere progettuale, serve utilità progettuale. Non servono progettisti al centro del disegno, ma professionisti capaci di costruire valore nel caos, nella frammentazione, nella parzialità. Il progettista del futuro sarà quello che saprà farsi ponte tra i saperi, filtro tra i dati, antenna tra i bisogni e le opportunità offerte dall'automazione. Il percorso svolto in questa tesi non fornisce una risposta definitiva, ma una mappa pratica per orientarsi in questo cambiamento. Nessuna ideologia, nessuna apologia della macchina. Solo un tentativo — quotidiano, operativo, adattivo — di usare meglio gli strumenti attuali per lavorare meglio nel reale

Bibliografia

La Digitalizzazione dell'Architettura

Architecture and Digital Archives. Architecture in the Digital Age: a Question of Memory. Editions Infolio, 2008.

Carpò, Mario. *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence.* MIT Press, 2017. *Beyond Digital Design and Automation at the end of Modernity.* MIT Press, 2023

Eastman, Charles. *An Outline of the Building Description System.* Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University, 1974

Gallo, Giuseppe. *Architettura e second digital turn. L'evoluzione degli strumenti informatici e il progetto.* Tesi di Laurea, Università di Palermo, 2021.

Ginepro, Cristina. *La pratica edilizia: strumento per la regolamentazione del territorio e la gestione del patrimonio immobiliare.* Tesi di Laurea, Università degli Studi di Torino, 2006.

Osello, Anna. *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti.* Flaccovio Editore, 2012.

Schumacher, Patrik. *The Autopoiesis of Architecture. Volume II: A New Agenda for Architecture.* Wiley, 2012.

L'Intelligenza Artificiale nell'Architettura

Coppola, Carlo. *Computer e creatività per l'architettura. Intelligenza artificiale e sistemi formali.* Alinea Editrice, 2005.

Falcone, Marika. *Intelligenza artificiale per la conoscenza dell'Architettura. Il rilievo e il monitoraggio della Cattedrale di San Matteo a Salerno.* 2022. ISBN: 9788868873424

Ferrante, Tiziana, e Federica Romagnoli. *Supporto o automazione nelle decisioni: il ruolo dell'intelligenza artificiale per il progetto.* *Techne*, vol. 25, 2023, pp. 68–77. DOI:10.36253/techne-13713.

Jacobus, Frank, Brian M. Kelly, e David Alf. *Artificial Intelligent Architecture: New Paradigms in Architectural Practice and Production.* 2023.

Lukovich, Tamas. *Artificial Intelligence and Architecture: Towards a New Paradigm.* Department of Architecture, Óbuda University, Budapest, 2023.

Porqueddu, Cristian. *L'impatto dell'Intelligenza Artificiale nei Processi di Progettazione Architettonica.* Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, 2024.

Ruggeri, Emanuela. *Intelligenza Artificiale per il Design. Casi Studio e Riflessioni Etico-Sociali.* Tesi di Laurea,

Politecnico di Torino, 2023.

Zaha Hadid Architects Developing "Most" Projects Using AI Images Says Patrik Schumacher. Dezeen, 26 Apr. 2023. www.dezeen.com/2023/04/26/zaha-hadid-architects-patrik-schumacher-ai-dalle-midjourney/.

Machine Learning e Prompt Engineering

Bernstein, Phil. *Machine Learning in Architecture*. London, 2022.

Danaher, John. *Machine Learning*. Routledge, 2021.

Geroimenko, Vladimir. *The Essential Guide to Prompt Engineering: Key Principles, Techniques, Challenges and Security Risk*. Springer, 2025.

Gunia, Harald, Massimiliano Zattera, e Karolina Galinska. *Ultimate ChatGPT Handbook for Enterprises: Transform the Enterprise Landscape by Leveraging AI Capabilities*. 2024.

Korzyński, Paweł, et al. *Artificial Intelligence Prompt Engineering as a New Digital Competence: Analysis of Generative AI Technologies such as ChatGPT*. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, vol. 11, no. 3, 2023, pp. 25–37. DOI:10.15678/EBER.2023.110302.

Xin, Yangpeng, Ying Zhou, e Yuanyuan Liu. *Prompts to layouts: Hybrid graph neural network and agent-based model for generative architectural design*. *Automation in Architecture*, vol. 176, 2025, art. 106253.

Analisi Normativa

Balasso, Romolo. *Sanare gli abusi edilizi*. Grafill, 2021.

D'Angelo, Nicola. *Come sanare gli abusi edilizi*. 2022.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. *Modifiche dell'allegato tecnico del decreto del Presidente della Repubblica 7 settembre 2010, n. 160*. GU Serie Generale, n. 276, 25 Nov. 2023.

Prezziario DEI Regione Piemonte 2024.

DPR 380-2001 Testo Unificato, aggiornando al Decreto Legge 69/2024, convertito in Legge n. 105/2024, conosciuto come "Decreto Salva Casa"

