



TESI 2024

# L'Impatto dell'Intelligenza Artificiale nei Processi di Progettazione Architettonica

ANALISI CRITICA DEGLI APPLICATIVI A SUPPORTO DEL PROGETTISTA



**POLITECNICO  
DI TORINO**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN ARCHITETTURA COSTRUZIONE E CITTÀ**  
A.A 2022/2023  
SESSIONE DI LAUREA MAGISTRALE SETTEMBRE 2024

# **L'Impatto dell'Intelligenza Artificiale nei Processi di Progettazione Architettonica:**

Analisi critica degli applicativi a supporto del progettista

## **RELATORI**

PROF. LO TURCO MASSIMILIANO (DAD)  
ARCH. BONO JACOPO (DOCENTE ESTERNO)  
ARCH. TOMALINI ANDREA (DOCENTE ESTERNO)

## **CANDIDATO**

CRISTIAN PORQUEDDU [S304519]



## ABSTRACT.

In un contesto globale caratterizzato da un'intensa interconnessione e da avanzamenti tecnologici in continua evoluzione, l'intelligenza artificiale (IA) ha ormai superato lo status di mera prospettiva futuristica per diventare una componente integrante e tangibile della nostra esistenza quotidiana. Oggetto di ampio dibattito non solo nella vita di tutti i giorni ma anche in ambito accademico, l'IA si è affermata come un settore di ricerca di primo piano, particolarmente attrattivo per le università all'avanguardia tecnologica. Numerosi corsi e programmi di studio sono ormai dedicati specificamente all'IA, e si prevede che, nel breve periodo, essa sarà inclusa in ogni campo disciplinare, compreso probabilmente il Politecnico di Torino. Questa ricerca si propone di indagare l'apporto dell'Intelligenza Artificiale in particolare modo al settore dell'architettura, attraverso un'analisi minuziosa dei suoi principi operativi, mirando a renderla comprensibile senza trascurarne la complessità concettuale. Ciò si rende necessario poiché gli architetti, la cui formazione è maggiormente incentrata su teoria, progetto e costruzione di strutture e spazi, potrebbero non possedere le basi in informatica essenziali per una piena comprensione dell'IA. Infatti, un'adeguata conoscenza dell'IA richiederebbe familiarità con algoritmi, apprendimento automatico, reti neurali e programmazione, competenze che esulano dalla preparazione standard di un architetto. Mantenere il passo con gli ultimi progressi richiede uno studio e un apprendimento costanti, un impegno che potrebbe risultare difficile per chi ha già una carriera in un'altra disciplina. La prima parte di ricerca vuole quindi porre gli strumenti base per affrontare il tema. Procedendo alla fase di ricerca sull'impiego dell'intelligenza artificiale nel campo dell'architettura, possiamo osservare come numerosi studi di fama internazionale, quali MVRDV, ZHA e Coop Himmelblau, utilizzino già queste tecnologie, evidenziando le loro ricerche condotte recentemente con l'ausilio di alcuni innovativi applicativi. Infine, dopo aver acquisito una conoscenza approfondita dei meccanismi dell'intelligenza artificiale e dello stato dell'arte, l'analisi si estende ai nuovi applicativi in fase di sviluppo, su cui importanti aziende del settore, come il colosso Autodesk e compagnie "emergenti" come DeepMind e OpenAI, stanno investendo. Questo studio include una sperimentazione personale attraverso la valutazione critica degli applicativi utilizzando un approccio sinergico tra Intelligenza Artificiale e progettista, rielaborando in alcune parti un progetto del mio corso di studi, affrontato con un metodo progettuale tradizionale e analogico. L'obiettivo è supportare il progettista nelle fasi più complesse del disegno e della progettazione.

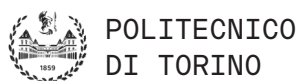
In sintesi la tesi si prefigge l'obiettivo di fornire una conoscenza approfondita sull'intelligenza artificiale nel campo dell'architettura e delle sue attuali potenzialità, cercando di coprire l'intero vocabolario dell'IA attraverso esempi che semplificano la comprensione del lettore, illustrando i suoi meccanismi e i processi coinvolti. Comprendere il funzionamento dell'intelligenza artificiale è essenziale per usare in modo efficace gli applicativi che la incorporano perché permette una valutazione critica dei risultati architettonici, l'ottimizzazione dell'input dei dati e delle configurazioni, oltre alla risoluzione di eventuali problemi. Questa conoscenza stimola l'innovazione, l'uso creativo del software e una comunicazione più mirata con gli sviluppatori per suggerire miglioramenti. Infine, una maggior consapevolezza e comprensione dell'IA sensibilizza agli aspetti etici legati all'uso tecnologico, promuovendo una pratica responsabile e informata anche nel processo progettuale architettonico.

# INDICE.

▶ [0.1]	<b>ABSTRACT</b>	P.001
▶ [0.2]	<b>INDICE</b>	P.003
▶ [0.3]	<b>PREMESSA</b>	P.006
	Istruzioni per l'uso	P.007

## 01 PARTE UNO: INTELLIGENZA ARTIFICIALE

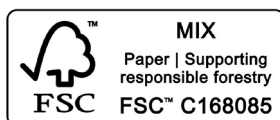
▶ [1.1]	<b>IL MONDO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE</b>	P.012
	1.1.1 Algoritmi	P.014
	1.1.2 Verso una Sinergia tra Mente Umana e IA	P.016
▶ [1.2]	<b>FAMIGLIE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE</b>	P.018
	1.2.1 La buona e vecchia intelligenza artificiale	P.019
	Input e Output	P.020
	Prompt Design	P.021
	1.2.2 Machine learning	P.022
	Metodi di apprendimento	P.023
	Introduzione dei Dataset	P.023
	Data Mining e Text Mining	P.025
	1.2.3 Deep Learning, la IA del momento	P.026
	Deep Neural Networks	P.027
	FNN - Feed Forward Neural Networks	P.028
	RNN - Recurrent Forward Neural Networks	P.030
	CNN - Convolutional Forward Neural Networks	P.032
	TNN - Transformers Neural Networks	P.034
	VAE - Variational Auto Encoder	P.038
	GAN - General Adversarial Networks	P.040
	HNN - Hybrid Neural Networks	P.042
	1.2.4 Reinforcement learning	P.044
	1.2.5 Artificial General Intelligence	P.046
▶ [1.3]	<b>IN SINTESI</b>	P.048
	1.3.1 Good Old Fashioned AI	P.048
	1.3.2 Machine e Deep Learning	P.048
	1.3.3 Reti Neurali	P.050
	1.3.4 Reinforcement Learning e AGI	P.052



**POLITECNICO  
DI TORINO**

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE:  
CRISTIAN PORQUEDDU

STAMPATO: SETTEMBRE 2024



LICENZA CREATIVE COMMONS: BY-NC-ND

## 02 PARTE DUE: IA IN ARCHITETTURA

▶ [2.1]	<b>CATALIZZANDO LA RIVOLUZIONE</b>	P.056
	2.1.1 Il disegno nel XXI secolo	P.058
▶ [2.2]	<b>STATO DELL'ARTE</b>	P.062
	2.2.1 Design Computazionale	P.064
	Design Generativo	P.064
	Design Parametrico	P.065
	Design Algoritmico	P.066
	2.2.2 Analisi Predittiva	P.068
	Prestazioni Energetiche	P.068
	Comfort degli occupanti	P.068
	Sostenibilità e Impatto Ambientale	P.068
	Rendering Predittivo Basato su Scenari	P.068
	2.2.3 Sistemi di controllo ambientale	P.070
	2.2.4 Riconoscimento e Analisi di Dati Urbani	P.071
	2.2.5 Extended Reality	P.072
	Virtual Reality	P.072
	Augmented Reality	P.073
	Mixed Reality	P.073
▶ [2.3]	<b>REIMMAGINARE L'ARCHITETTURA: CASI STUDIO</b>	P.076
	2.3.1 ZHA	P.078
	ZHA Code e Studio Refik Anadol: Pionieri nell'Addestramento dei Modelli	P.078
	Semiologia parametrica	P.081
	Scoperte e Innovazioni del Team ZHA Code	P.083
	2.3.2 MVRDV	P.084
	Esplorando l'Impiego dell'IA da parte di MVRDV Next	P.084
	LORA, Bagaglio Culturale contro <i>Dataset</i>	P.090
	"Se non sai farlo nella via tradizionale, non dovresti farlo con l'IA"	P.091
	2.3.3 CHB(L)	P.092
	Deep Himmelblau: introduzione dell'IA nel processo progettuale dello studio	P.092
	Artificiale e Naturale	P.098
	Intelligenza Architettonica, sminuendo l'automazione	P.098
▶ [2.4]	<b>IN SINTESI</b>	P.100
	2.4.1 IA in Architettura: Stato dell'arte	P.100
	2.4.2 Esempi Pratici	P.102
	ZHA: Pionieri nell'Utilizzo dell'IA	P.102
	MVRDV: Ottimizzare la Progettazione Architettonica con l'IA	P.102
	CHB(L): Evoluzione del Copilota Digitale	P.103

## 03 PARTE TRE: APPLICATIVI IA

▶ [3.1]	<b>SOGGETTO DI PROVA</b>	P.108
	3.1.1 Torre SUSa	P.108
	L'Atelier	P.108
	Descrizione del progetto	P.110
	Elaborati	P.111
	3.1.2 Processo progettuale	P.117
	Fase Concettuale	P.117

	Fase Urbanistica	P.117
	Fase Preliminare	P.117
	Fase Espositiva	P.117
▶ [3.2]	<b>APPLICATIVI: PREMessa</b>	P.118
	3.2.1 Fase Concettuale: applicativi <i>Text to image</i>	P.119
	DALL-E	P.120
	MidJourney	P.124
	Stable Diffusion	P.128
	3.2.1 Fase Urbanistica: applicativi predittivi	P.133
	Forma	P.134
	Project Refinery	P.142
	Giraffe	P.148
	3.2.2 Fase Progettuale: applicativi generativi	P.151
	ArchiGAN	P.152
	A-space	P.156
	Finch 3D	P.160
	Hypar	P.164
	3.2.2 Fase Espositiva: applicativi <i>Image to imaging</i>	P.167
	Adobe Firefly	P.168
	Spacely AI	P.172
	SketchUp Diffusion	P.176
	Veras	P.180
	Swapp	P.184
▶ [3.3]	<b>IN SINTESI</b>	P.186
	Applicativi Text to image	P.186
	Applicativi AI-Driven Simulation Tools	P.188
	Applicativi AI-Generative Design	P.190
	Applicativi Image to Image	P.192

## 04 CONCLUSIONI

▶ [4.1]	<b>CONTROVERISE</b>	P.196
	3.1.1 Analogie con il passato	P.196
	Limitazioni e regolamentazioni	P.197
▶ [4.2]	<b>OBSOLESCENZA</b>	P.198
▶ [4.3]	<b>RIFLESSIONI FINALI</b>	P.200
▶ [4.4]	<b>RINGRAZIAMENTI</b>	P.203

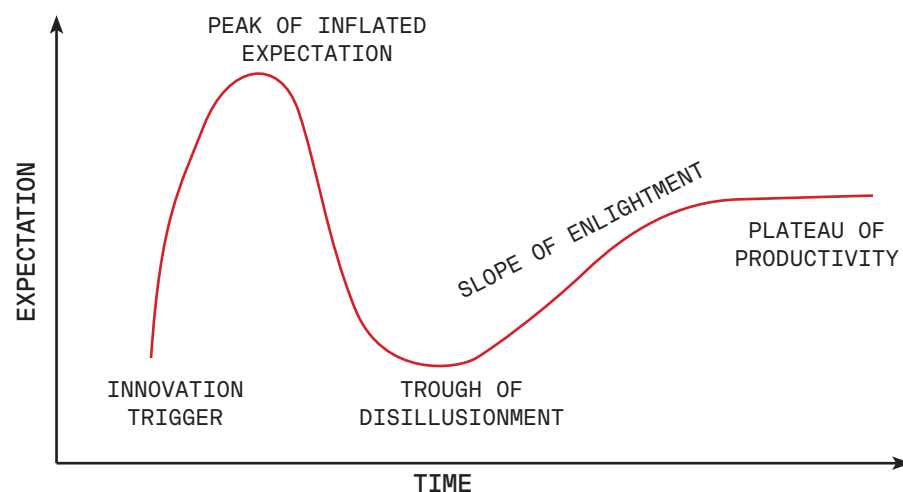
## // BIBLIOGRAFIA

# PREMESSA.

## ▶ RAGIONI DELLA RICERCA

Come coronamento del mio importante percorso universitario, desidero offrire un contributo di ricerca al Politecnico di Torino e ai miei colleghi su una tematica emergente che ha catturato la mia curiosità. Non solo la mia credo che inevitabilmente influenzerà il nostro futuro e il panorama architettonico nei prossimi anni: l'intelligenza artificiale. Questo testo rappresenta il resoconto del mio ultimo viaggio accademico, suddiviso in tre tappe che riflettono la struttura del documento. È uno studio personale e appassionato che mi ha portato a rispondere a molteplici domande, interpretando testi di informatica e architettura, cercando di riproporli in una chiave semplificata per chi desidera avvicinarsi a questa nuova tematica. Per avviare questo percorso, ho iniziato indagando le meccaniche dell'intelligenza artificiale, partendo innanzitutto dalla domanda fondamentale su come un'entità informatica possa replicare l'intelligenza umana e approfondendo le sue sfumature fino ad arrivare alla base dell' "iceberg". La ricerca continua con uno studio approfondito dello stato dell'arte dell'IA in architettura, un campo attualmente emergente e ancora in fase di definizione. In questa parte, ho condotto una ricerca dettagliata sugli usi attuali e concreti dell'IA, selezionando tre casi studio che considero fondamentali per affermare la concretezza delle pratiche negli Atelier di queste applicazioni. Infine, per potenziare le mie competenze e completare il quadro, ho sperimentato direttamente questi applicativi, elaborando critiche, vantaggi e potenziali usi. Questo approccio mi ha permesso di fornire un'analisi personale e critica basata sull'esperienza diretta che sarà preziosa, per il mio futuro. Inoltre come con molte nuove tecnologie, sono consapevole che l'entusiasmo iniziale porta spesso a una sopravvalutazione delle loro potenzialità. Questo fenomeno è spiegato bene attraverso la curva di Gartner<sup>1</sup>, utile per comprendere come le tecnologie emergenti possano attraversare fasi di entusiasmo e delusione prima di raggiungere una stabilità e una maturità che ne permettano un'adozione diffusa e produttiva. In alto al grafico troviamo il picco sopraffatto dall'interesse

## ▶ CURVA DI GARTNER



[01.] «Gartner Hype Cycle Research Methodology», Gartner, consultato 7 agosto 2024, <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>.

e il clamore nel quale ci possiamo ritrovare. Qui le aspettative sono spesso irrealisticamente alte, alimentate da media, analisti e pionieri che sperimentano e adottano nuove idee. Nella posizione inferiore alla curva la realtà non corrisponde alle aspettative e l'interesse inizia a calare. I problemi e le limitazioni della tecnologia diventano più evidenti, e molti progetti falliscono o vengono abbandonati. Altre motivazioni di questa sovrastima sono l'incomprensione tecnica, il marketing aggressivo, le rappresentazioni mediatiche fuorvianti e fattori sociali e psicologici. Il mio obiettivo è superare questo atteggiamento prefiggendo una comprensione più informata e realistica delle capacità attuali e delle limitazioni dell'IA che può aiutare a bilanciare queste aspettative nel contesto architettonico. Nonostante questa forte speculazione, rimango convinto che l'IA è un campo tecnologico che sicuramente stravolgerà il domani e che vale la pena indagare, lo confermano i continui aggiornamenti tecnologici e gli investimenti di oltre il 90% delle 500 maggiori imprese statunitensi che già oggi impiega soluzioni basate sull'intelligenza artificiale, con impatti significativi<sup>2</sup>. La corsa ai profitti dell'intelligenza artificiale è uno dei grandi temi per gli anni venti del 2000. Ampliare le infrastrutture, addestrare modelli, far comprendere alle aziende come sfruttare il potenziale dell'IA, creare software e servizi per facilitare i processi ricopriranno sicuramente un ruolo importante nel mondo del lavoro e nella nostra vita. Questi temi, costituiscono la motivazione principale per la stesura di questo testo.

## ISTRUZIONI PER L'USO

### Esempi

Per facilitare la comprensione di concetti ostici e complessi, il lavoro di tesi include esempi concreti scritti in un diverso stile di font che richiama la programmazione in codice. Inoltre, alla fine di ogni capitolo è inclusa una scheda di sintesi per agevolare la comprensione del contenuto. Questa scheda fornisce una panoramica del capitolo e può essere utilizzata da coloro che preferiscono non scendere in dettaglio.

### Parole chiave

Nel testo inoltre raggiungiamo un punto cruciale riguardo alcune terminologie che possono recare confusione e incomprensione a causa della loro duplice natura.

## ARCHITETTURA

La prima incomprensione è il termine "architettura" che in maniera ambigua viene utilizzato anche nell'ambito dell'informatica per descrivere l'organizzazione interna di un computer (architettura del processore). Questo concetto, tuttavia, è del tutto

[02.] Econopoly, «Blog | Intelligenza artificiale, è partita la corsa ai profitti. Come investire?», Econopoly, 30 novembre 2023, <https://www.econopoly.ilsole24ore.com/2023/11/30/intelligenza-artificiale-come-investire/>.

distinto dall'uso del termine "architettura" nel contesto delle costruzioni edilizie. Si consiglia di prestare particolare attenzione a evitare la confusione tra "l'architettura" in ambito informatico e "l'architettura" nel settore delle costruzioni.

#### MODELLO

Nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale (IA), il termine "modello" si riferisce a una rappresentazione matematica o l'insieme di un processo, di un sistema o di un fenomeno che l'IA cerca di comprendere, simulare o predire. I modelli sono fondamentali per molte applicazioni di IA e machine learning, poiché consentono alle macchine di acquisire conoscenza dai dati, fare previsioni o prendere decisioni.

#### SISTEMA

Un sistema computazionale è un insieme integrato di hardware e software progettato per eseguire operazioni computazionali, conosciuto anche comunemente come Personal Computer. Il termine "sistema" nell'intelligenza artificiale invece, può riferirsi a diverse configurazioni di hardware e software progettate per eseguire specifiche funzioni cognitive, analitiche, operative o decisionali. Ogni tipo di sistema ha le sue peculiarità e applicazioni specifiche, contribuendo in modi diversi al vasto campo dell'intelligenza artificiale.

#### ALLUCINAZIONE

Nei testi di ricerca architettonica ritroviamo molto spesso il termine allucinazione. In questo contesto, le "allucinazioni" possono riferirsi a qualsiasi percezione idealizzata o distorta della realtà progettuale o costruttiva, sia attraverso rappresentazioni grafiche, concept utopici, illusioni ottiche o descrizioni esagerate. Questi elementi possono influenzare la comprensione e le aspettative delle persone riguardo agli spazi e agli edifici progettati.

#### Suddivisione della ricerca

La ricerca è suddivisa in tre parti, ognuna delle quali è autonoma e può essere letta indipendentemente dalle altre, anche se segue un ordine logico. Si inizia con una panoramica introduttiva nel campo dell'informatica, si prosegue con lo stato dell'arte dell'architettura nell'IA, per concludere infine con gli applicativi.

#### PANORAMICA SULL'IA

Il capitolo si prefigge di impostare in maniera molto accurata ma allo stesso tempo semplificata le nozioni base e i concetti generici dell'IA per chi si avvicina per la prima volta alla tematica. Il capitolo dispone di esempi e sintesi di fine capitolo per semplificare la lettura a chi vuole avere solo un'infarinatura generale.

#### ARCHITETTURA NELL'IA

Questa parte indaga lo stato attuale dell'architettura in relazione all'IA esplorando come gli studi di architettura e i ricercatori si stanno mobilitando per cavalcare l'onda e sfruttare a pieno le potenzialità dell'IA..

#### SPERIMENTAZIONE DELL'IA

L'ultimo capitolo offre un contributo personale che si ispira alle innovative ricerche degli studi di architettura ed esplora le potenzialità concrete di come questa nuova tecnologia possa influenzare e migliorare i processi di progettazione artificiale.

# 01.

PARTE UNO

## Intelligenza Artificiale

PARTE UNO/  
CONCETTI BASE IA

PAGINE/  
44

SOTTOCAPITOLI/  
3

IA | ML | DL | DNN | RL | AGI



fig 01  
Un uomo lavora al "Perceptron"  
di Frank Rosenblatt, il primo  
modello di Intelligenza Arti-  
ficiale.



# Il Mondo dell'Intelligenza Artificiale

## DAL CONCETTO ALLE APPLICAZIONI RIVOLUZIONARIE

### DEFINIZIONE

L'Intelligenza Artificiale (IA) è un campo dell'informatica che sviluppa sistemi in grado di eseguire compiti che simulano tipicamente l'intelligenza umana, come il ragionamento, l'apprendimento, la pianificazione e la creatività<sup>3</sup>. Ciò può includere algoritmi e altre funzioni che permettono ai computer di "imparare" dai dati (che possono essere numerici, testuali, immagini video etc.) senza essere programmati esplicitamente per ogni singolo compito. Questo è simile a come noi impariamo da esperienze e esempi. Una volta addestrati, questi algoritmi possono fare previsioni, riconoscere tendenze o regolarità nei dati (pattern) e prendere decisioni in maniera autonoma, rendendo molte applicazioni tecnologiche più intelligenti e utili. Sinteticamente John Kelleher, professore e ricercatore informatico dell'università di Dublino, descrive l'IA come "quel campo di ricerca focalizzato sullo sviluppo di sistemi computazionali in grado di svolgere compiti e attività normalmente considerati a richiedere l'intervento dell'intelligenza umana"<sup>4</sup>. Anche se può sembrare un argomento emergente a causa delle recenti attenzioni dei media, l'Intelligenza Artificiale è da sempre e ampiamente utilizzata in diversi settori e contesti fin dagli anni Cinquanta del Novecento. Infatti la storia dell'intelligenza artificiale nel campo del progresso tecnologico può essere letta come una storia di visibilità e invisibilità. Questo particolare campo nel corso dei suoi sviluppi ha scoperte rilevanti e irrilevanti che fanno emergere in certi periodi storici la sua importanza proprio come sta accadendo in questo decennio. Recentemente, i progressi nella potenza dei computer, la disponibilità di enormi quantità di dati e lo sviluppo di nuovi algoritmi hanno portato a significativi avanzamenti nella tecnologia degli ultimi anni portando l'IA a guadagnare notevole visibilità. Questa alternanza di visibilità e invisibilità è causata maggiormente dall'opinione pubblica che è spesso inconsapevole dell'IA e ha una comprensione limitata di cosa sia e come funzioni. Anche coloro che hanno una conoscenza di base, spesso non comprendono appieno i dettagli tecnici, come nel caso del deep learning<sup>5</sup>: una branca dell'IA che ha attirato l'attenzione negli ultimi anni anche ai meno interessati del settore. Tuttavia, ripercorrendo la sua storia, l'intelligenza artificiale è stata una presenza costante nella nostra vita. Fin dagli anni Ottanta, con sistemi computazionali come MYCIN per la diagnosi di malattie infettive, e DENDRAL per l'analisi chimica, l'IA ha avuto un impatto significativo. Ai giorni nostri, l'IA è presente in molteplici ambiti. Ad esempio, nel riconoscimento vocale e nell'assistenza virtuale, assistenti vocali come Siri, Alexa e Google Assistant utilizzano l'IA per interpretare e rispondere alle richieste vocali degli utenti. Inoltre è applicata al riconoscimento facciale, utilizzato in sistemi di sicurezza, controllo degli accessi e applicazioni di foto e video. Algoritmi di IA alimentano motori di ricerca e forniscono suggerimenti personalizzati su piattaforme come Google, Amazon e Netflix, analizzando i comportamenti degli utenti. Nei social me-

### ORIGINE

### IA NELLA VITA VITA QUOTIDIANA

dia, l'IA personalizza i feed degli utenti in base alle loro interazioni, preferenze e comportamenti. Nell'automazione industriale e nella robotica, l'IA consente a robot e sistemi intelligenti di eseguire compiti complessi senza intervento umano. Infine, l'IA svolge un ruolo chiave nei veicoli autonomi per la guida automatica, il riconoscimento degli ostacoli e la navigazione sicura e molto altro.



[03.] «Che cos'è l'intelligenza artificiale?», Tematiche | Parlamento europeo, 3 settembre 2020, <https://www.europarl.europa.eu/topics/it/article/202008275T085804/che-cos-e-l-intelligenza-artificiale-e-come-viene-usata>.

[04.] «Architecture in the Age of Artificial Intelligence An introduction to AI for architects (Neil Leach)».

[05.] «Architecture in the Age of Artificial Intelligence An introduction to AI for architects (Neil Leach)».

## 1.1.1 ALGORITMI

## ▶ REPLICAZIONE I.N.

Ma in che modo un'entità di questo tipo può eseguire compiti che solitamente richiedono l'intervento umano? Per realizzare ciò, studiosi e scienziati hanno sempre provato a replicare l'intelligenza umana. Quest'ultima risolve problemi quotidiani attraverso un processo complesso che coinvolge diverse capacità cognitive, basato su una serie di istruzioni o regole semplificate:

**01 Comprendere il Problema:**

La prima fase consiste nel comprendere completamente il problema. Questo può includere l'analisi dei dati, la definizione dei vincoli e la comprensione degli obiettivi.

**02 Rappresentazione del Problema:**

Una volta compreso il problema, l'intelligenza umana rappresenta mentalmente le informazioni in modo da poterle manipolare. Questa fase coinvolge la creazione di un modello mentale del problema.

**03 Generazione di Ipotesi o Soluzioni:**

In questa fase, vengono proposte diverse ipotesi o soluzioni possibili. L'intelligenza umana attinge a conoscenze pregresse, esperienze passate e abilità cognitive per generare possibili approcci alla risoluzione del problema.

**04 Valutazione e Scelta:**

Le ipotesi generate vengono valutate in base alla loro idoneità rispetto agli obiettivi del problema. L'intelligenza umana può utilizzare il ragionamento logico, la valutazione delle conseguenze e l'esperienza per selezionare la soluzione più appropriata.

**05 Apprendimento:**

L'intelligenza umana impara dagli esiti delle sue azioni. L'esperienza acquisita può essere utilizzata per affrontare problemi simili in futuro in modo più efficace<sup>6</sup>.

## ▶ ANALOGIA

Queste istruzioni possiamo tradurle informaticamente in algoritmi, che verranno interpretate ed elaborate dai computer simulando il pensiero umano. Infatti per comprendere le basi dell'intelligenza artificiale, è necessario comprendere il funzionamento di un algoritmo. Gli algoritmi sono fondamentali nell'informatica e svolgono un ruolo cruciale in una vasta gamma di applicazioni, come la ricerca e ordinamento di dati, la risoluzione di problemi matematici, l'intelligenza artificiale, la crittografia, la grafica computerizzata e molto altro. In sostanza, gli algoritmi sono la base su cui molte operazioni computazionali e decisionali sono costruite. Sinteticamente un algoritmo è una sequenza di istruzioni o regole definite che descrivono passo dopo passo come risolvere un problema o eseguire un compito specifico<sup>7</sup>. Utilizzati in informatica, matematica e altri campi, gli algoritmi sono strumenti fondamentali per risolvere problemi in modo efficiente, nel minor tempo possibile e con la minima quantità di risorse. Banalmente anche uno spartito musicale può essere considerato un algoritmo: nella musica, uno spartito fornisce una serie di istruzioni su come eseguire una composizione musicale. Indica quali note suonare, quando suonarle, per quanto tempo, con quale intensità e così via. Anche se gli spartiti musicali sono spesso espressi in notazioni simboliche anziché in un linguaggio formale come quello di un algoritmo informatico, entrambi forniscono una struttura o una sequenza di passaggi per produrre un risultato desiderato. Pertanto, dal punto di vista concettuale, si potrebbe dire che uno spartito musicale possiede elementi di un algoritmo nel modo in cui guida l'esecuzione di una composizione musicale.

[06.] «How the Brain Works», s.d.

[07.] Enn Tōgu, Algorithms and Architectures of Artificial Intelligence, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, vol. 159 (Amsterdam: IOS Press, 2007), 6.

## ▶ ALGORITMO A RICERCA BINARIA

Un esempio di un algoritmo, l'algoritmo di ricerca binaria che consente di trovare un numero in una lista:

## ESEMPIO 01// FUNZIONAMENTO DI UN ALGORITMO

Supponiamo di avere una lista ordinata di numeri: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

L'algoritmo di ricerca binaria di un numero all'interno della lista, funziona nel seguente modo:

Si prende il valore medio della lista ordinata.

Se il valore cercato è uguale al valore medio, la ricerca è completata.

Se il valore cercato è maggiore del valore medio, la ricerca continua nella metà superiore della lista.

Se il valore cercato è minore del valore medio, la ricerca continua nella metà inferiore della lista.

o la lista viene ridotta a zero.

Esempio di ricerca binaria per trovare il numero 7:

A. Lista iniziale: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].



B. Valore medio: 5 ( $7 > 5$ , quindi la ricerca continua nella metà superiore).



VALORE MEDIO  $\neq$  7

C. Nuova lista: [6, 7, 8, 9, 10].

D. Valore medio: 8 ( $7 < 8$ , quindi la ricerca continua nella metà inferiore).



NUOVO VALORE MEDIO  $\neq$  7

E. Nuova lista: [6, 7].



F. Valore medio: 7 (il valore cercato è stato trovato).



NUOVO VALORE MEDIO = 7

## ▶ POTENZA DI CALCOLO

In questo modo, la ricerca binaria riduce il campo di ricerca a ogni passaggio, rendendo l'operazione più efficiente rispetto a una ricerca lineare in una lista non ordinata. Questo rappresenta uno degli algoritmi più elementari per affrontare un problema di facile risoluzione. Possiamo quindi immaginare che per risolvere un problema più intricato come l'avvio di un aeroplano o un riconoscimento facciale, richieda un considerevole volume di istruzioni testuali e una notevole potenza di calcolo per comporre insieme di algoritmi che di conseguenza costituiscono un'intelligenza artificiale.

### 1.1.2 VERSO UNA SINERGIA TRA MENTE UMANA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

—

#### ▶ OSSERVAZIONI CRITICHE

Prima di immergerci nelle categorie e sottocategorie dell'IA è fondamentale fare un'osservazione critica e discernere l'Intelligenza Artificiale dall'intelligenza umana. Al momento anche se sono riflessioni basilari, queste ci aiutano a capire che siamo ben lontani da una automazione totale ma più assistita dall'intelligenza umana. Questo perché l'IA non possiede coscienza, e riconoscere tale aspetto è di fondamentale importanza. In qualsiasi processo decisionale, la coscienza integra vari aspetti della cognizione umana, cruciali per prendere decisioni ponderate ed efficaci. La consapevolezza di sé, la riflessione critica, l'empatia, la gestione delle emozioni, il pensiero critico e creativo, la proiezione nel futuro e la motivazione sono tutti elementi essenziali che la coscienza apporta al processo decisionale. Ad esempio, sebbene l'IA possa superare gli esseri umani in giochi da tavolo come gli scacchi, tale abilità non implica la presenza di coscienza. L'algoritmo di ricerca binaria segue una logica matematica e iterativa, mentre la ricerca umana può essere più flessibile, creativa e adattabile, integrando elementi di esperienza personale, intuizione e contesto emotivo. Entrambi i metodi presentano punti di forza e limiti a seconda del contesto di applicazione. Dal punto di vista decisionale, l'IA è creata dall'uomo attraverso algoritmi, modelli matematici rigidi e apprendimento da dati definiti, producendo, come vedremo nei capitoli successivi, risultati spesso superficiali e circoscritti. L'intelligenza umana, invece, è il frutto di un complesso processo evolutivo e biologico, emergendo dal cervello e dalla sua capacità di apprendere, elaborare esperienze passate e adattarsi ai contesti, offrendo soluzioni più ragionate e versatili.

#### ▶ MODALITA' DI APPRENDIMENTO

Per quanto riguarda l'apprendimento, l'IA apprende principalmente dai dati e può essere addestrata su grandi quantità di informazioni (definite in inglese: *dataset*) per riconoscere modelli e fare previsioni senza limiti di archiviazione, mentre l'intelligenza umana apprende da una vasta varietà di esperienze limitate, interazioni sociali e attraverso il ragionamento ma con una capacità di apprendimento continua durante tutta la vita dell'essere umano. La flessibilità e l'adattabilità differiscono in quanto l'IA è solitamente specializzata in compiti specifici, con limitata flessibilità rispetto all'intelligenza umana, che è estremamente flessibile e adattabile, affrontando una vasta gamma di compiti e situazioni. Quanto alla comprensione del contesto e del significato, l'IA potrebbe mancare di una comprensione profonda, eseguendo compiti complessi senza necessariamente comprendere il significato di ciò che esegue. Al contrario, l'intelligenza umana ha la capacità di comprendere il contesto, il significato implicito e di applicare il buon senso, radicata in una comprensione profonda del mondo circostante. Per quanto riguarda la conoscenza generale, l'IA dipende dalle informazioni fornite durante l'addestramento e potrebbe mancare di una conoscenza generale ampia, a differenza dell'intelligenza umana che possiede una vasta conoscenza generale acquisita attraverso l'istruzione, l'esperienza personale e l'interazione sociale. Infine, riguardo alla consapevolezza e alle emozioni, l'IA non è consapevole e non ha emozioni, eseguendo compiti senza una comprensione personale o esperienza emotiva. L'intelligenza umana, invece, è consapevole di sé stessa, ha emozioni, sentimenti e una coscienza che influisce sul pensiero e sul comportamento. In sintesi, l'IA è progettata per compiti specifici utilizzando l'e-

laborazione delle informazioni che possono essere quasi illimitate, mentre l'intelligenza umana è caratterizzata da una complessità, flessibilità e consapevolezza notevolmente maggiori ma con un bagaglio culturale limitato.

#### ▶ COMPLEMENTARITA'

Il contesto di applicazione non è da sottovalutare, ci sono stati momenti in cui l'intelligenza artificiale ha superato le prestazioni umane e viceversa. Ad esempio, l'IA ha dimostrato eccellenza in compiti ripetitivi, analisi di grandi quantità di dati e complessi calcoli matematici, superando spesso le capacità umane in termini di velocità ed efficienza (scacchi). D'altra parte, l'intelligenza umana eccelle in contesti che richiedono creatività, comprensione emotiva, intuizione e approccio flessibile ai problemi, aspetti che l'IA potrebbe trovare più sfidanti. La complementarità tra queste due forme di intelligenza può generare sinergie vantaggiose in vari ambiti, in particolare nel settore dell'architettura come vedremo nei capitoli successivi.

1.2.0

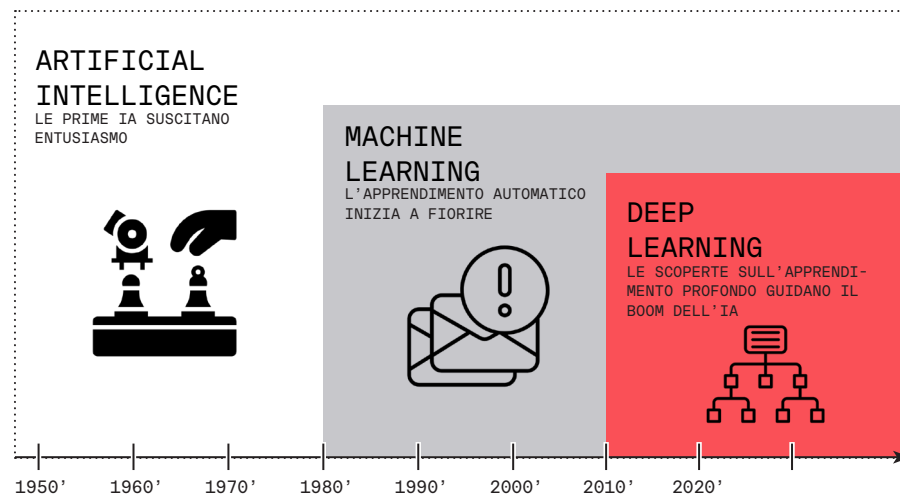
# Famiglie dell'Intelligenza Artificiale

## UNA PANORAMICA SULLE DIVERSE FORME DI IA

**“Artificial intelligence is the future. Artificial intelligence is science fiction. Artificial intelligence is already part of our everyday lives. All those statements are true, it just depends on what flavor of AI you are referring to.”<sup>8</sup>**

Michael Copeland

Il concetto di Intelligenza Artificiale (IA) viene frequentemente impiegato come se rappresentasse una categoria unica e omogenea. Questa è la percezione comune del termine da parte del pubblico. Pertanto, per ottenere una comprensione completa dell'IA, è fondamentale distinguere tra le diverse forme di intelligenza artificiale: IA, apprendimento automatico e apprendimento profondo ciascuna delle quali può essere suddivisa ulteriormente in diverse sottocategorie<sup>9</sup>. Il modo più semplice per capire la loro relazione è immaginarli come cerchi concentrici: l'IA, l'idea che è nata per prima, è il cerchio più grande; l'apprendimento automatico, sviluppatosi in seguito, si trova al suo interno; infine, l'apprendimento profondo, che sta alimentando l'attuale boom dell'IA, si inserisce all'interno di entrambi. La sezione esplora le diverse famiglie e sottofamiglie dell'argomento, procedendo progressivamente a strati: man mano che si avanza nell'analisi, si entra in maggiore dettaglio e si affrontano sottocategorie sempre più specifiche e complesse. Questo capitolo è volutamente strutturato in modo da fornire una panoramica generale dei meccanismi, evitando di introdurre concetti informatici eccessivamente complessi.



[08.] Michael Copeland, «What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning?», NVIDIA Blog, 29 luglio 2016, <https://blogs.nvidia.com/blog/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>.

[09.] «Enterprise AI For Dummies (Zachary Jarvinen).pdf», s.d., 34.

## LA BUONA E VECCHIA INTELLIGENZA ARTIFICIALE

LA PRIMA IA

Sebbene l'IA sia sempre esistita, le prime incarnazioni dell'intelligenza artificiale si riferivano negli anni 60' a una conferenza tenutasi al Dartmouth College, dove si riunì un gruppo di ricercatori per discutere del concetto di “intelligenza artificiale” e delle possibilità di creare macchine in grado di simulare il pensiero umano<sup>10</sup>. Macchine che richiedevano programmazione esplicita per elaborare un insieme di dati. Questa fase è spesso chiamata “AI classica” o “Good Old Fashioned AI (GOFAI)”<sup>11</sup> tradotta la buona e vecchia Intelligenza Artificiale. La caratteristica chiave qui è che, con l'intelligenza artificiale iniziale, le reti semantiche hanno dominato le soluzioni durante i primi tre decenni di sviluppo dell'intelligenza artificiale sotto forma di regole ben definite. Le reti semantiche sono un modo per organizzare le relazioni tra parole, o più precisamente, le relazioni tra concetti espressi con parole, che vengono raccolte per formare una specificazione delle entità e delle relazioni conosciute nel sistema, chiamata anche ontologia. Ad esempio: una scimmia è un primate. Un primate è un mammifero. Un mammifero è un vertebrato. Un essere umano è un primate. Con queste informazioni, il sistema non solo può collegare l'uomo ai primati ma anche con mammiferi e vertebrati, poiché eredita le proprietà dei nodi superiori. Tuttavia, il significato di scimmia come verbo, come in “non scimmiettare con quello”, non ha alcuna relazione con i primati, e nemmeno scimmia come aggettivo, come in Monkey bread (dolce tipico statunitense), Monkey Wrench (Chiave inglese) o Monkey Tree (albero sempreverde), che sono legati tra loro.

### ESEMPIO 02// SISTEMA EXPERT SYSTEM MYCIN

Un esempio classico di AI classica è il sistema “expert system” chiamato MYCIN, sviluppato negli anni '70 presso la Stanford University. MYCIN era un computer programmato per aiutare i medici a diagnosticare e trattare infezioni. Funzionava così:

#### 1. Informazioni sulla malattia:

MYCIN aveva una grande quantità di informazioni sui sintomi delle infezioni e sui trattamenti antibiotici appropriati. Queste informazioni sono state inserite dai medici nel computer.

#### 2. Domande e risposte:

Quando un medico aveva un paziente con sintomi di infezione, poteva inserire queste informazioni nel computer. MYCIN avrebbe fatto domande sulle caratteristiche della malattia, come la febbre o il dolore, per capire meglio la situazione.

#### 3. Diagnosi e trattamento:

Utilizzando le informazioni fornite e quelle presenti nella sua memoria, MYCIN cercava di capire di quale tipo di infezione si trattava e quali antibiotici sarebbero stati più adatti per curarla.

#### 4. Probabilità:

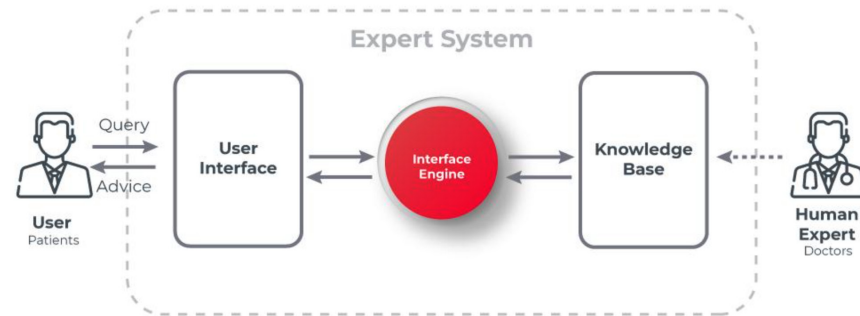
MYCIN non era sempre sicuro al 100%. Darebbe una probabilità su quale infezione potrebbe essere presente e su quali antibiotici potrebbero funzionare meglio.

**Aggiornamenti:** MYCIN era intelligente, quindi se i medici inserivano nuove informazioni o se si verificassero cambiamenti nelle conoscenze

[10.] Kevin Warwick, «INTELLIGENZA ARTIFICIALE LE BASI», s.d., 48.

[11.] «Architecture in the Age of Artificial Intelligence An introduction to AI for architects (Neil Leach)».

mediche, il computer sarebbe stato in grado di imparare e migliorare nel tempo.



In breve, MYCIN era come un assistente digitale per i medici, aiutandoli a fare diagnosi inserendo degli input ai computer e a decidere quali antibiotici utilizzare per trattare le infezioni grazie agli output consigliati<sup>12</sup>.

Nonostante i successi in alcune applicazioni specifiche, la GOFAI ha mostrato limitazioni nell'affrontare la complessità del mondo reale e la mancanza di adattabilità a contesti dinamici. Di conseguenza, il campo si è evoluto in direzione di approcci più basati sui dati, come il machine learning.

## Input e Output

In intelligenza artificiale, l'input e l'output sono concetti fondamentali che si riferiscono rispettivamente alle informazioni fornite al sistema informatico e alle risposte o risultati prodotti dal sistema stesso.

**Input:** L'input rappresenta i dati o le informazioni fornite al sistema di intelligenza artificiale per elaborazione. Questi dati possono provenire da varie fonti, come sensori, database, file di testo o immagini. Ad esempio, nell'ambito del riconoscimento facciale, l'input potrebbe essere un'immagine contenente un volto umano.

**Output:** L'output, invece, è ciò che viene prodotto dal sistema di intelligenza artificiale in risposta agli input forniti. Può assumere diverse forme a seconda del tipo di problema affrontato e dell'applicazione specifica. Ad esempio, nel caso del riconoscimento facciale, l'output potrebbe essere l'etichettatura dell'immagine con il nome della persona riconosciuta, dando conferma dell'identificazione.

In generale, il processo di intelligenza artificiale coinvolge l'elaborazione dell'input attraverso algoritmi e tecniche specifiche per produrre un output desiderato. L'obiettivo è che l'input sia elaborato, accurato e significativo in modo da rendere l'output desiderato ed efficace. Questa pratica di strutturazione della richiesta attraverso input è chiamata dall'inglese "prompt design".

## Prompt Design

“Domani il mondo si dividerà tra quelli che diranno ai computer cosa fare e quelli a cui i computer diranno cosa fare. Per questo costruire prompt efficaci è già adesso una competenza strategica”.  
Marc Andreessen

Il “prompt design” si riferisce al processo di progettazione di istruzioni che vengono fornite a un sistema di intelligenza artificiale (IA) durante l'interazione con gli utenti o durante il training del modello stesso.

Questa pratica è particolarmente importante nel contesto dei modelli di linguaggio generativi che vedremo nei prossimi capitoli, come le reti neurali addestrate per generare testo o immagini, dove il prompt può influenzare significativamente l'output prodotto dal modello. Il prompt può essere costituito da una breve descrizione del compito da eseguire, da domande specifiche o da istruzioni su ciò che ci si aspetta dall'IA.

Un buon design del prompt può aiutare a guidare il modello verso la produzione di risposte più accurate e pertinenti volute dall'utente. Può anche essere utilizzato per specificare il tono, lo stile o il contenuto desiderato dell'output generato.

In sostanza, il prompt design è una strategia chiave per controllare e influenzare il comportamento dei modelli di intelligenza artificiale, assicurandosi che producano risultati coerenti e utili per gli utenti o per il compito in questione.

[12.] Edward Hance Shortliffe, Computer-Based Medical Consultations, MYCIN, Artificial Intelligence Series. 2 (New York: Elsevier, 1976).

# MACHINE LEARNING.

Al contrario dell'AI classica, l'apprendimento automatico conosciuto come “*Machine Learning*” fa un ulteriore passo avanti ed è in grado di addestrarsi autonomamente analizzando grandi quantità di dati organizzati nei cosiddetti Dataset.

Paragoni evidenti possono essere fatti con il procedimento attraverso cui un genitore guida un bambino nell'identificazione di diversi oggetti, come ad esempio animali: “Questa è una mucca”, “Questo è un cavallo” e così via. Parallelamente, è possibile tracciare analogismi con l'istruzione architettonica, dove agli studenti viene impartita la capacità di riconoscere varie caratteristiche e attributi dei progetti architettonici.

Un esempio quotidiano di Machine Learning è la classificazione di Email Spam:

## ESEMPIO 03// CLASSIFICAZIONE DI EMAIL SPAM

### 1. Creazione del Dataset supervisionato:

Raccolgo un dataset di email, ogni email viene etichettata come “spam” o “non spam”.

Ogni email nel dataset è rappresentata come un insieme di caratteristiche (parole chiave, lunghezza del testo, presenza di link, ecc.).

### 2. Addestramento del Modello:

Utilizzo questo dataset per addestrare un modello di machine learning, ad esempio un classificatore binario che assegna a una delle due classi possibili, in questo caso classe spam e classe non spam.

Il modello impara dai dati di addestramento quali caratteristiche sono indicative di email spam e quali no (la presenza di link può essere un caratteristica in analogia alle e-mail di spam).

### 3. Valutazione del Modello:

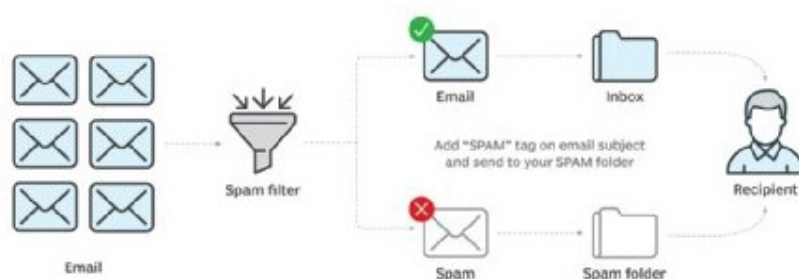
Suddivido il dataset in un set di addestramento e un set di test.

Addestro il modello sul set di addestramento e valuto le sue prestazioni utilizzando il set di test.

### 4. Utilizzo del Modello:

Una volta addestrato e valutato, il modello può essere utilizzato per classificare nuove email come spam o non spam.

Il modello applica quanto ha imparato durante l'addestramento per prendere decisioni sulle nuove email in base alle caratteristiche che ha identificato come indicative di spam.



Questo è solo un esempio basilare, ma illustra il concetto fondamentale del machine learning, che consiste nell'addestrare un modello su dati esistenti già organizzati per fare previsioni o prendere decisioni su nuovi dati che non erano parte del set di addestramento. In sintesi gli algoritmi di machine learning utilizzano efficacemente dati strutturati ed etichettati per fare previsioni. In scenari più complessi, i modelli possono gestire un'ampia gamma di dati e compiti, come il riconoscimento di immagini, il trattamento del linguaggio naturale e altro ancora. In effetti come si è appreso, uno dei migliori campi di applicazione dell'apprendimento automatico per molti anni è stato la visione artificiale<sup>13</sup>, sebbene richiedesse ancora una grande quantità di codifica manuale per ottenere risultati concreti. Le persone scrivevano manualmente classificatori come filtri di rilevamento dei bordi, così il programma poteva identificare dove un oggetto iniziava e finiva; rilevatori di forme per determinare, ad esempio, se un oggetto avesse otto lati; un classificatore per riconoscere le lettere “S-T-O-P.” Da tutti questi classificatori scritti a mano, sviluppavano algoritmi per interpretare l'immagine e “imparare” a determinare se si trattava di un segnale di stop.

Buono, ma non eccezionale. Soprattutto in una giornata nebbiosa, quando il segnale non è perfettamente visibile, o un albero ne oscura una parte. C'è una ragione per cui la visione artificiale e il riconoscimento delle immagini non si sono avvicinati alle capacità umane fino a tempi molto recenti: erano troppo fragili e inclini all'errore.

Il tempo e i giusti algoritmi di apprendimento hanno fatto tutta la differenza.

## Metodi di apprendimento

Le tecniche di assimilazione del machine learning includono l'apprendimento supervisionato, l'apprendimento non supervisionato e l'apprendimento per rinforzo. Nel primo, il modello è addestrato su dati etichettati manualmente, nel secondo su dati non etichettati, mentre nell'ultimo il modello apprende attraverso l'interazione con il contesto, ricevendo feedback in base alle azioni intraprese. Questo processo non differisce significativamente dal modo in cui gli esseri umani imparano.

## Introduzione dei Dataset

Grazie ai progressi tecnologici, all'espansione delle capacità di elaborazione e quasi illimitato immagazzinamento dei dati, uniti all'attuale era dell'informazione che ci coinvolge, si è generata una sovrabbondanza di dati, che sta diventando “l'oro” informatico degli ultimi anni (si basti pensare ormai al mercato della compravendita dei dati personali). L'analisi dei dati è diventata un pilastro fondamentale per l'innovazione, la competitività, la presa di decisioni informate e l'influenza sulle persone.

[13.] Copeland, «What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning?»

Un dataset è un insieme organizzato di dati che viene utilizzato per l'addestramento, la validazione o la valutazione di algoritmi, modelli statistici o reti neurali. Un dataset può rappresentare una collezione di informazioni relative a un determinato problema o dominio e può contenere dati di diversi tipi, come testo, immagini, suoni, dati numerici o altro. I dataset sono essenziali nel campo dell'apprendimento automatico e dell'intelligenza artificiale per sviluppare e testare modelli predittivi o algoritmi.

Alcuni elementi chiave relativi ai dataset includono:

**Esempi o istanze:** Ogni elemento all'interno di un dataset è un'istanza o un esempio di dati. Ad esempio, in un dataset di immagini, ogni immagine rappresenta un'istanza.

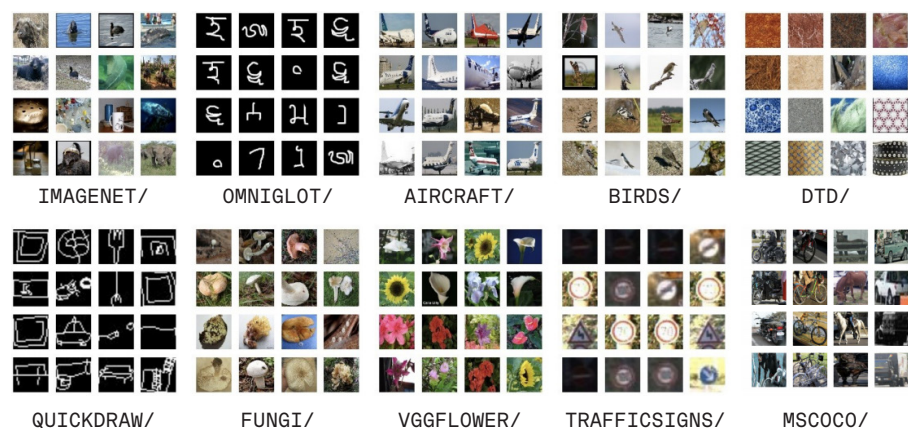
**Attributi o features:** Gli attributi sono le caratteristiche specifiche di ogni istanza nel dataset. Ad esempio, in un dataset di persone, gli attributi potrebbero includere età, altezza, peso, ecc.

**Etichette:** Nei dataset di apprendimento supervisionato, ogni istanza è associata a un'etichetta che rappresenta l'output desiderato o la classe di appartenenza. Ad esempio, in un dataset di immagini di gatti e cani, le etichette potrebbero indicare se l'immagine rappresenta un gatto o un cane.

**Training set, validation set e test set:** I dataset vengono spesso suddivisi in tre parti principali: il training set (insieme di addestramento) viene utilizzato per addestrare il modello, il validation set (insieme di validazione) viene utilizzato per ottimizzare i parametri del modello e il test set (insieme di test) viene utilizzato per valutare le prestazioni del modello su dati non visti.

**Dimensioni del dataset:** Le dimensioni di un dataset si riferiscono al numero totale di istanze presenti al suo interno. In generale, dataset più grandi possono contribuire a un migliore addestramento e generalizzazione dei modelli.

I dataset però sono inutili senza un processo di analisi chiamato estrazione dei dati (Data mining) che sono fondamentali per la fase di addestramento e valutazione dei modelli nel contesto dell'apprendimento automatico e costituiscono una risorsa chiave per sviluppare algoritmi efficaci in una varietà di applicazioni, come il riconoscimento di immagini, il trattamento del linguaggio naturale, la previsione di serie temporali e altro ancora.



## Data Mining e Text Mining

Il data mining e il text mining sono due processi fondamentali nell'ambito dell'intelligenza artificiale che analizzano i Dataset per scoprire modelli o tendenze interessanti, ciascuno con il suo specifico ambito di applicazione e metodologie.

### Data Mining

Il processo di data mining coinvolge l'analisi dei dati attraverso diverse tecniche e algoritmi per scoprire modelli, tendenze, correlazioni o conoscenze nascoste nei dati stessi. Questi modelli possono essere utilizzati per prendere decisioni informate, fare previsioni o per ottimizzare processi aziendali.

Supponiamo di avere un dataset che contiene informazioni sui clienti di un negozio, tra cui età, sesso, reddito e prodotti acquistati. Utilizzando il data mining, potremmo esaminare questo dataset per scoprire modelli o tendenze interessanti. Ad esempio, potremmo scoprire che i clienti di età compresa tra 25 e 35 anni tendono ad acquistare principalmente prodotti tecnologici, mentre i clienti di età superiore ai 60 anni preferiscono prodotti per la casa. Inoltre, potremmo scoprire che le donne hanno una probabilità maggiore di acquistare abbigliamento rispetto agli uomini.

### Text Mining

Il text mining, noto anche come analisi del testo o recupero dell'informazione testuale, è il processo di estrazione di informazioni utili, conoscenza o modelli significativi dai dati testuali non strutturati. Questi dati testuali possono essere tratti da una varietà di fonti, come documenti, articoli di giornale, e-mail, post sui social media, recensioni di prodotti e altro ancora.

Supponiamo di avere un insieme di recensioni dei clienti su un prodotto su un sito di e-commerce. Utilizzando il text mining, possiamo analizzare queste recensioni per scoprire opinioni comuni, sentimenti generali e aspetti del prodotto che i clienti apprezzano o criticano.

Ad esempio, potremmo scoprire che molte recensioni menzionano positivamente la facilità d'uso del prodotto e la qualità del servizio clienti. D'altra parte, potremmo trovare che alcune recensioni lamentano la durata della batteria come un punto debole del prodotto.

In breve, il data mining e il text mining sono strettamente legati ai dataset in quanto si basano sulla disponibilità e sulla qualità dei dati per estrarre informazioni utili e significative<sup>14</sup>.

# DEEP LEARNING.

## LA IA DEL MOMENTO

Per gestire un'ampia gamma di dati e compiti, dobbiamo scendere ancora di complessità, a una sottocategoria del Machine Learning, che è motivo fondamentale per il quale l'IA ha avuto rilevanza nell'ultimo periodo. L'apprendimento profondo, conosciuto come Deep Learning, utilizza reti neurali profonde per modellare relazioni complesse nei dati. Nell'immaginario collettivo odierno, ogni volta che si tratta di intelligenza artificiale, si fa costantemente riferimento al deep learning, e sicuramente non ci si riferisce all'IA basica (GOFAI). È essenziale sottolineare che il successo del deep learning è intrinsecamente legato alla disponibilità di enormi quantità di dati, i quali, come precedentemente accennato, sono diventati ampiamente accessibili grazie ai progressi tecnologici. Il caso di Cambridge Analytica<sup>15</sup> dimostra chiaramente come i dati siano ormai considerati una risorsa preziosa, equivalente al "nuovo oro". Andrew Ng<sup>16</sup>, noto per il suo lavoro nel campo dell'apprendimento profondo, prese queste reti neurali e fece passare una quantità massiccia di dati attraverso un sistema per addestrarlo. Nel caso di Andrew NG, si trattava di immagini tratte da 10 milioni di video di YouTube.

Il deep learning si distingue dal classico machine learning per il tipo di dati con cui lavora e per le modalità con le quali apprende. Infatti l'apprendimento profondo è in grado di addestrare modelli attraverso reti neurali artificiali (Artificial Neural Networks - ANN), ispirate al vero e più vicino funzionamento del cervello umano, per compiere attività complesse senza essere programmate esplicitamente<sup>17</sup>. Le reti neurali sono ispirate alla nostra comprensione della biologia del cervello, con tutte le sue interconnessioni tra neuroni. Tuttavia, a differenza di un cervello biologico, dove qualsiasi neurone può connettersi con qualsiasi altro neurone entro una certa distanza fisica, queste reti neurali artificiali hanno livelli discreti, connessioni specifiche e direzioni di propagazione dei dati.

In generale, c'è una tendenza a usare i termini "deep learning" e "reti neurali" in modo intercambiabile, il che può generare confusione. È importante notare che il termine "profondo" (deep) in "deep learning" si riferisce esclusivamente alla profondità dei livelli presenti in una rete neurale. Si considera un algoritmo di deep learning una rete neurale che comprende più di tre livelli, includendo gli strati di input e di output. Al contrario, una rete neurale con solo due o tre livelli viene semplicemente considerata una rete neurale di base<sup>18</sup>.

### Deep Neural Networks

–

Le reti neurali profonde (Deep Neural Network) sono un tipo di rete neurale artificiale caratterizzata da un'architettura con molteplici strati di nodi, detti strati nascosti. Il livello di input è il punto in cui il modello di deep learning acquisisce i dati da elaborare; il livello di output è il punto in cui viene effettuata la previsione finale o la classificazione. Ogni strato trasforma progressivamente l'input, consentendo alla rete di apprendere rappresentazioni sempre più complesse e astratte dai dati. Questa progressione di elaborazioni attraverso la rete si chiama propagazione in avanti mentre la regressione è denominata retropropagazione (Backpropagation)

[15.] Il caso Cambridge Analytica ha messo in luce la vulnerabilità delle piattaforme social nel proteggere i dati personali e ha sottolineato i rischi legati all'uso dei dati per scopi di manipolazione politica. Ha anche avviato un dibattito globale sulla necessità di una maggiore trasparenza e responsabilità nell'uso delle informazioni personali da parte delle aziende tecnologiche.

[16.] Andrew Ng è un professore associato alla Stanford University, cofondatore di Google Brain e ex Chief Scientist di Baidu. Il suo lavoro ha avuto un impatto profondo sul campo dell'intelligenza artificiale, non solo per le sue innovazioni tecniche ma anche per il suo impegno nell'educazione

che consente alla rete neurale di apprendere dai suoi errori (ritornare ai livelli precedenti) e migliorare le sue prestazioni nel tempo. Ad esempio, si potrebbe prendere un'immagine, suddividerla in una serie di tasselli e inserirli nel primo strato della rete neurale. Ogni neurone del primo strato elabora i dati e li passa al secondo strato. Il secondo strato di neuroni svolge il proprio compito, e così via, fino a raggiungere l'ultimo strato che produce il risultato finale. Nel processo di addestramento, i pesi delle connessioni tra i neuroni vengono regolati automaticamente per migliorare la capacità del modello di effettuare previsioni accurate. Il deep learning eccelle nella cattura di rappresentazioni gerarchiche dei dati, permettendo alla rete di riconoscere caratteristiche di base nei livelli inferiori e di costruire rappresentazioni sempre più complesse nei livelli superiori. Infatti a seconda dell'applicazione, ci sono architetture specializzate di reti neurali profonde, ciascuna progettata per affrontare specifiche sfide e tipi di dati. Alcuni dei tipi più comuni e utilizzati di reti neurali includono:

**Reti Neurali Feedforward (Feedforward Neural Networks - FNN):**

Le reti neurali feedforward sono il tipo più semplice di reti neurali profonde, in cui l'informazione fluisce in una sola direzione, senza cicli o connessioni di retroazione. Sono spesso utilizzate in compiti di classificazione e regressione.

**Reti Neurali Ricorrenti (Recurrent Neural Networks - RNN):**

Progettate per lavorare con dati sequenziali, come il riconoscimento vocale, la traduzione automatica, la generazione di testi, l'analisi delle serie temporali e molti altri compiti. Le RNN hanno connessioni cicliche, il che consente loro di memorizzare informazioni sul passato e utilizzarle per il futuro.

**Reti Neurali Convoluzionali (Convolutional Neural Networks - CNN):**

Ottimizzate per l'elaborazione di dati bidimensionali, come immagini, particolarmente efficaci per compiti di visione artificiale.

**Reti Neurali Trasformative (Transformer Neural Networks - TNN):**

Le reti transformer sono diventate fondamentali per molte applicazioni di elaborazione del linguaggio naturale. GPT (Generative Pre-trained Transformer) e BERT sono esempi notevoli.

**Autoencoder Variazionali (Variational Auto Encoder - VAE):**

Questo tipo di rete è progettato per estrarre rappresentazioni significative da dati complessi che possono poi essere utilizzate per vari scopi, come la classificazione, la generazione o l'analisi delle sequenze.

**Reti Generative Avversarie (Generative Adversarial Networks - GAN):**

Le GAN sono utilizzate per generare dati nuovi e realistici.

**Reti Neurali Ibride:**

Alcune reti neurali combinano caratteristiche di più tipi di reti neurali. Ad esempio, le reti neurali ricorrenti convoluzionali (RCNN) uniscono le capacità delle RNN e delle CNN, rendendole adatte per compiti che coinvolgono sia dati sequenziali che immagini.

e nella democratizzazione della conoscenza. Il suo contributo ha aiutato a portare il deep learning e le sue applicazioni nelle mani di una vasta gamma di ricercatori e professionisti, accelerando l'adozione e l'innovazione in questo campo.

[17.] «Cos'è il deep learning? | IBM», consultato 22 gennaio 2024, <https://www.ibm.com/it-it/topics/deep-learning>.

[18.] «Cosa sono le reti neurali? | IBM», consultato 18 febbraio 2024, <https://www.ibm.com/it-it/topics/neural-networks>.



## FNN - FEED FORWARD NEURAL NETWORKS

Questo è il tipo di rete neurale profonda in cui la struttura è la più semplice: l'informazione si muove in una sola direzione, dall'input attraverso uno o più strati nascosti fino all'output, perfetta per il riconoscimento di oggetti, cose o persone tramite immagini.

### ESEMPIO 04// FNN: RICONOSCIMENTO DI UN IMMAGINE

Immaginiamo di avere una rete neurale profonda come un cervello fittizio che pensa per step (strati). Questo "cervello" è composto da piccoli blocchi chiamati neuroni o livelli, che lavorano insieme per riconoscere animali in immagini. La rete potrebbe avere i seguenti livelli:

#### Primo Livello (STRATO INPUT):

Questo livello potrebbe imparare a rilevare bordi e colori di base nelle immagini. Ad esempio, potrebbe identificare bordi scuri e chiaro che potrebbero corrispondere ai contorni di un animale.

#### Secondo Livello (STRATO NASCOSTO 1):

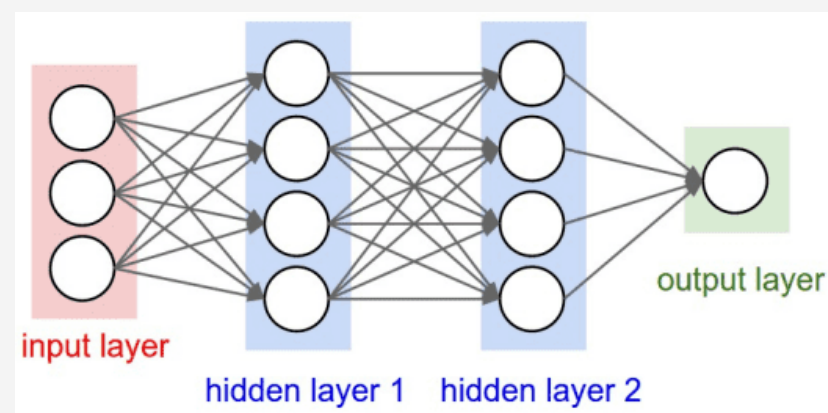
Utilizzando le informazioni dal primo livello, il secondo livello potrebbe imparare a riconoscere forme più complesse, come curve o linee che formano parti di un corpo di un animale.

#### Terzo Livello (STRATO NASCOSTO 2):

Combina le informazioni dei livelli precedenti per riconoscere caratteristiche più avanzate, come gli occhi, le orecchie o la forma generale di un animale.

#### Ultimo Livello (STRATO OUTPUT):

Questo livello potrebbe identificare specifici pattern di caratteristiche che corrispondono a determinati tipi di animali. Ad esempio, se riconosce occhi, orecchie e zampe, potrebbe concludere che l'immagine contiene un cane.



Alcuni esempi:

Riconoscimento di Scrittura a Mano su Tablet:

Applicazioni di riconoscimento di scrittura su tablet, come quelle integrate in dispositivi Apple o Android, spesso utilizzano FNN per convertire la scrittura a mano in testo digitale.

Correzione Automatica nei Processori di Testo:

Funzionalità di correzione automatica in software di elaborazione testi, come Microsoft Word o Google Docs, possono utilizzare FNN per suggerire correzioni grammaticali o ortografiche mentre si scrive.

Riconoscimento Vocale nelle App di Assistenza Virtuale:

Alcune app di assistenza virtuale, come Siri di Apple o Google Assistant, utilizzano FNN per interpretare i comandi vocali degli utenti e fornire risposte o eseguire azioni specifiche.

Filtraggio di Immagini sui Social Media:

Alcuni social media utilizzano FNN per filtrare e moderare contenuti, rilevando automaticamente immagini o testi che potrebbero violare le politiche della piattaforma.

Riconoscimento di Immagini in App di Fotografia:

App di fotografia, come Google Photos, possono utilizzare FNN per riconoscere automaticamente persone, oggetti o luoghi nelle foto, semplificando la ricerca e l'organizzazione delle immagini.

Sistemi di Automazione Residenziale:

Alcuni sistemi di automazione domestica utilizzano FNN per apprendere i pattern di utilizzo degli utenti e ottimizzare l'automazione degli apparecchi domestici in base alle preferenze personali.

Riconoscimento di Numeri di Carte di Credito:

Alcuni servizi di elaborazione di pagamenti online utilizzano FNN per rilevare e validare automaticamente i numeri di carte di credito durante le transazioni.

## RNN - RECURRENT NEURAL NETWORKS

Una Rete Neurale Ricorrente (RNN) è un tipo di architettura di rete neurale che è progettata per lavorare con dati sequenziali o dati con una struttura temporale. La caratteristica chiave delle RNN è la capacità di mantenere uno stato interno o una “memoria” che consente loro di elaborare sequenze di dati in modo progressivo, mantenendo una comprensione del contesto temporale. Questo li rende particolarmente adatti per compiti come il riconoscimento vocale, la traduzione automatica, l'analisi del linguaggio naturale e altri che coinvolgono dati sequenziali. Ecco un esempio semplificato di come funziona una RNN:

### ESEMPIO 05// RNN: ANALISI DEL LINGUAGGIO NATURALE

Immagina di avere una frase come sequenza di parole: “Il gatto insegue il topo.” La tua RNN potrebbe trattare ogni parola come un elemento della sequenza e processarle una alla volta. Vediamo come potrebbe funzionare:

**Input:** Iniziamo con la parola “Il”. Rappresentiamo questa parola come un vettore di input che la RNN può elaborare.

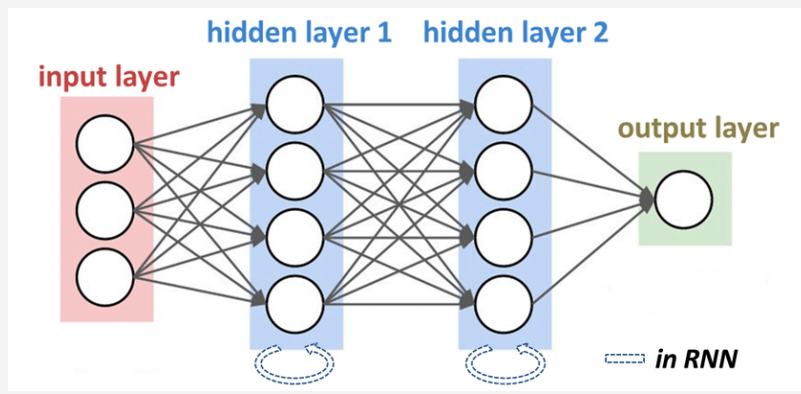
**Memoria Iniziale:** La RNN ha una memoria interna che può immagazzinare informazioni rilevanti. Inizialmente, questa memoria potrebbe essere vuota.

**Elaborazione e Aggiornamento della Memoria:** La RNN prende il vettore di input “Il” e lo processa, tenendo conto della memoria interna. Ad esempio, potrebbe imparare a riconoscere che “Il” è un articolo. La memoria interna si aggiorna con questa informazione.

**Output:** La RNN produce un output in base all'elaborazione. Ad esempio, potrebbe generare una rappresentazione vettoriale che cattura il significato di “Il” in base al contesto.

**Prossima Parola:** Ora passiamo alla parola successiva, “gatto”. La RNN utilizza il vettore di input di “gatto” insieme alla memoria interna aggiornata per generare un nuovo output.

**Aggiornamento Continuo:** Il processo continua per ogni parola nella sequenza. La RNN tiene conto delle informazioni passate grazie alla sua memoria interna, consentendo di catturare relazioni a lungo termine nella sequenza.



Questo è un esempio molto semplificato, e le vere RNN sono molto più complesse, ma la chiave è che tengono conto della sequenzialità dei dati mantenendo una memoria interna che può essere aggiornata e utilizzata per influenzare l'elaborazione delle future parole nella sequenza.

Alcuni esempi di RNN:

**Google Translate:**

Google Translate utilizza reti neurali ricorrenti per migliorare la qualità delle traduzioni automatiche. Le RNN sono particolarmente efficaci nella gestione delle sequenze di parole nelle diverse lingue.

**Facebook:**

Facebook utilizza reti neurali ricorrenti per migliorare la comprensione del linguaggio naturale, facilitando la raccomandazione di contenuti e il riconoscimento di volti nelle foto.

**Apple Siri e Google Assistant:**

I sistemi di assistenza vocale come Siri di Apple e Google Assistant utilizzano reti neurali ricorrenti per il riconoscimento del parlato e per comprendere le richieste vocali degli utenti.

**Amazon Alexa:**

L'assistente virtuale Alexa di Amazon utilizza tecniche di apprendimento profondo, che possono includere reti neurali ricorrenti, per migliorare l'interazione vocale e la comprensione del contesto.

**YouTube:**

YouTube, di proprietà di Google, utilizza algoritmi di apprendimento automatico, tra cui reti neurali, per suggerire video in base alle preferenze degli utenti e migliorare la classificazione dei contenuti.

**Netflix:**

Netflix utilizza algoritmi di apprendimento automatico per raccomandare contenuti personalizzati agli utenti. Ciò può coinvolgere l'uso di reti neurali per comprendere i comportamenti di visualizzazione passati e suggerire nuovi contenuti.

**Tesla Autopilot:**

Nei veicoli Tesla, il sistema di guida autonoma Autopilot utilizza tecniche di apprendimento profondo, che possono includere reti neurali ricorrenti, per interpretare dati provenienti dai sensori e guidare il veicolo in modo autonomo.

**Twitter:**

Twitter utilizza algoritmi di apprendimento automatico, inclusi quelli basati su reti neurali, per personalizzare il feed degli utenti, suggerire contenuti rilevanti e combattere il contenuto indesiderato.

**Salesforce Einstein:**

Salesforce Einstein è una piattaforma di intelligenza artificiale integrata in vari prodotti Salesforce, utilizzata per l'analisi predittiva, la raccomandazione di opportunità di vendita e la personalizzazione delle interazioni con i clienti.

**IBM Watson:**

IBM Watson, una piattaforma di intelligenza artificiale, utilizza diverse tecniche di machine learning, inclusi approcci basati su reti neurali, per analizzare grandi quantità di dati e fornire soluzioni in settori come la sanità, l'istruzione e il business.

## CNN - CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Una Convolutional Neural Network (CNN) è un tipo di rete neurale artificiale progettata specificamente per il trattamento di dati con una struttura di griglia o pixel, come ad esempio immagini. Le CNN sono particolarmente efficaci nel riconoscimento di pattern spaziali e nella gestione di dati che hanno una relazione spaziale tra di loro<sup>19</sup>.

Le CNN sono ampiamente utilizzate in applicazioni di visione artificiale, inclusi problemi di classificazione delle immagini, riconoscimento di oggetti, segmentazione dell'immagine e altro ancora.

### ESEMPIO 06// CNN: IDENTIFICAZIONE DI UN OGGETTO IN UNA FOTO

Immagina di voler sviluppare un'applicazione che può identificare se in una foto è presente un cane o un gatto. Utilizzerai una CNN per questo compito.

#### 1. Raccolta dei Dati

Prima di tutto, avrai bisogno di un ampio dataset di immagini di cani e gatti. Ogni immagine del dataset è etichettata con la classe corrispondente (cane o gatto).

#### 2. Preprocessing delle Immagini

Le immagini vengono preprocessate per ridurre la loro dimensione e standardizzare i dati. Ad esempio, tutte le immagini possono essere ridimensionate a una dimensione fissa, come 224x224 pixel, e normalizzate per avere valori di pixel compresi tra 0 e 1.

#### 3. Costruzione della CNN

Una CNN per il riconoscimento di immagini di cani e gatti può essere composta da diversi strati:

**Strati di Convoluzione:** Questi strati applicano dei filtri (o kernel) alle immagini per estrarre caratteristiche locali, come bordi e texture. Ad esempio, il primo strato di convoluzione potrebbe rilevare bordi orizzontali e verticali nelle immagini.

**Strati di Pooling (Sottocampionamento):** Dopo ogni strato di convoluzione, un'operazione di pooling (come il max pooling) riduce la dimensione delle feature map, mantenendo solo le informazioni più rilevanti e riducendo il numero di parametri e il rischio di overfitting.

**Strati di Attivazione:** Utilizzano una funzione non lineare, come ReLU (Rectified Linear Unit), per introdurre non linearità nel modello e consentire alla rete di apprendere rappresentazioni più complesse.

**Strati Fully Connected:** Alla fine della rete, gli strati fully connected (densamente connessi) aggregano le caratteristiche estratte e producono una previsione finale, ossia la probabilità che l'immagine contenga un cane o un gatto.

#### 4. Addestramento del Modello

Il modello viene addestrato utilizzando il dataset di immagini etichettate. Durante l'addestramento, la CNN apprende a riconoscere le caratteristiche distintive di cani e gatti regolando i pesi dei filtri attraverso un processo di ottimizzazione, come la discesa del gradiente, minimizzando la funzione di perdita (ad esempio, l'errore di classificazione).

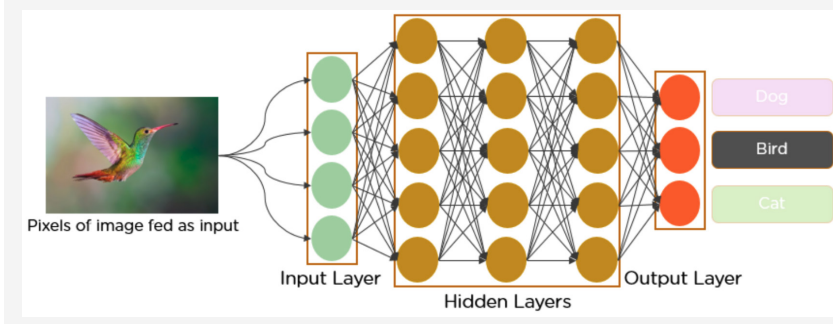
#### 5. Valutazione e Test

Dopo l'addestramento, il modello viene testato su un set di immagini di test non viste durante l'addestramento. La rete CNN fornisce una previsione su ogni immagine, dicendo se si tratta di un cane o un gatto.

#### 6. Applicazione

Una volta addestrato e testato, il modello CNN può essere utilizzato in un'applicazione reale. Ad esempio, un'app per smartphone può pren-

dere una foto di un animale e utilizzare il modello CNN per identificare se è un cane o un gatto.



L'addestramento di questa CNN coinvolgerebbe l'utilizzo di un set di dati di immagini etichettate di gatti e cani per ottimizzare l'output del modello. Durante l'addestramento, la CNN impara automaticamente i filtri di convoluzione che consentono di riconoscere le caratteristiche discriminanti nelle immagini. Una volta addestrato, il modello può essere utilizzato per fare previsioni su nuove immagini. Le CNN hanno rivoluzionato il campo del riconoscimento delle immagini grazie alla loro abilità di catturare pattern spaziali. Queste reti neurali sono ampiamente utilizzate in software noti, tra cui:

**Adobe Photoshop:**

**Descrizione:** Adobe Photoshop, uno dei software di fotoritocco più popolari, utilizza algoritmi basati su reti neurali, inclusi modelli CNN, per funzionalità come il miglioramento automatico delle immagini, la rimozione di rumore e il riconoscimento di oggetti.

**Google Photos:**

**Descrizione:** Google Photos sfrutta le CNN per il riconoscimento facciale, la categorizzazione automatica delle immagini e l'etichettatura degli oggetti. Questo permette agli utenti di cercare immagini basate su persone, luoghi o oggetti.

**Tesla Autopilot:**

**Descrizione:** Nel contesto dell'industria automobilistica, Tesla utilizza CNN nei sistemi di assistenza alla guida, come Autopilot, per la rilevazione e la classificazione degli oggetti lungo la strada, consentendo funzionalità come il mantenimento della corsia e l'assistenza al parcheggio.

**DeepDream di Google:**

**Descrizione:** DeepDream è un progetto di Google che utilizza CNN per generare immagini artistiche modificando le caratteristiche di un'immagine originale. Le CNN sono impiegate per estrarre e accentuare particolari modelli visuali.

**Facebook Automatic Image Tagging:**

**Descrizione:** Facebook utilizza CNN per l'etichettatura automatica delle immagini, riconoscendo gli amici nelle foto e suggerendo tag in base alle persone riconosciute.

**Google Lens:**

**Descrizione:** Google Lens sfrutta le CNN per riconoscere oggetti, testi e informazioni nelle immagini catturate dalla fotocamera di un dispositivo mobile, fornendo interazioni e risultati contestuali.

[19.] Cristiano Casadei, «Reti convoluzionali», maggiolidevelopers (blog), 4 novembre 2019, <https://www.developersmaggioli.it/blog/reti-convoluzionali/>.

## TNN - TRANSFORMER NEURAL NETWORKS

Le “Transformer Neural Networks” (o semplicemente “Transformer”) sono un tipo di architettura di rete neurale che ha rivoluzionato l’ambito dell’apprendimento automatico, in particolare nel trattamento del linguaggio naturale (Natural Language Processing, NLP)<sup>20</sup>.

Le Transformer sono state progettate per superare alcune limitazioni delle architetture precedenti, come le reti neurali ricorrenti (RNN) e le reti neurali convoluzionali (CNN), nelle quali il flusso di informazioni è gestito sequenzialmente o tramite riconoscimento esclusivo di immagini<sup>21</sup>.

Caratteristiche chiave delle Transformer:

**Self-Attention Mechanism (Auto Attenzione):** Questa è la caratteristica distintiva delle Transformer. Il meccanismo di “auto attenzione” consente alla rete di assegnare pesi diversi a diverse parti dell’input, concentrandosi su elementi rilevanti durante la fase di elaborazione.

**Parallelizzazione:** Le Transformer consentono una maggiore “parallelizzazione” dei dati durante l’addestramento, rendendo l’architettura più efficiente con un continuo confronto in termini computazionali rispetto alle RNN che utilizzano una trasmissione del dato più lineare.

### ESEMPIO 07// TNN:TRADUZIONE UNA FRASE

Supponiamo di avere una frase di input “Il gatto è sul tappeto.” e vogliamo tradurla in inglese. Ecco come potrebbe funzionare una Transformer in modo semplificato:

#### 1. Input:

Ogni parola della frase di input viene rappresentata come un numero che cattura il suo significato.

#### 2. Self-Attention:

La rete considera ogni parola in relazione alle altre, dandole un peso in base al contesto. Ad esempio, nella frase “Il gatto è sul tappeto”, quando si analizza la parola “gatto” il self-attention dà più rilevanza rispetto alle altre parole come “Il”, “è”, “sul”, “tappeto”.

#### 3. Aggiornamento con Feedforward:

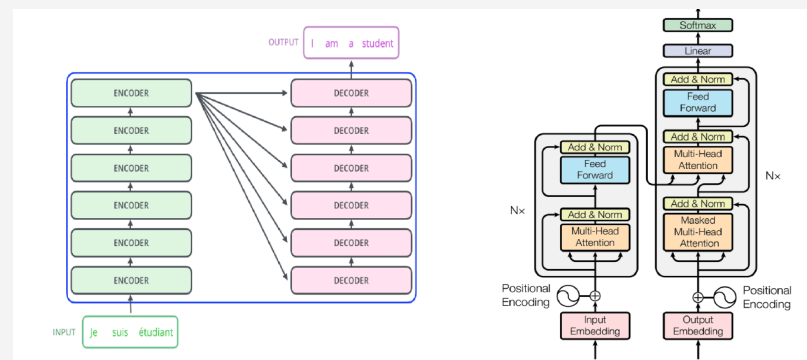
I pesi delle parole vengono aggiornati, tenendo conto del contesto derivato dal self-attention.

#### 4. Decoder:

Il processo si ripete nel decoder, dove la rete cerca di generare la traduzione in base al contesto appreso.

#### 4. Output:

Infine, un livello produce le probabilità delle parole e fornisce la traduzione più probabile e comune.



[20.] Il linguaggio naturale è il modo in cui gli esseri umani comunicano tra loro usando parole, frasi e discorsi complessi. È chiamato “naturale” perché si sviluppa spontaneamente tra le persone, senza una programmazione formale, a differenza dei linguaggi artificiali come i linguaggi di programmazione o i codici matematici.

[21.] Ashish Vaswani et al., «Attention Is All You Need» (arXiv, 1 agosto 2023), <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>.

Le Transformer sono state inizialmente sviluppate per il Natural Language Process (Elaborazione del Linguaggio Naturale), ma hanno dimostrato di essere altamente versatili e sono state estese ad altri compiti, come il computer vision. Il modello “GPT” (Generative Pre-trained Transformer) di OpenAI e il modello “BERT” (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) di Google sono esempi di applicazioni di successo nel campo del linguaggio naturale. Questi modelli specializzati sul linguaggio naturale sono denominati come large language model (LLM) e sono costruiti utilizzando l’architettura dei Transformer. In altre parole, un LLM è un’applicazione specifica e altamente scalata dei Transformer per il dominio del linguaggio naturale.

### LARGE LANGUAGE MODEL (LLM)

Un “Large Language Model” (LLM), o grande modello di linguaggio, è un tipo di intelligenza artificiale progettato per comprendere e generare testo naturale in linguaggio umano. Questi modelli sono basati su tecniche di apprendimento automatico, in particolare su reti neurali transformer. Le reti neurali sono l’architettura fondamentale che consente a questi modelli di analizzare e produrre testo con un alto grado di accuratezza e coerenza<sup>22</sup>.

Un Large Language Model (LLM) è un modello di apprendimento automatico addestrato su grandi quantità di dati testuali per comprendere e generare testo in linguaggio naturale. Esempi di LLM includono GPT-3 e GPT-4 di OpenAI. La “grandezza” di un LLM si riferisce generalmente al numero di parametri nel modello. Ad esempio, GPT-3 ha 175 miliardi di parametri, che rappresentano i pesi delle connessioni tra i neuroni nella rete neurale. Gli LLM possono eseguire una varietà di compiti legati al linguaggio, come traduzione automatica, generazione di testo, completamento di frasi, risposta a domande, analisi del sentimento e molto altro.

### ESEMPIO 08// LARGE LANGUAGE MODEL

Supponiamo di avere un LLM addestrato su una vasta quantità di dati testuali. Se gli viene data la frase incompleta “Il sole splende nel cielo e gli uccelli...”, il modello utilizza le connessioni nella rete neurale, basate sul contesto delle parole precedenti, per prevedere e generare la continuazione della frase. Può ad esempio completarla con “...cantano felici.”

[22.] Thimira Amarantunga, Understanding Large Language Models: Learning Their Underlying Concepts and Technologies (Berkeley, CA: Apress, 2023), <https://doi.org/10.1007/979-8-8688-0017-7>.

## LARGE ACTION MODEL (LAM)

-

Un Large Action Model (LAM) invece, è un concetto analogo ai Large Language Models (LLM) ma è specificamente orientato a comprendere e generare azioni anziché testo. Sebbene il termine non sia comune quanto LLM, l'idea di un modello di azioni su larga scala si basa sulle stesse fondamenta delle reti neurali profonde e dell'apprendimento automatico<sup>23</sup>.

Un LAM sarebbe un modello di apprendimento automatico addestrato su un'enorme quantità di dati che descrivono azioni umane o robotiche in vari contesti. L'obiettivo è quello di comprendere, prevedere e generare sequenze di azioni complesse in modo autonomo. Questi modelli possono essere utilizzati in molteplici applicazioni, come la robotica, i videogiochi, la simulazione di comportamenti umani e il controllo autonomo di veicoli. La "grandezza" di un LAM, come per gli LLM, si riferisce al numero di parametri nel modello, che rappresentano i pesi delle connessioni tra i neuroni nella rete neurale. Maggiore è il numero di parametri, più complessi e precisi possono essere i comportamenti generati o riconosciuti dal modello. I LAM possono eseguire una varietà di compiti legati alle azioni, come la pianificazione e l'esecuzione di movimenti in robotica, la simulazione di comportamenti umani realistici in ambienti virtuali, il controllo di dispositivi autonomi e la generazione di animazioni per personaggi nei videogiochi.

Un Large Action Model è un potente strumento di intelligenza artificiale basato su reti neurali profonde, progettato per comprendere e generare azioni complesse. Sebbene il concetto non sia ancora diffuso quanto quello degli LLM, i principi di base sono simili, con l'accento posto sulla modellazione e previsione delle azioni anziché del linguaggio.

### ESEMPIO 09// LARGE ACTION MODEL: CASO RABBIT OS

#### how LAM + rabbit OS work:



Il Rabbit OS è un software uscito nel corso del 2024 che integra il Large action Model e permette di svolgere azioni al posto dell'utente. Nonostante la sua rivoluzione tecnologica nei sistemi operativi alcuni utenti hanno riportato problemi di performance e stabilità con Rabbit OS. In un mercato in cui l'affidabilità era un fattore cruciale, questi problemi hanno ulteriormente danneggiato la reputazione del sistema operativo. Il Rabbit OS ha fallito principalmente a causa di una combinazione di concorrenza feroce, compatibilità limitata, una base di utenti e sviluppatori ridotta, e una mancanza

di innovazione e marketing efficace. Questi fattori hanno impedito a Rabbit OS di affermarsi come una valida alternativa ai sistemi operativi già esistenti confermando ancora una volta la teoria della curva di Gartner.

## LARGE SCALE LANGUAGE MODELS (LLI)

-

I Large-Scale Language-Image Models (LLI) sono modelli che combinano dati testuali e visivi su larga scala per generare o analizzare contenuti multimediali complessi. Questi modelli sono addestrati su enormi database contenenti milioni o miliardi di immagini associate a descrizioni testuali, permettendo loro di apprendere le relazioni tra linguaggio e immagini<sup>24</sup>.

[23.] Nico Klingler, «Large Action Models: Beyond Language, Into Action», viso.ai, 24 maggio 2024, <https://viso.ai/deep-learning/large-action-models-beyond-language-into-action/>.

[24.] «Koehler - 2023 - More than anything Advocating for synthetic archi.pdf», s.d.

## VAE - VARIATIONAL AUTO ENCODER

### ▶ STRUTTURA E ENCODING

Un autoencoder è una rete neurale utilizzata per l'apprendimento non supervisionato della rappresentazione dei dati. La sua struttura è composta da due parti principali: un "encoder" e un "decoder". L'encoder in informatica svolge il ruolo di convertitore o codificatore che trasforma un'informazione da una forma a un'altra, spesso riducendo la dimensione o estraendo le caratteristiche più rilevanti dell'input<sup>25</sup>. L'obiettivo principale di un auto encoder è rappresentare i dati in ingresso in uno spazio di dimensioni ridotte (l'encoding), e successivamente ricostruire i dati originali a partire da questa rappresentazione (la decodifica). Ecco una breve spiegazione delle due parti principali di un auto encoder:

### ▶ ENCODER

Questa parte della rete riduce la dimensionalità dei dati in ingresso. L'encoder converte i dati in input in una rappresentazione compressa, spesso chiamata "codice" o "embedding". Durante questo processo, l'auto encoder cerca di catturare le caratteristiche più rilevanti dei dati di input.

### ▶ DECODER

Il decoder accetta la rappresentazione compressa generata dall'encoder e cerca di ricostruire i dati originali. L'obiettivo è minimizzare la differenza tra i dati di input originali e i dati ricostruiti durante l'addestramento. La capacità del decoder di recuperare i dati originali costituisce una valutazione delle informazioni conservate nell'embedding generato dall'encoder.

### ▶ ESEMPIO

#### ESEMPIO 10// VAE: RICOSTRUZIONE DI UN'IMMAGINE DOPO LA COMPRESIONE

Un esempio pratico di autoencoder potrebbe essere la ricostruzione di immagini attraverso una rappresentazione compressa. In questo esempio, useremo un autoencoder semplice con uno strato di input, uno strato nascosto (encoder), e uno strato di output (decoder).

Architettura dell'Autoencoder:

**Input Layer:** Ad esempio, se consideriamo immagini in scala di grigi di dimensione 28x28 pixel, avremo 784 pixel nello strato di input (28x28=784).

**Hidden Layer (Encoder):** Questo strato rappresenterà la compressione delle immagini. Potrebbe avere meno nodi rispetto allo strato di input, ad esempio 128 pixel.

**Output Layer (Decoder):** Questo strato ricostruirà l'input originale. Avrà lo stesso numero di nodi dello strato di input, cioè 784 pixel.

Passaggi:

**1. Input:** Si fornisce un'immagine di dimensioni 28x28 pixel, convertita in un vettore di 784 pixel.

**2. Forward Propagation (Encoder):**

Gli input dei pixel sono pesati e sommati nello strato nascosto (encoder).

Si applica una funzione di attivazione per ottenere la rappresentazione compressa dei pixel.

**3. Forward Propagation (Decoder):**

La rappresentazione compressa è pesata e sommata nello strato di output (decoder).

Si applica una funzione di attivazione per ottenere i valori di output, che dovrebbero essere una ricostruzione dell'immagine originale.

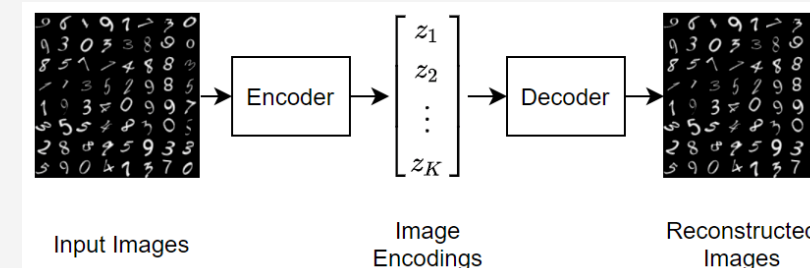
Calcolo dell'Errore: Si calcola l'errore tra l'immagine originale e la sua ricostruzione.

#### 4. Backpropagation:

Si calcolano i gradienti rispetto ai pesi utilizzando l'algoritmo di retropropagazione dell'errore.

I pesi vengono aggiornati in modo che l'errore di ricostruzione diminuisca.

**5. Iterazioni:** Questi passaggi vengono ripetuti su un set di dati di addestramento per molte iterazioni fino a quando la rete apprende a comprimere e ricostruire correttamente le immagini.



L'autoencoder apprenderà rappresentazioni efficienti delle immagini nell'encoder, che possono essere utilizzate per scopi come la compressione delle immagini o la rimozione del rumore<sup>26</sup> e altro ancora.

Alcuni esempi pratici di VAE:

Google DeepMind:

Compressione delle immagini: Google DeepMind ha esplorato l'uso dei VAE per la compressione di immagini, riducendo la dimensione dei file senza compromettere in modo significativo la qualità visiva. Questo tipo di compressione trova applicazioni nei servizi di cloud storage e nelle applicazioni web, migliorando l'efficienza del caricamento e del salvataggio delle immagini.

Spotify:

Sistemi di raccomandazione: Spotify ha sperimentato l'uso dei VAE per migliorare i suoi sistemi di raccomandazione musicale. Utilizzando VAE per apprendere rappresentazioni latenti delle preferenze degli utenti e delle caratteristiche delle canzoni, Spotify può offrire suggerimenti musicali personalizzati in base al comportamento passato dell'utente.

NVIDIA:

Generazione di immagini realistiche: NVIDIA ha utilizzato VAE per generare volti umani realistici. In combinazione con altre tecniche, come GAN (Generative Adversarial Networks), i VAE sono stati utilizzati per sintetizzare immagini di volti umani che sembrano autentiche, ma non corrispondono a nessuna persona reale esistente. Queste tecnologie sono alla base di strumenti come il generatore di volti "This Person Does Not Exist".

OpenAI:

Generazione di storie e contenuti testuali: OpenAI ha sperimentato VAE per la generazione di testi creativi e narrativa. I VAE sono utilizzati per generare contenuti in modo controllato, creando nuove versioni di storie esistenti o testi creativi che rispettano una determinata struttura o stile.

[26.] Il "rumore" in un'immagine si riferisce a disturbi indesiderati o variazioni casuali nei valori di colore o luminosità dei pixel, che non fanno parte dell'informazione originale dell'immagine.

[25.] «Zero to Deep Learning with Keras and Tensorflow (Francesco Mosconi).pdf», s.d.

### ▶ APPLICAZIONI PRATICHE

## GAN - GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS

### ▶ SETTORI E APPLICAZIONI

Le Generative Adversarial Network è un tipo di architettura di rete neurale e vengono utilizzate per generare dati sintetici indistinguibili da quelli reali e hanno applicazioni in settori come la grafica, la medicina e la sicurezza informatica. La loro capacità di generare dati realistici è notevole, ma richiede attenzione nella gestione per evitare problemi potenziali durante l'addestramento

### ▶ GENERATORE E DISCRIMINATORE

Una GAN (Generative Adversarial Network) è composta da due sistemi principali: il Generatore e il Discriminatore. Questi due elementi sono addestrati simultaneamente in un processo competitivo. Il Generatore cerca di creare dati sintetici simili a quelli di un insieme di addestramento esistente, mentre il Discriminatore valuta se il dato del generatore è reale o falso. L'obiettivo è raggiungere un equilibrio in cui il Generatore produce dati così realistici che il Discriminatore non può più distinguerli dai dati reali<sup>22</sup>.

Ecco come funziona in modo semplificato:

### ▶ ESEMPIO

#### ESEMPIO 11// GAN: GENERAZIONE DI UN'OPERA D'ARTE

##### Generatore (Artista):

L'artista (generatore) inizia a creare opere d'arte casuali. Inizialmente, queste opere potrebbero sembrare poco autentiche e lontane dalla realtà.

##### Discriminatore (Critico d'Arte):

Il critico d'arte (discriminatore) inizia a valutare le opere d'arte. Inizialmente, è difficile per il critico distinguere tra opere autentiche e quelle create dall'artista, poiché le prime opere dell'artista sono molto diverse dalle opere autentiche.

##### Feedback e Ottimizzazione:

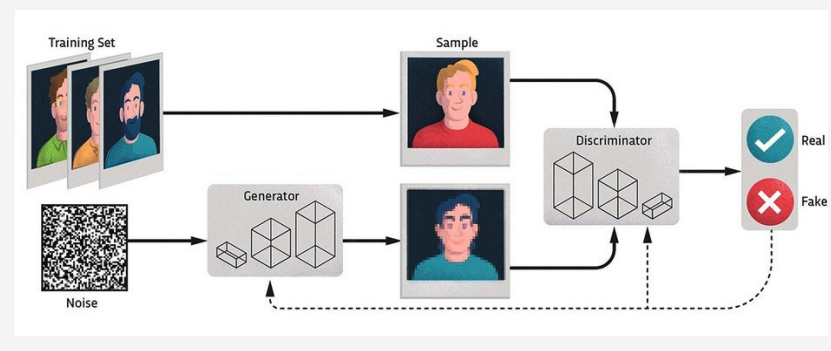
Il critico fornisce un feedback all'artista su cosa funziona e cosa no. L'artista si impegna a migliorare le sue opere in base a questo feedback. Nel frattempo, il critico migliora la sua capacità di distinguere tra opere autentiche e quelle generate dall'artista.

##### Iterazioni:

Questo processo di creazione e valutazione continua in diverse iterazioni. L'artista cerca costantemente di migliorare, creando opere d'arte sempre più autentiche, mentre il critico si adatta a diventare sempre più esperto nel distinguere tra opere autentiche e finte.

##### Opere d'Arte "Realistiche":

Nel corso delle iterazioni, l'artista diventa sempre più bravo nella creazione di opere d'arte che il critico trova difficile distinguere da opere autentiche. Alla fine, l'artista ha imparato a generare opere d'arte "realistiche" che possono ingannare il critico.



### ▶ APPLICAZIONI PRATICHE

Il processo di competizione tra il generatore e il discriminatore continua finché il generatore riesce a produrre dati difficili da distinguere dalla realtà. Questo processo di competizione porta alla creazione di elementi artificiali che sembrano sorprendentemente autentici.

Alcuni esempi pratici di GAN:

#### DeepArt:

DeepArt è un servizio online che utilizza le GAN per trasformare le foto degli utenti in opere d'arte in stili artistici famosi.

#### GANPaint Studio:

GANPaint Studio è un'applicazione che utilizza le GAN per modificare le immagini, consentendo agli utenti di aggiungere, rimuovere o modificare oggetti nelle foto in modo realistico.

#### NVIDIA GauGAN:

GauGAN di NVIDIA è un'applicazione che utilizza una GAN per trasformare schizzi rudimentali in scene fotografiche realistiche. L'utente può disegnare oggetti e paesaggi e vedere il generatore GAN tradurli in immagini dettagliate.

#### This Person Does Not Exist:

Il sito web "This Person Does Not Exist" utilizza una GAN per generare volti umani che sembrano autentici, ma in realtà sono completamente generati artificialmente. Il progetto dimostra l'abilità delle GAN nel creare immagini convincenti.

#### Art Breeder:

Art Breeder è una piattaforma online che sfrutta le GAN per consentire agli utenti di mescolare e combinare diverse immagini artistiche, creando opere uniche e personalizzate.

#### DeepDream di Google:

DeepDream è un progetto di Google che utilizza le GAN per generare immagini artistiche. L'algoritmo cerca di identificare e potenziare i modelli visuali nei dati di input, producendo risultati psichedelici e surreali.

#### StyleGAN di NVIDIA:

StyleGAN è una variante di GAN sviluppata da NVIDIA che può generare immagini ad alta risoluzione e di alta qualità. È stato utilizzato in diverse applicazioni creative e artistiche.

#### DALL-E di OpenAI:

DALL-E è un modello generativo sviluppato da OpenAI basato su GAN, in grado di generare immagini completamente nuove a partire da descrizioni testuali.

#### FaceApp:

FaceApp utilizza una variante di GAN per applicare filtri di invecchiamento, ringiovanimento e altri effetti alle immagini dei volti degli utenti.

## HNN - HYBRID NEURAL NETWORKS

### ► SETTORI E APPLICAZIONI

Le reti neurali ibride sono modelli di reti neurali che combinano più di un tipo di architettura di rete neurale all'interno dello stesso sistema, ovvero quelle più utilizzate. Questo approccio ibrido può sfruttare le specifiche competenze e capacità di diverse architetture neurali, cercando di ottenere il massimo vantaggio da ciascuna.

Esempi di reti neurali ibride possono includere combinazioni di reti neurali convoluzionali (CNN), reti neurali ricorrenti (RNN), e reti neurali completamente connesse (FNN). Questo tipo di approccio può essere utile in molte applicazioni, poiché ciascun tipo di rete ha le sue specifiche caratteristiche e aree di forza<sup>28</sup>.

### ► ESEMPIO

#### ESEMPIO 12// GAN: GENERAZIONE DI UN'OPERA D'ARTE

Immaginiamo di avere un'applicazione che deve riconoscere oggetti in tempo reale in un video. In questo caso, potremmo utilizzare una rete neurale ibrida che combina le caratteristiche delle reti neurali convoluzionali (CNN) per l'analisi delle immagini con le reti neurali ricorrenti (RNN) per la gestione della sequenza temporale.

#### **Fase di Riconoscimento di Immagini (CNN):**

Utilizziamo un'architettura di rete neurale convoluzionale per analizzare frame singoli del video. La CNN è particolarmente abile nell'identificare pattern e feature spaziali nelle immagini. Ad esempio, se stiamo monitorando una strada, la CNN può individuare veicoli, pedoni e altri oggetti.

#### **Fase di Analisi Temporale (RNN):**

Ora, vogliamo che il nostro sistema sia in grado di comprendere la sequenza temporale degli oggetti nel video. Introduciamo una rete neurale ricorrente (RNN) che riceve le informazioni dalla CNN frame dopo frame. La RNN può aiutare a tenere traccia delle relazioni temporali tra gli oggetti, ad esempio riconoscendo che un veicolo si è spostato da una posizione all'altra nel tempo.

#### **Decisione Finale:**

Combiniamo le informazioni ottenute dalla CNN e dalla RNN per prendere decisioni complessive. Ad esempio, se la CNN ha identificato un veicolo, la RNN può aiutare a seguire il suo movimento attraverso i frame successivi. Questa informazione combinata potrebbe essere utilizzata per compiere decisioni in tempo reale, come avvertire di un potenziale

In questo esempio, l'architettura ibrida sfrutta le forze delle CNN nell'analisi spaziale delle immagini e delle RNN nella gestione delle sequenze temporali. Questo approccio può essere estremamente utile in scenari in cui è necessario comprendere non solo cosa è presente in un'immagine, ma anche come cambiano le cose nel tempo, come nel caso di un video in movimento.

Ecco alcuni esempi di reti neurali ibride:

Reti Neurali Convoluzionali con Strutture Ricorrenti (CNN-RNN):

In alcune applicazioni di elaborazione di sequenze, come la descrizione di immagini o il riconoscimento di attività in video, sono state sviluppate reti neurali ibride che combinano strati convoluzionali per l'estrazione di feature spaziali con strati ricorrenti per catturare informazioni sequenziali nel tempo.

Reti Neurali Convoluzionali con Reti Neurali Trasformer (CNN-Transformer):

Alcuni modelli ibridi combinano l'efficacia delle reti neurali convoluzionali (CNN) per l'elaborazione delle immagini con l'architettura transformer per affrontare compiti che richiedono una comprensione più ampia del contesto, come la gene-

razione di didascalie per le immagini.

Reti Neurali Trasformer con Reti Neurali Ricorrenti (Transformer-RNN):

In alcune applicazioni di elaborazione del linguaggio naturale, si possono trovare reti neurali ibride che combinano l'architettura transformer per la gestione delle lunghe dipendenze con strati ricorrenti per catturare il contesto sequenziale.

Reti Neurali Ricorrenti con Memoria a Lungo Termine e Reti Neurali Trasformer (LSTM-Transformer):

Alcuni modelli ibridi integrano sia strati LSTM che strati transformer per beneficiare delle capacità di memoria a lungo termine delle LSTM e della capacità delle transformer di catturare relazioni a lungo raggio.

Reti Neurali Convoluzionali con Autoencoder:

In applicazioni di visione artificiale, reti neurali ibride possono essere costruite combinando strati convoluzionali con un autoencoder, consentendo la generazione e la ricostruzione efficiente delle immagini.

Reti Neurali Ibride per la Predizione delle Azioni Umane:

In applicazioni di analisi video, possono essere sviluppate reti neurali ibride che combinano reti convoluzionali per l'analisi dell'immagine con reti ricorrenti per la comprensione delle dinamiche temporali, consentendo la predizione delle azioni umane in sequenze video.

La capacità del deep learning di trarre vantaggio da ampi set di dati durante l'addestramento contribuisce significativamente al suo successo, consentendo ai modelli di apprendere pattern e relazioni complesse.

[27.] Faqiang Liu et al., «Advancing Brain-Inspired Computing with Hybrid Neural Networks», National Science Review 11, fasc. 5 (3 aprile 2024): nwa066, <https://doi.org/10.1093/nsr/nwae066>.



# REINFORCEMENT LEARNING.

## APPRENDIMENTO PER RINFORZO

Il reinforcement learning, un ramo dell'intelligenza artificiale, mira a sviluppare algoritmi che imparano a compiere azioni ottimali tramite l'interazione con un ambiente fisico<sup>29</sup>. In questo approccio, un agente<sup>30</sup> prende decisioni sequenziali per massimizzare una ricompensa cumulativa nel lungo termine. L'agente apprende tramite il feedback dell'ambiente: azioni che portano a risultati positivi vengono rinforzate con una ricompensa, mentre quelle che producono risultati negativi ricevono una penalità. Il processo di apprendimento consiste nel trovare una strategia che massimizzi il totale delle ricompense nel tempo.

Il reinforcement learning è strettamente correlato al deep learning, in quanto i modelli di deep learning possono essere impiegati per rappresentare l'agente nell'ambiente di apprendimento. Le reti neurali profonde, in particolare, possono approssimare la funzione di valore dell'agente o la sua politica decisionale. Il deep reinforcement learning fonde i principi del reinforcement learning con le capacità di apprendimento profondo offerte dalle reti neurali profonde. Questa combinazione ha portato a significativi progressi in settori come i giochi da tavolo (come AlphaGo di DeepMind) e il controllo robotico, consentendo agli agenti di apprendere strategie complesse e adattive in ambienti di apprendimento sfidanti.

### ESEMPIO 13// APPRENDIMENTO DI UN ROBOTINO ASPIRAPOLVERE

Immagina di avere un robotino aspirapolvere che deve pulire il pavimento di una stanza rettangolare. La stanza ha alcuni ostacoli come mobili e muri, e il robotino deve imparare a navigare nella stanza per pulire efficacemente tutta la superficie senza urtare gli ostacoli.

#### Componenti chiave del Reinforcement Learning:

► **Agente:** Il robotino aspirapolvere è l'agente che deve imparare a pulire la stanza.

► **Ambiente:** La stanza, con i suoi muri e ostacoli, rappresenta l'ambiente in cui il robotino si muove.

► **Azioni:** Il robotino può eseguire diverse azioni, come:  
Muoversi avanti  
Girare a sinistra  
Girare a destra  
Fermarsi

► **Stato:** La posizione e l'orientamento del robotino nella stanza, così come l'area già pulita o non pulita.

► **Ricompensa:** Il robotino riceve una ricompensa positiva quando pulisce una parte del pavimento e una ricompensa negativa quando urta un ostacolo o si muove inutilmente su una zona già pulita.

#### Come funziona l'apprendimento:

Inizialmente, il robotino non sa come muoversi efficacemente nella stanza, quindi inizia a esplorare in modo casuale.

**Esplorazione:** Il robotino prova diverse combinazioni di mosse. A volte pulisce una nuova area, altre volte urta contro un muro o si sposta su una zona già pulita.

**Riceve ricompense:** Ogni volta che il robotino pulisce una nuova parte del pavimento, riceve una ricompensa positiva (ad esempio, +1 punto). Se colpisce un ostacolo, riceve una penalità (ad esempio, -10 punti). Se si muove su una zona già pulita, riceve una piccola penalità (ad

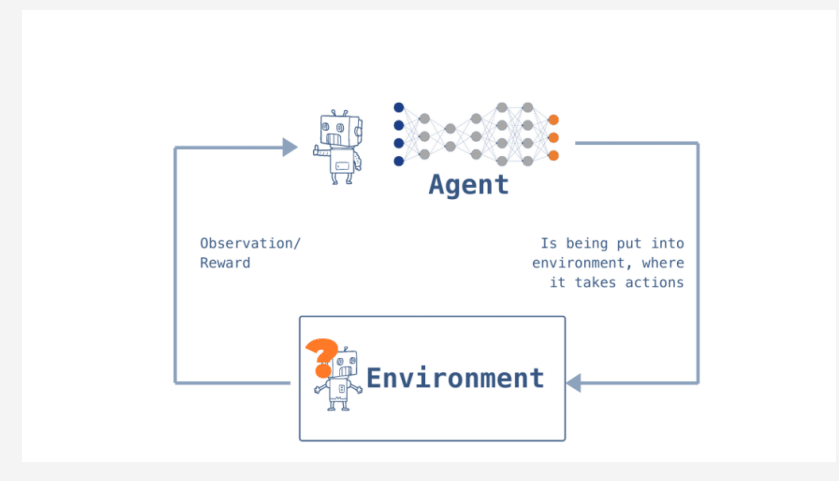
esempio, -1 punto).

**Apprendimento:** Col passare del tempo, il robotino impara quali azioni lo aiutano a pulire la stanza più efficacemente. Ad esempio, impara a evitare gli ostacoli e a non ripassare su zone già pulite.

**Politica:** Alla fine del processo di apprendimento, il robotino sviluppa una politica, cioè una strategia ottimale per pulire la stanza. Ad esempio, potrebbe imparare a pulire sistematicamente da sinistra a destra, evitando di urtare gli ostacoli.

#### Risultato:

Dopo aver esplorato e imparato, il robotino è in grado di pulire la stanza nel modo più efficiente possibile, riducendo al minimo i movimenti inutili e gli urti contro gli ostacoli.



Questo è un esempio molto semplice di come funziona il Reinforcement Learning. Nella realtà, gli algoritmi di RL vengono utilizzati per risolvere problemi molto più complessi, come il controllo di robot, l'ottimizzazione di strategie di gioco, la gestione delle risorse in una rete e molto altro.

[29.] «What Is Reinforcement Learning? | IBM», 29 febbraio 2024, <https://www.ibm.com/topics/reinforcement-learning>.

[30.] Un agente autonomo è un qualsiasi sistema in grado di prendere decisioni e agire in risposta al suo ambiente in modo indipendente dalle istruzioni dirette di un utente umano.

# ARTIFICIAL GENERAL INTELLIGENCE.

L'Artificial General Intelligence (AGI) è un concetto nell'ambito dell'intelligenza artificiale che si riferisce a un sistema capace di comprendere, apprendere, adattarsi e operare in molteplici contesti in modo quasi uguale all'intelligenza umana. In altre parole, un AGI sarebbe in grado di eseguire una vasta gamma di compiti intellettuali con una flessibilità e una capacità di apprendimento simili a quelle di un essere umano non limitandosi a task specifici. A differenza dell'Intelligenza Artificiale Ristretta (Narrow AI, tutto ciò che abbiamo visto fino ad adesso), che è progettata per svolgere compiti specifici (come riconoscere immagini, giocare a scacchi o tradurre lingue), l'AGI avrebbe la capacità di generalizzare conoscenze e competenze da un dominio all'altro, senza bisogno di essere riprogrammato o ridefinito per ciascuna attività, proprio come fanno gli esseri umani.

Questo livello di intelligenza artificiale è spesso visto come il culmine dell'ambizione nel campo dell'IA, anche se al momento è ancora una prospettiva futuristica e non esiste ancora un AGI sviluppato. La sua funzione potrebbe costituire una potenziale minaccia per il mercato del lavoro, ad esempio, nel servizio clienti, l'AGI potrebbe fornire risposte personalizzate e anticipare problemi grazie all'analisi dei dati dei clienti. Nell'istruzione, potrebbe adattare il percorso di apprendimento di uno studente in tempo reale. Nei servizi finanziari, potrebbe analizzare grandi quantità di dati per identificare tendenze di mercato e migliorare le decisioni di investimento. Nell'industria e nella logistica, l'AGI potrebbe ottimizzare i processi produttivi, prevenire guasti e gestire le consegne in modo più efficiente.

Anche se i progressi sono entusiasmanti, il salto dall'IA ristretta all'AGI è una sfida significativa. I ricercatori stanno esplorando concetti come la coscienza artificiale, la risoluzione generale dei problemi e il ragionamento basato sul buon senso nelle macchine. Mentre il percorso per sviluppare una vera AGI è ancora incerto e non abbiamo ancora gli strumenti necessari per porre un'osservazione critica, alcune organizzazioni stanno preparando le loro infrastrutture tecnologiche costruendo oggi una solida base di dati, pronta per gestire i futuri sviluppi<sup>31</sup>.

[31.] Tim Mucci, «Getting Ready for Artificial General Intelligence with Examples», IBM Blog, 18 aprile 2024, <https://www.ibm.com/blog/artificial-general-intelligence-examples/www.ibm.com/blog/artificial-general-intelligence-examples>.

1.3.0

# In Sintesi

## GOOD OLD FASHIONED ARTIFICIAL INTELLIGENCE

▶ LA PRIMA AI

Il GOFAI è un vecchio modo di fare intelligenza artificiale. Si basa sull'idea di usare regole e simboli per far ragionare i computer, come dare istruzioni molto precise a un bambino. Ma questa strategia ha dei limiti perché non riesce a gestire la complessità del mondo reale in modo flessibile. Quindi, negli ultimi anni, sono stati sviluppati altri modi più adatti per far apprendere alle macchine, come il machine learning, che si basa sull'esperienza e sull'adattamento, come fa un bambino mentre cresce.

## MACHINE E DEEP LEARNING

▶ DIFFERENZE SOSTANZIALI

Il machine learning si riferisce all'uso di algoritmi per far apprendere alle macchine a compiere compiti specifici dai dati, mentre il deep learning è una tecnica specifica all'interno del machine learning che utilizza reti neurali artificiali profonde per apprendere rappresentazioni complesse dei dati rendendo possibili molte applicazioni pratiche dell'apprendimento automatico e, di conseguenza, dell'intercambio dell'IA.

▶ DEFINIZIONE

MACHINE LEARNING	DEEP LEARNING
L'apprendimento automatico, nella sua forma più semplice, è la pratica di utilizzare algoritmi per analizzare dati, apprendere da essi e poi formulare una decisione o una previsione riguardo a qualcosa nel mondo reale. Quindi, anziché scrivere manualmente routine software con un insieme specifico di istruzioni per svolgere un compito particolare, la macchina viene "addestrata" utilizzando grandi quantità di dati e algoritmi che le danno la capacità di imparare a eseguire il compito.	Il deep learning ha reso possibili molte applicazioni pratiche dell'apprendimento automatico e, di conseguenza, dell'intero campo dell'IA. Il deep learning scompone i compiti in modi che rendono possibili, e persino probabili, una varietà di assistenze automatiche. Auto senza conducente, migliori cure preventive, e persino raccomandazioni cinematografiche più precise sono realtà di oggi o lo saranno presto.
comune l'utilizzo di algoritmi di apprendimento supervisionato e non supervisionato. Nel primo caso, il modello viene addestrato su un insieme di dati etichettati, mentre nel secondo caso non ci sono etichette. In entrambi i casi, l'obiettivo è estrarre pattern o prendere decisioni basate sui dati forniti.	L'approccio predominante è il cosiddetto "apprendimento profondo supervisionato", dove il modello viene addestrato su grandi quantità di dati etichettati per fare previsioni o compiere azioni specifiche.
può essere efficace per problemi più semplici o in situazioni in cui ci sono limitate risorse computazionali.	noto per la sua capacità di gestire dati molto complessi, ad esempio immagini, audio e testo, e ottenere risultati eccezionali in vari campi, come il riconoscimento delle immagini, la traduzione automatica e il riconoscimento vocale.
i modelli sono costruiti utilizzando algoritmi che cercano di estrarre pattern e relazioni dai dati forniti, solitamente attraverso tecniche come regressione lineare e alberi decisionali.	si utilizzano reti neurali artificiali, che sono strumenti molto più complessi e strutturati in strati di neuroni artificiali interconnessi. Questi strati profondi consentono al sistema di apprendere rappresentazioni sempre più complesse dei dati attraverso l'estrazione automatica di caratteristiche.

▶ APPRENDIMENTO

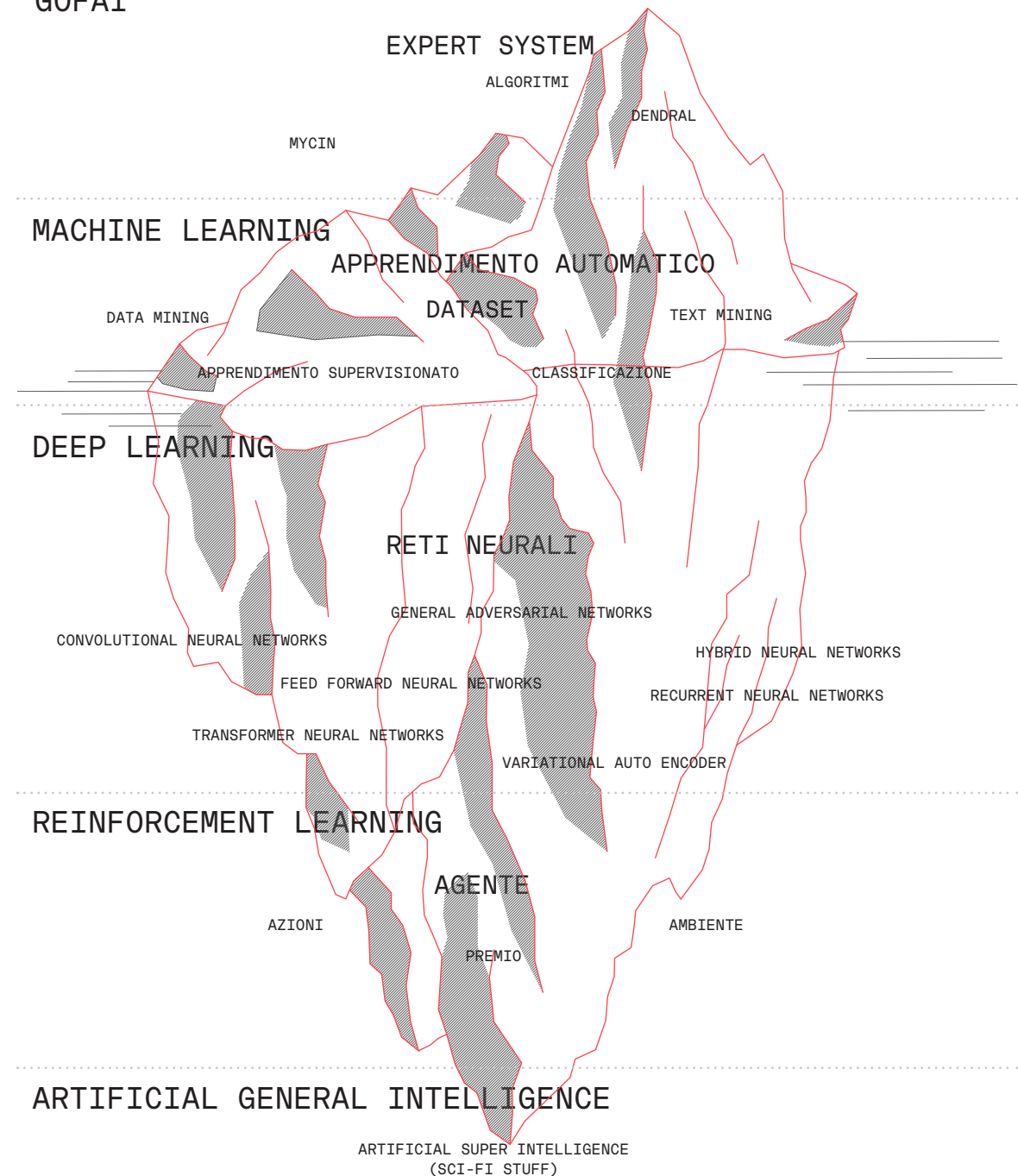
▶ SCOPI

▶ ARCHITETTURA

# AI

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE

### GOFAI



### ARTIFICIAL GENERAL INTELLIGENCE

ARTIFICIAL SUPER INTELLIGENCE (SCI-FI STUFF)

# RETI NEURALI

DEFINIZIONE

Una rete neurale è come un piccolo cervello artificiale costituito da neuroni (strati) che impara da esempi e dati, e può essere addestrato per risolvere diversi tipi di problemi.

FNN

RETE NEURALE	ARCHITETTURA	DATASET	COMPITI	APPLICAZIONI
Feed Forward Neural Network	L'informazione si muove in una sola direzione, dall'input attraverso uno o più strati nascosti fino all'output.	Dataset etichettato che rifletta accuratamente la varietà di dati	-Classificazione -Regressione -Riconoscimento di pattern -Apprendimento associativo -Apprendimento non supervisionato -Riduzione della dimensionalità -Preprocessing dei dati -Controllo di processi dinamici - Generazione di nuovi dati	Riconoscimento di Scrittura a Mano su Tablet Correzione Automatica nei Processori di Testo, Riconoscimento Vocale nelle App di Assistenza Virtuale, Filtraggio di Immagini sui Social Media Riconoscimento di Immagini in App di Fotografia Sistemi di Automazione Residenziale Riconoscimento di Numeri di Carte di Credito
Recurrent Neural Network	Architettura di rete neurale che è progettata per lavorare con dati sequenziali o dati con una struttura temporale	Dataset temporali o sequenziali	-Previsione temporale -Elaborazione del linguaggio naturale -Riconoscimento di scrittura manuale -Generazione di sequenze -Classificazione di sequenze -Analisi del flusso di dati -Apprendimento a lungo termine -Compiti multitasking su sequenze -Apprendimento di rappresentazioni	Riconoscimento di scrittura manuale Generazione di testo creativo Analisi del flusso di dati Riconoscimento di pattern in sequenze Traduzione automatica Analisi di serie temporali mediche Riconoscimento di voce Giochi e simulazioni Previsione di mercato e finanza
Convolutional Neural Network	Utilizzo di filtri convoluzionali per estrarre caratteristiche rilevanti da un'immagine.	Dataset composti esclusivamente da immagini	-Riconoscimento di immagini e classificazione -Rilevamento di oggetti -Segmentazione semantica -Riconoscimento facciale -Analisi video -Ricostruzione di immagini -Sintesi e generazione di immagini	Analisi di immagini mediche Guida autonoma Classificazione di documenti Analisi di social media Sorveglianza e sicurezza Realizzazione di effetti speciali Controllo di qualità
Transformer Neural Network	Capacità di catturare relazioni complesse e a lungo raggio nei dati di testo, rendendole estremamente efficaci in una vasta gamma di compiti di Natural Language Processing.	Dataset che contengono testo estratto da una varietà di fonti, come Wikipedia, libri, pagine web, conversazioni online e altro ancora	-Rappresentazione del linguaggio -Traduzione automatica -Comprensione del linguaggio naturale -Generazione di testo -Question Answering -Sintesi vocale -Analisi del sentiment -Riconoscimento di entità nominate	Assistenza virtuale I sistemi di riconoscimento vocale Motori di ricerca Diagnostica medica Predizione delle malattie Analisi dei mercati finanziari Rilevamento delle frodi
Variational Autoencoder	Rappresentano una potente combinazione di modelli probabilistici, che consentono di apprendere rappresentazioni latenti complesse e generare nuovi dati realistici e significativi.	Dataset ben noti e ampiamente utilizzati nel campo dell'apprendimento automatico e del riconoscimento di modelli	-Autoencoding: comprimere e successivamente ricostruire i dati di input -Generazione di dati -Interpolazione nello spazio latente -Denosing: riduzione del rumore -Compressione di dati	Grafica Generativa Elaborazione del Linguaggio Naturale riconoscimento facciale la visione artificiale l'analisi di dati biologici complessi come sequenze di DNA analisi immagini mediche e dati di imaging biomedico Compressione dei Dati
Generative Adversarial Networks	Composto da due reti neurali, il generatore e il discriminatore, che sono addestrate simultaneamente attraverso un processo competitivo.	Dataset esclusivo di immagini o audio come MNIST, CIFAR-10 e CIFAR-100	-Generazione di immagini -Trasformazione di immagini -Inpainting: riempire aree mancanti o danneggiate -Creazione di volti e personaggi -Sintesi audio	Generazione di immagini grafica generativa creazione di contenuti digitali Trasformazione immagini Generazione nuove immagini di volti umani realistici nell'ambito del rendering di computer, dei videogiochi, della creazione di avatar digitali e altro Generazione di suoni
Hybrid Neural Networks	Modelli di reti neurali che combinano più di un tipo di architettura di rete neurale all'interno dello stesso sistema	Dipende dalla natura del problema che la rete ibrida sta affrontando quindi principalmente Dataset multi-modalità	-Classificazione multi-modale -Riconoscimento di pattern complessi -Apprendimento semi-supervisionato e auto-supervisionato -Rappresentazione di dati multi-livello -Traduzione e generazione di testo multi-modale -Apprendimento multitasking -Adattamento a contesti dinamici	Computer Vision avanzata Traduzione automatica avanzata Elaborazione del linguaggio naturale multi-modale Sistemi di raccomandazione avanzati Apprendimento multitask Apprendimento semi-supervisionato o transfer learning Medicina personalizzata

PARTE UNO | IA

PARTE UNO | IA

## REINFORCEMENT LEARNING

---

► DEFINIZIONE

Il reinforcement learning (RL) o l'apprendimento per rinforzo costituisce una disciplina del machine learning in cui un agente sviluppa la propria capacità decisionale attraverso l'interazione con un ambiente circostante. In tale contesto, l'agente esplora e sperimenta diverse azioni, ricevendo feedback sotto forma di ricompense o penalità in base ai comportamenti adottati. L'obiettivo primario è ottimizzare la somma cumulativa delle ricompense nel lungo periodo, anziché perseguire risultati immediati.

## ARTIFICIAL GENERAL INTELLIGENCE

---

► DEFINIZIONE

L'Artificial General Intelligence (AGI), ovvero l'Intelligenza Artificiale Generale, rappresenta un avanzato tipo di intelligenza artificiale ancora in fase di sviluppo dotata di capacità cognitive paragonabili a quelle umane. Contrariamente alle intelligenze artificiali odierne, concepite per l'esecuzione di compiti specifici, come il riconoscimento vocale o la traduzione linguistica, l'AGI è in grado di comprendere, apprendere e applicare conoscenze attraverso una vasta gamma di contesti e situazioni, simile al funzionamento della mente umana.

# 02.

PARTE DUE

## IA in Architettura

PARTE DUE/  
STATO DELL'ARTE

PAGINE/  
50

SOTTOCAPITOLI/  
3

IA | ML | DL | DNN | RL | AGI



fig //  
Output di esempio di DeepHim-  
melblau basato su campioni  
geomorfologici e campioni del  
progetto CHBL.

# Catalizzando la Rivoluzione:

## L'IMPATTO PROFONDO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE SULL'ARCHITETTURA CONTEMPORANEA

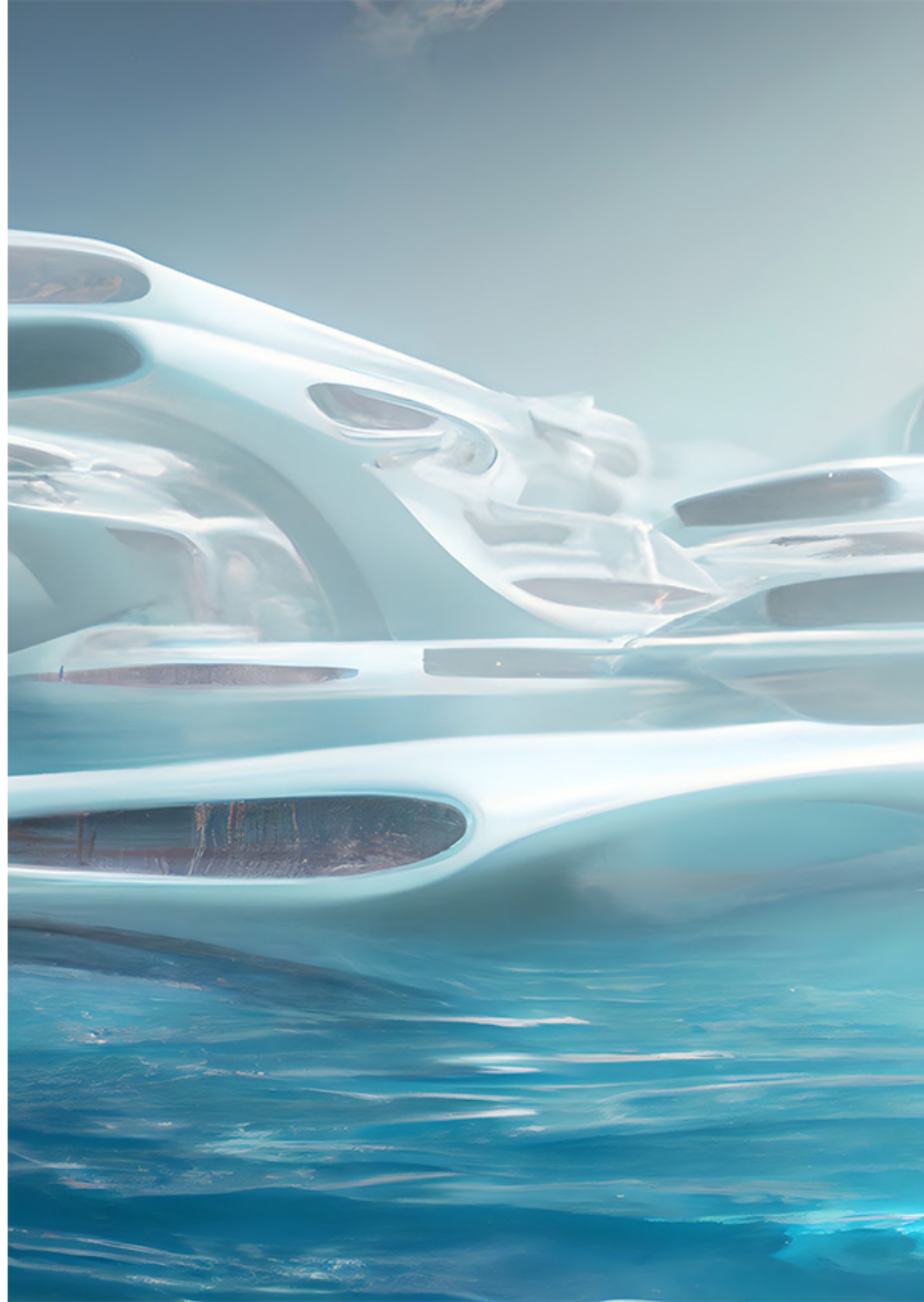
### ▶ AVANZAMENTO TECNOLOGICO

Con l'avvento dell'industria 4.0 in campo edilizio, caratterizzata dall'integrazione di tecnologie avanzate come l'Internet of Things (IoT)<sup>32</sup>, la robotica avanzata o l'analisi dei dati, si introduce anche il concetto di Intelligenza Artificiale. Questo periodo storico ha visto un'accelerazione nell'innovazione tecnologica e l'intelligenza artificiale rappresenta una ricca fonte di opportunità creative, affermandosi come uno strumento importante nel campo dell'architettura. Oltre a stimolare la creatività e affrontare sfide complesse, l'integrazione dell'IA nell'ambito dell'architettura e del design offre vantaggi tangibili: la significativa riduzione dei tempi di progettazione, il miglioramento dell'esperienza dei potenziali clienti e la possibilità di esplorare ogni aspetto del progetto prima della sua realizzazione. Questa implementazione contribuisce anche a ottimizzare i processi di pianificazione e costruzione, aumentare la produttività e la sicurezza nei cantieri, favorire la creazione di edifici più efficienti e sostenibili, e migliorare la qualità del risultato finale. Non solo l'Intelligenza Artificiale ci assisterà come strumento di supporto come vedremo nei prossimi capitoli, ma ci cironderà anche nelle città del futuro. Carlo Ratti, un pioniere nel campo delle città intelligenti e della progettazione urbana interattiva, prevede che l'intelligenza artificiale trasformerà le città del futuro, rendendole più efficienti, sostenibili e reattive ai bisogni dei cittadini. L'IA, insieme a sensori e reti di comunicazione avanzate posizionate nei centri urbani, permetterà una gestione ottimizzata delle risorse cittadine, dalla mobilità al consumo energetico, migliorando la qualità della vita di ogni individuo. Ratti enfatizza l'importanza di un approccio che tenga conto sia della tecnologia che dell'umanità, proponendo città intelligenti che sappiano adattarsi e rispondere in tempo reale alle esigenze dei loro abitanti<sup>33</sup>. L'adozione di soluzioni basate sull'intelligenza artificiale potrebbe portare a soluzioni architettoniche innovative e alla costruzione di città intelligenti basate su flussi ottimizzati e condivisione di dati in tempo reale.

### ▶ NEL CAMPO DELL'ARCHITETTURA

[32.] L'Internet of Things (IoT) è un concetto che si riferisce alla rete di dispositivi fisici connessi a Internet, capaci di raccogliere, scambiare e analizzare dati tra di loro e con altri sistemi. Questi dispositivi possono includere una vasta gamma di oggetti, dai dispositivi domestici intelligenti come termostati, lampadine e frigoriferi, fino a sistemi più complessi come sensori industriali, veicoli, e infrastrutture cittadine.

[33.] Carlo Ratti e Matthew Claudel, «The City of Tomorrow», s.d., 24.



2.1.1

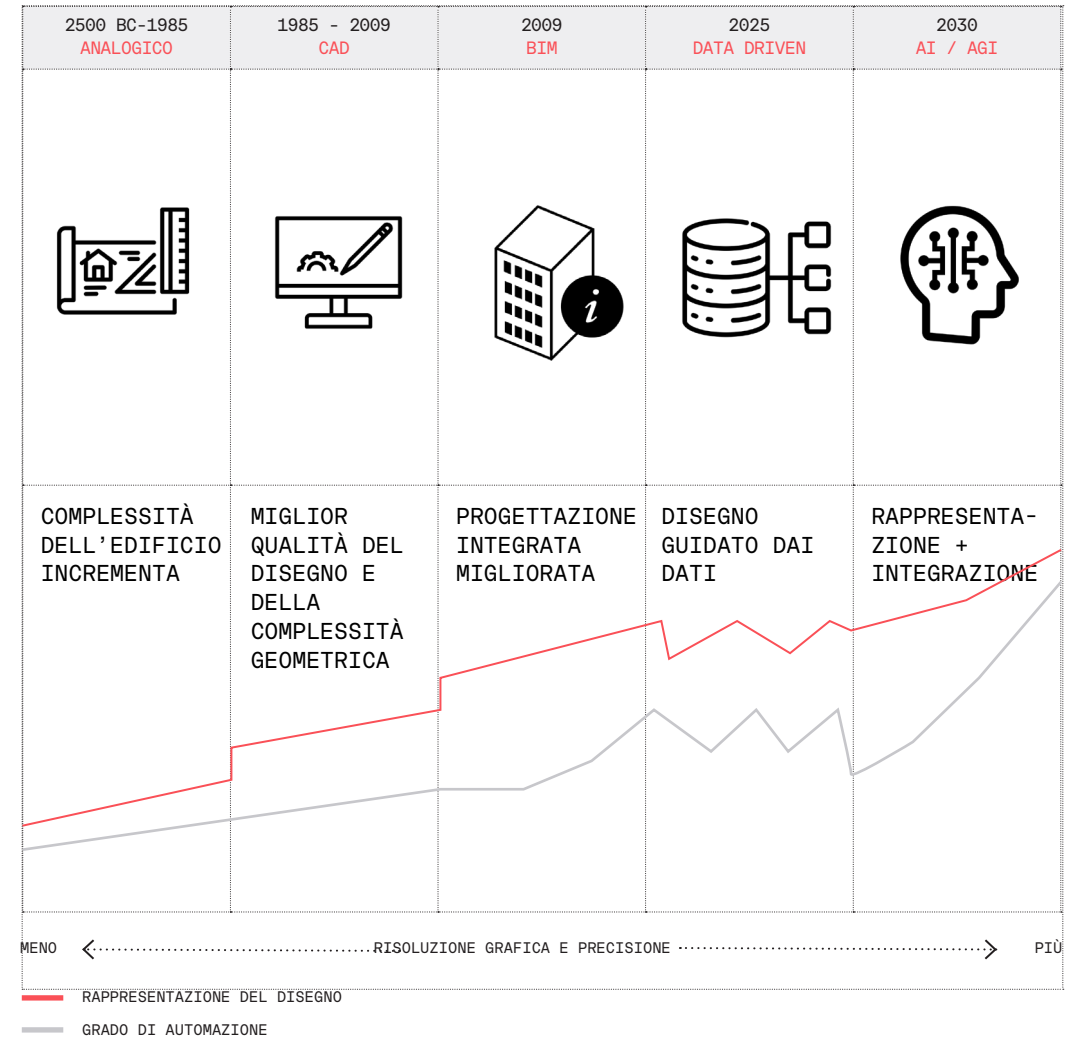
# IL DISEGNO NEL XXI SECOLO.

▶ AUTOMAZIONE E PRECISIONE

Come ogni autorevole trattazione sul disegno architettonico richiede, è opportuno offrire una riflessione critica sugli strumenti che il progettista ha utilizzato e che probabilmente implementerà nel futuro, tenendo conto di fattori importanti come l'automazione e la precisione nella riproduzione degli elaborati architettonici. In quest'ultimo "la rappresentazione partecipa come un agente dinamico, stimola azioni e raccoglie istanze, lavora per produrre idee che pretendono una maggiore qualità e quantità di informazioni da cui può dipendere la buona riuscita degli interventi, il successo delle opere e della loro vita". In questo ambito, l'evoluzione tecnologica nelle diverse fasi storiche del disegno ha sempre avuto come obiettivo primario l'accelerazione dei processi e la riduzione al minimo degli errori in cantiere.

▶ STORIA DEL DISEGNO

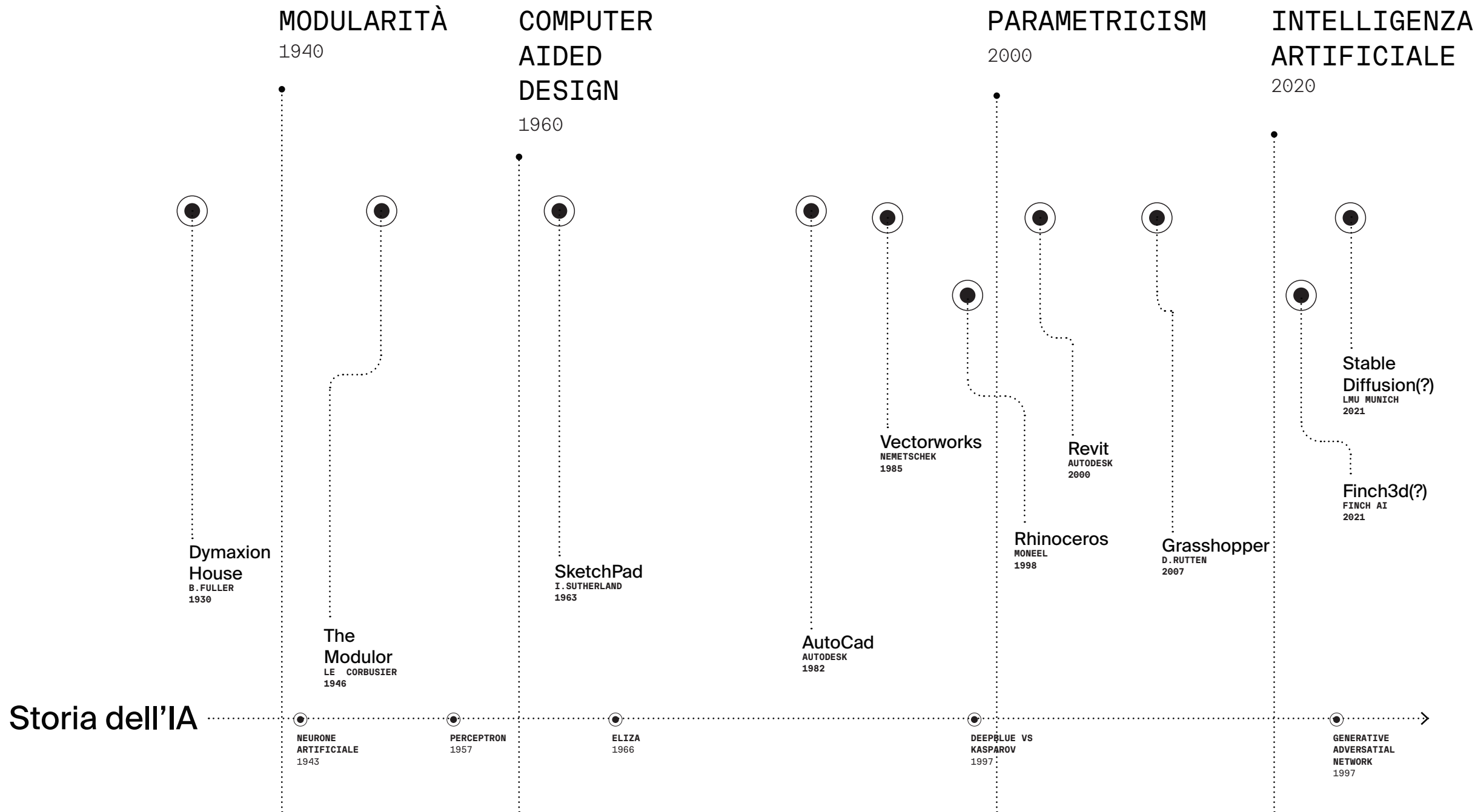
Nonostante il tradizionale disegno assistito dal computer (CAD) abbia radici profonde nelle scuole di architettura, grazie alla sua immediata accessibilità e semplicità d'uso, i nuovi strumenti di progettazione come il BIM e il Digital twin hanno già reso ormai da anni questa filosofia sempre più superata. All'inizio del secolo scorso, il disegno architettonico era principalmente un'attività manuale, svolta con matite, carta e altri strumenti tradizionali. Durante l'era del disegno manuale, la complessità delle informazioni cresceva solo in proporzione all'aumento delle esigenze tecniche nella costruzione (scale di disegno), come l'introduzione di nuovi sistemi costruttivi moderni e modelli di consegna complessi, senza alcuna forma di automazione disponibile e il ritrovamento frequente interferenze o i conflitti tra diversi elementi di un progetto edilizio. Verso la metà del secolo, l'introduzione dei primi software CAD (Computer-Aided Design) ha rivoluzionato il modo in cui gli architetti progettano, consentendo loro di creare disegni più precisi, modificabili e facilmente riproducibili. Si pensi a come oggi il CAD, nonostante la sua rivoluzione nel campo del disegno, stia diventando obsoleto per lasciare spazio a un imminente cambiamento radicale. Un salto significativo su entrambi i campi (precisione e automazione) si è verificato con l'introduzione del BIM (Building Information Modeling), poiché la rappresentazione è passata dall'astrazione del disegno ai modelli virtuali 3D, in parallelo con famiglie parametriche e set di dati del BIM, e approcci di progettazione generativa tramite processi e procedure che un tempo dipendevano dall'intervento umano. Mentre gli script all'interno del CAD manipolavano semplicemente la geometria, strumenti come Dynamo consentono al progettista di manipolare parametricamente sia i componenti del progetto (come la dimensione delle finestre) sia la loro relazione con l'intero edificio (come la posizione delle finestre in una parete esterna). Recentemente con l'ampia diffusione dell'intelligenza artificiale (AI) e del machine learning (ML), la quantità e il valore delle fonti digitali precedenti aumenteranno notevolmente, fungendo da "laghi di dati" da cui le macchine intelligenti potranno imparare. Allo stesso tempo, i computer inizieranno ad addestrarsi da soli per svolgere compiti automatizzati, imparando le relazioni tra i diversi set di dati eterogenei che compongono i progetti e creando una "costellazione interoperabile" di dati potenziata rispetto al BIM che coinvolge tutti i protagonisti di un'opera (Architettura, Ingegneria, Costruzioni e Operazioni). Attualmente, in questo particolare contesto di costante avanzamento tecnologico, tali



strumenti cercano attivamente di automatizzare i processi decisionali e progettuali, abbracciando così le sfide del futuro. L'intelligenza artificiale (IA) segue una traiettoria simile, influenzando già le metodologie di progettazione attraverso l'introduzione di software e plugin innovativi, confermando ulteriormente le nuove tendenze destinate a caratterizzare i prossimi anni nel settore dell'architettura e del design.

[34.] Massimiliano Lo Turco, Il BIM e la rappresentazione infografica nel processo edilizio: dieci anni di ricerche e applicazioni (Ariccia (RM): Aracne, 2015, s.d.). 37





Prima di immergerci nei software, comprendere lo stato dell'arte dell'Intelligenza Artificiale (IA) in architettura è fondamentale. Fornire una panoramica delle recenti tendenze e sfide nel campo aiuta a selezionare i software più adatti alle esigenze del progetto e ispira innovazioni creative e sostenibili nel processo progettuale. Inoltre, consente di evitare aspettative irrealistiche e pianifi-

care adeguatamente l'implementazione dei software, contribuendo allo sviluppo delle competenze professionali degli architetti sui linguaggi di rappresentazione in senso più ampio e sul loro insegnamento, uno dei possibili campi di ricerca interdisciplinare del presente e del prossimo futuro del disegno d'architettura<sup>35</sup>.

[35.] Matteo Flavio Mancini e Sofia Menconero, «AI-aided Design? Processi text-to-image per il disegno di architettura», disegno, fasc. 13 (31 dicembre 2023): 68, <https://doi.org/10.26375/>

# Stato dell'arte

## ► UTILIZZO ODIERNO

Trattandosi di una tecnologia in fase di sviluppo nel campo architettonico, in cui siamo testimoni di un processo storico determinante nel disegno architettonico, l'IA nella maggior parte delle casistiche è attualmente impiegata in modo superficiale rispetto a quello che può offrire. Una ricerca del tdp lab, un centro di ricerca del Politecnico di Torino, ha condotto un sondaggio nella città di Torino, rivelando che solo il 30% degli studi architettonici utilizza strumenti di IA come ChatGPT o MidJourney<sup>36</sup>. Architizer e Chaos<sup>37</sup> invece, hanno condotto un sondaggio a livello internazionale per valutare i livelli attuali di utilizzo, i tipi di applicazione e le aspettative per il futuro dell'Intelligenza Artificiale tra architetti e professionisti del design correlati. L'IA è destinata a restare, ma ci vorrà tempo prima che diventi parte integrante della pratica architettonica. È evidente, dalle risposte relative alla sfida più grande nell'adozione dell'IA, che ci sono riconoscimenti chiari delle limitazioni attuali dell'IA, con poco più della metà degli intervistati che indicano l'opzione "funzionalità limitata dell'IA per l'architettura" come principale ostacolo. Nonostante ciò, il 74% degli intervistati ha dichiarato che è probabile o molto probabile che aumenteranno l'uso dell'IA nei prossimi 12 mesi. Inoltre, una quota ancora più alta (86%) ha indicato di credere che l'IA avrà un ruolo significativo nel futuro della pratica architettonica nel suo complesso. Quindi, nonostante la divisione di opinioni sul valore e sul potenziale utilità dell'IA, una maggioranza degli intervistati prevede comunque di aumentare il suo utilizzo o considera inevitabile la sua ascesa. A conferma di questo, gli intervistati non sembrano manifestare molta paura riguardo all'ascesa dell'IA nell'architettura. Il 70% ha dichiarato di sentirsi "molto" o "abbastanza" a proprio agio con l'uso di suggerimenti progettuali generati dall'IA nei propri progetti, mentre solo l'8% si è detto scomodo o molto scomodo nell'utilizzarli. Poiché il numero totale degli intervistati è equamente diviso tra coloro che utilizzano attualmente l'IA e quelli che non lo fanno, questo potrebbe essere un segno che la maggior parte dei progettisti è ottimista riguardo all'integrazione dell'IA nei loro flussi di lavoro. È interessante notare che le piccole e grandi imprese, quelle con meno di 20 dipendenti o 100 o più, erano più inclini a essere "molto a proprio agio" con il design assistito dall'IA rispetto alle imprese di medie dimensioni con 20-99 dipendenti. Sembra esserci una correlazione tra la dimensione dell'impresa e la disponibilità o la capacità di bilanciare i rischi e i benefici dell'utilizzo di strumenti emergenti di IA. Le piccole imprese potrebbero sentirsi obbligate ad adottare la tecnologia IA, sia per paura di restare indietro rispetto ai concorrenti, sia perché la vedono come un'opportunità per ottenere un vantaggio competitivo significativo. D'altro canto, le grandi imprese probabilmente hanno più risorse disponibili per ricercare, apprendere e diventare a proprio agio con gli strumenti di IA nel tempo. Le risposte del sondaggio implicano che le imprese di medie dimensioni sono generalmente più avverse al rischio, preferendo mantenere i loro flussi di lavoro esistenti per soddisfare le aspettative dei clienti e preservare il loro budget<sup>38</sup>. Effettivamente grandi studi di architettura come MVRDV, Zaha Hadid Architects o CoopHimmelblau stanno adottando sempre più questa filosofia introducendo investimenti e nuove vie per lo sviluppo di architetture attraverso l'uso dell'IA. Il Comitato Europeo per la Ricerca afferma che lo stato più avanzato, attuale e rile-

## ► SCETTICISMO

## ► VANTAGGI COMPETITIVI

## ► IMPIEGO NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE

vante delle conoscenze, delle tecnologie e delle pratiche dell'Intelligenza Artificiale nell'ambito dell'architettura sta vivendo una fase di notevole espansione, aprendo un vasto panorama di possibilità esplorative con investimenti significativi<sup>39</sup>.

Gli aspetti che caratterizzano lo stato dell'arte attuale dell'IA in architettura sono applicativi che utilizzano modelli di apprendimento automatico<sup>40</sup>, in particolare modelli generativi di soluzioni.

Design Computazionale e Algoritmi Evolutivi:

L'utilizzo di strumenti di progettazione basati sull'IA sta diventando sempre più diffuso. Questi dispositivi possono esplorare automaticamente un ampio spettro di soluzioni di design in risposta a criteri specifici secondo dei "dataset sintetici"<sup>41</sup>, aiutando gli architetti a identificare opzioni innovative come l'ottimizzazione degli spazi interni e esterni, tenendo conto di vincoli come l'accessibilità, la luce naturale e le preferenze dell'utente attraverso applicativi, alcuni che si possono integrare con il CAD e BIM.

Analisi Predittiva e concept design:

Gli strumenti di analisi predittiva basati sull'IA consentono agli architetti di valutare e prevedere il comportamento degli edifici in vari scenari. Ciò include analisi energetiche, simulazioni di comfort termico e in particolare modelli di diffusione che possono generare testi in immagine. Il loro successo consente ai progettisti di esplorare ambiti profondamente legati all'ambiente costruito, ma che in precedenza non avevano le risorse per impegnarsi nell'iniziale ricerca spaziale<sup>42</sup>.

Sistemi di Controllo Ambientale:

L'integrazione di sistemi di controllo ambientale basati sull'IA consente agli edifici di adattarsi dinamicamente alle esigenze degli utenti e alle condizioni ambientali, migliorando l'efficienza energetica e il comfort.

Riconoscimento e Analisi di Dati Urbani:

L'IA può essere utilizzata per analizzare grandi quantità di dati urbani, contribuendo alla pianificazione urbana, alla previsione delle tendenze e all'ottimizzazione degli spazi pubblici.

Interazione Virtuale e Realtà Aumentata:

L'uso di IA in applicazioni di realtà virtuale estesa (Extended Reality) consente agli architetti di interagire virtualmente con i progetti, facilitando la visualizzazione e la comunicazione del design.

L'intelligenza artificiale sta rapidamente trasformando l'architettura, introducendo nuove possibilità per la progettazione, l'analisi e la gestione degli edifici.

[35.] «Costruire il futuro: l'Intelligenza Artificiale dalla teoria alla pratica», Biennale Tecnologia (blog), consultato 12 luglio 2024, <https://www.biennaletecnologia.it/evento/costruire-il-futuro-l'intelligenza-artificiale-dalla-teoria-alla-pratica/>.

[37.] Architizer e Chaos sono due aziende che operano nel settore dell'architettura e della progettazione, offrendo strumenti e risorse per supportare i professionisti del settore.

[38.] «The State of AI in Architecture, Chaos and Architizer.pdf», s.d.

[39.] European Commission. Directorate General for Communications Networks, Content and Technology., Study on Quality in 3D Digitisation of Tangible Cultural Heritage: Mapping Parameters, Formats, Standards, Benchmarks, Methodologies, and Guidelines: Final Study Report. (LU: Publications Office, 2022), 83, <https://data.europa.eu/doi/10.2759/471776>.

[40.] Joern Ploennigs e Markus Berger, «AI Art in Architecture», AI in Civil Engineering 2, fasc. 1 (17 agosto 2023): 8, <https://doi.org/10.1007/s43503-023-00018-y>.

[41.] «Koehler - 2022 - Building Synthetic Data Sets or How to Learn from .pdf», s.d.

[42.] «Koehler - 2023 - More than anything Advocating for synthetic archi.pdf».

## 2.2.1

# DESIGN COMPUTAZIONALE.

## ► FILOSOFIE DI PROGETTAZIONE

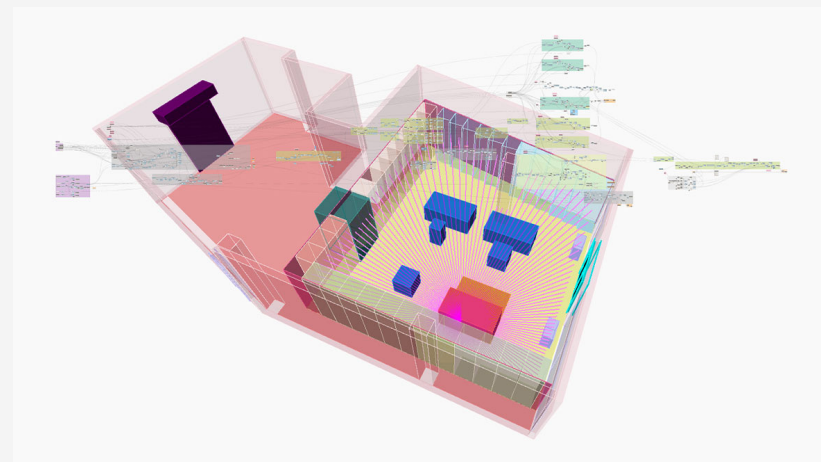
Il design computazionale utilizza il calcolo e l'elaborazione computazionale per supportare e migliorare il processo di progettazione attraverso la generazione di soluzioni, la parametrizzazione di elementi<sup>43</sup>. Questi tre approcci distinti nella progettazione architettonica e ingegneristica, anche se spesso vengono utilizzati insieme o in modo intercambiabile, rappresentano tre filosofie differenti di progettare e guidare il processo creativo: Design Generativo, Parametrico e Algoritmico.

## DESIGN GENERATIVO

Il design generativo si basa sull'utilizzo di Reti Neurali Generative Avversarie, Ricorrenti e Convoluzionali per creare diverse soluzioni o progetti possibili, spesso automatizzando i parametri di progettazione senza l'uso di visual scripting language (VPL). Questo approccio mira a generare una vasta gamma di risultati, che possono essere esaminati e valutati dal progettista per individuare le soluzioni migliori o più promettenti. Di solito viene impiegato nelle fasi iniziali del processo di progettazione per esplorare rapidamente molte opzioni e scoprire nuove idee<sup>44</sup>.

### CASO STUDIO 01// STAMHUIS ARCHITECTS

Stamhuis, azienda olandese specializzata nella costruzione e ristrutturazione di negozi al dettaglio, utilizza il design generativo per accelerare significativamente il processo di progettazione, permettendo di creare diversi layout di negozi in pochi minuti. I design generati tramite il design generativo di Stamhuis ottimizzano vari aspetti cruciali per il successo dei layout dei negozi al dettaglio, come la posizione e le dimensioni dell'area delle casse, il rapporto tra lo spazio vendita e il magazzino, la spaziatura degli scaffali, la dimensione dei corridoi e il campo visivo dei venditori.



[43.] «Koehler - 2022 - Building Synthetic Data Sets or How to Learn from .pdf».

[44.] Asterios Agkathidis, Generative Design, Form + Technique (London: Laurence King Publishing, 2015), 9.

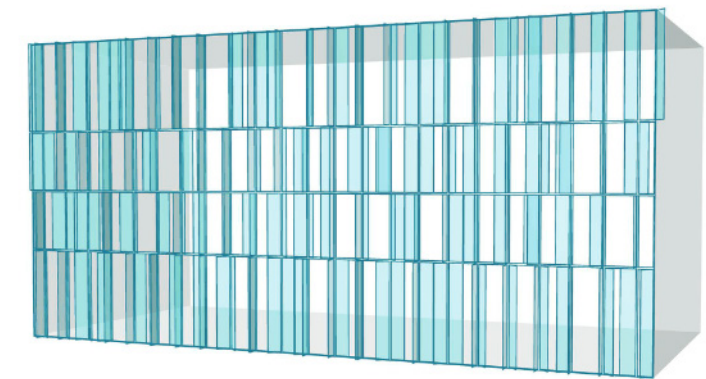
Questo approccio consente una progettazione informata, basata su indicatori di prestazione chiave, risultando in soluzioni ottimizzate che migliorano la decisione e la comunicazione con i clienti. Questo approccio innovativo, supportato dagli strumenti di Autodesk Project Refinery, ottimizza le opzioni di design migliorando la comunicazione con i clienti e la presa di decisioni. La generazione rapida di design ha dimostrato di essere particolarmente vantaggiosa per i loro progetti al dettaglio ad alto volume e ritmo veloce, evidenziando il potenziale del design generativo per incrementare l'efficienza e l'innovazione nel settore della costruzione<sup>45</sup>.

## DESIGN PARAMETRICO

Il design parametrico implica la creazione di modelli digitali che integrano relazioni e vincoli tra i vari parametri di progettazione. Tali modelli sono caratterizzati da una flessibilità che permette al progettista di adattarli attraverso la regolazione dei parametri, consentendo così l'esplorazione di diverse iterazioni del design. Rispetto al design generativo, l'approccio parametrico offre un controllo più dettagliato sul processo di progettazione poiché consente di regolare i parametri in base a criteri specifici o requisiti progettuali definiti<sup>46</sup>.

### CASO STUDIO 02// MANIFOLD HOUSE BY DAVID JAMESON

La Manifold House, una residenza unifamiliare progettata dall'architetto David Jameson, si trova ad Arlington, Virginia. Coprendo una superficie di 3.000 piedi quadrati, la casa ha una forma rettangolare e utilizza acciaio corten per le sue pareti esterne. Costruita nel



7.15

#### DEVELOPED SCAFFOLD

The script for this developed Manifold House facade scaffold includes seven\* parameters:

- rectangle length x
- rectangle height z
- regions and patterns to define the grid
- panelization number of divisions X

[45.] «Stamhuis Designs Entire Stores in Minutes with Generative Design | Autodesk», consultato 19 febbraio 2024, <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design/architecture-engineering-construction/stamhuis>.

[46.] Wassim Jabi, Parametric Design for Architecture (London: Laurence King Publishing, 2013), 11.

2018, questa struttura si distingue per il suo utilizzo dinamico del materiale e per l'abilità nel fornire privacy e esposizione alla luce diurna attraverso lo studio di pannelli parametrici.

Le pareti esterne della Manifold House sono costituite da una struttura a griglia regolare e pannelli ruotati con diverse angolazioni; entrambi sono realizzati in acciaio corten. Oltre a creare una facciata dinamica, i pannelli ruotati offrono vari gradi di privacy e esposizione alla luce diurna grazie alla parametrizzazione di essi attraverso il Visual Program Language (VPL). Il Visual Programming Language (VPL) è un tipo di linguaggio di programmazione che permette agli utenti di creare programmi manipolando elementi grafici piuttosto che scrivere codice testuale. Questo approccio è particolarmente utile in questi particolari casi, dove la visualizzazione spaziale e la manipolazione diretta degli oggetti possono rendere il processo di progettazione più intuitivo e accessibile.

## DESIGN ALGORITMICO

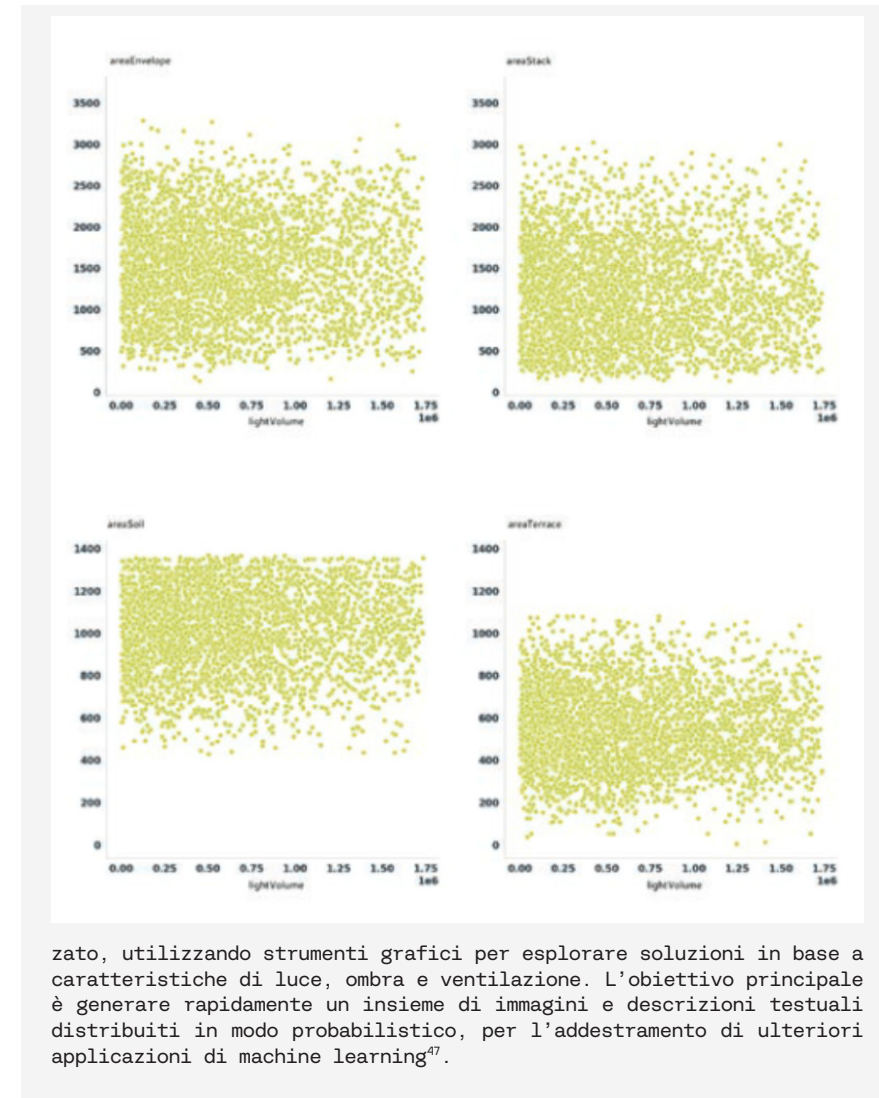
Il design algoritmico fonde algoritmi e tecniche di programmazione con l'intelligenza umana nel processo di progettazione. Questo approccio si focalizza sulla creazione di strumenti e framework che permettono ai progettisti di esplorare, valutare e perfezionare un'ampia gamma di soluzioni di design. L'obiettivo è unire la creatività umana con la potenza computazionale per generare soluzioni innovative e adattive.

### CASO STUDIO 03// ACADIA RESEARCH

L'articolo di ACADIA propone un flusso di lavoro innovativo per il design automatizzato degli edifici, avviando la creazione di un set di dati sintetici tramite la simulazione iterativa di assemblaggi edilizi (moduli) realizzati con moduli discreti e configurati mediante relazioni costruttive in ambiente BIM. Tecnicamente, l'approccio si fonda su un flusso di lavoro di design che Unity tramite algoritmi ha sviluppato per la simulazione di set di dati sintetici destinati al rilevamento di oggetti. In tale configurazione, la simulazione colloca casualmente un elemento tridimensionale davanti a uno sfondo randomiz-



8 Matrix from two subsets. Left half: sorted set of maximum sun insulated volume to massing volume. Right Half: sorted set of min 35% (sun volume to massing) plus



zato, utilizzando strumenti grafici per esplorare soluzioni in base a caratteristiche di luce, ombra e ventilazione. L'obiettivo principale è generare rapidamente un insieme di immagini e descrizioni testuali distribuiti in modo probabilistico, per l'addestramento di ulteriori applicazioni di machine learning<sup>47</sup>.

Un'analisi più dettagliata sul Design Algoritmico sarà fornita successivamente attraverso il caso studio di Coop Himmelb(l)au.

Ricapitolando il design generativo si concentra sull'automazione della generazione di molte soluzioni in base alle nostre esigenze di input, il design parametrico si basa su modelli flessibili che incorporano relazioni tra parametri di progettazione modificabili in tempo reale attraverso valori numerici, e il design algoritmico integra l'uso di algoritmi e procedure computazionali per risolvere problemi e generare soluzioni di design a cui possiamo attingere.

[47.] «Koehler - 2022 - Building Synthetic Data Sets or How to Learn from .pdf».

## ANALISI PREDITTIVA.

L'analisi predittiva in architettura è un'applicazione avanzata della tecnologia e dei dati per prevedere l'andamento di vari fattori che influenzano il progetto architettonico tra cui, la rappresentazione, la costruzione e l'uso degli edifici nel tempo. Questo approccio si avvale di algoritmi di machine learning, in particolare reti neurali GAN, di modellazione statistica e di dataset per anticipare tendenze future, comportamenti degli utenti, prestazioni degli edifici e potenziali problemi strutturali o di sostenibilità prima che diventino evidenti. Ecco alcuni ambiti principali in cui l'analisi predittiva trova applicazione nell'architettura:

### PRESTAZIONI ENERGETICHE

L'analisi predittiva può stimare il consumo energetico di un edificio basandosi su variabili come l'orientamento, i materiali, il tipo di costruzione e le condizioni climatiche locali. Ciò aiuta a progettare edifici più efficienti dal punto di vista energetico, riducendo il consumo di risorse e i costi operativi.

### COMFORT DEGLI OCCUPANTI

Attraverso la raccolta e l'analisi dei dati sull'uso degli spazi e sulle preferenze degli occupanti, è possibile prevedere quali saranno le esigenze di comfort interno, inclusi illuminazione, temperatura e qualità dell'aria, contribuendo così a creare ambienti più vivibili e personalizzati.

### SOSTENIBILITÀ E IMPATTO AMBIENTALE

Prevedere l'impatto ambientale degli edifici nel corso della loro vita utile, compresi i consumi di energia, l'uso dell'acqua e la produzione di rifiuti, è fondamentale per progettare soluzioni più sostenibili e ridurre l'impronta ecologica degli edifici.

### RENDERING PREDITTIVO BASATO SU SCENARI

L'analisi predittiva nel rendering nominato da molti AI-aided design, rappresenta una frontiera evolutiva che combina creatività e tecnologia per migliorare significativamente il processo di visualizzazione in architettura e design. Questi strumenti non solo accelerano la produzione di immagini ad alta fedeltà ma offrono anche ai designer nuove possibilità per esplorare e presentare i loro progetti in modi precedentemente inimmaginabili.

L'analisi predittiva, quindi, "tra le altre potenzialità sono citate l'abilità di poter immaginare forme astratte, re-immaginare l'architettura biomimetica, rivisitare l'architettura tradizionale e visualizzare avanzamenti fotorealistici a partire da schizzi architettonici"<sup>48</sup> risultando un potente strumento per architetti, ingegneri e pianificatori urbani, offrendo la possibilità di anticipare le sfide future e di progettare soluzioni dalle forme più innovative, efficienti e adattabili ai contesti. In particolare, questo ambito sarà analizzato più approfonditamente nello studio di MVRDV nei capitoli seguenti.

[48.] Matteo Flavio Mancini e Sofia Menconero, «AI-aided Design? Processi text-to-image per il disegno di architettura», disegno, fasc. 13 (31 dicembre 2023): 57-70, <https://doi.org/10.26375/disegno.13.2023.8>. 63



fig //  
Immagini generate con reti neurali GAN dallo studio CHBL per un'analisi predittiva.

## 2.2.3

## SISTEMI DI CONTROLLO AMBIENTALE.

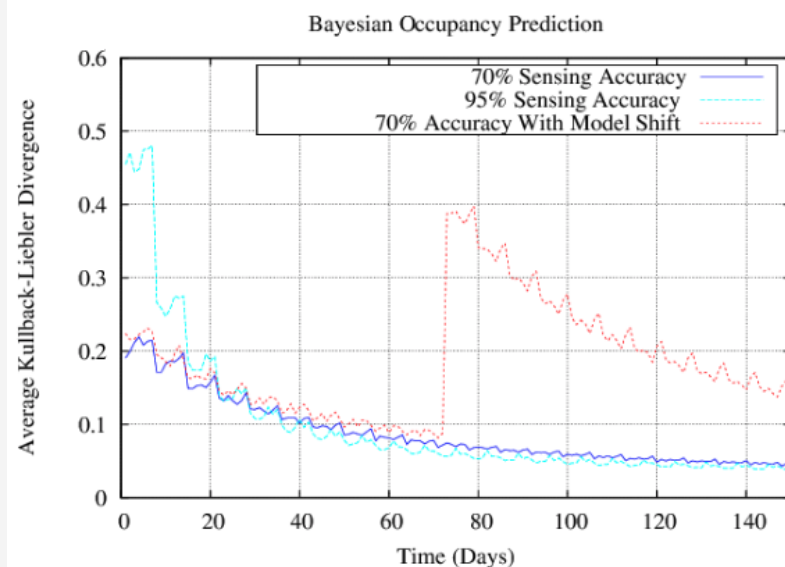
L'introduzione dell'IA nei sistemi di controllo ambientale promette di migliorare l'efficienza, la comodità e la sostenibilità degli ambienti abitativi e lavorativi, contribuendo così a ridurre l'impatto ambientale complessivo.

### ► UTA INTELLIGENTE

#### CASO STUDIO 04// CONTROLLO AUTONOMO UTA

Gli autori, Enda Barrett e Stephen Paul Linder di Schneider Electric, discutono lo sviluppo di termostati autonomi che imparano mediante tecniche di reinforcement learning. Questo tipo di tecnologia, resa popolare da aziende come Nest Labs e Honeywell, mira ad aumentare l'efficienza energetica e l'intelligenza dei sistemi di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata (Unità Trattamento Aria).

Gli algoritmi di Reinforcement Learning (RL) permettono al sistema UTA di prendere decisioni in un ambiente incerto, basandosi su un processo di prova ed errore. Attraverso l'osservazione degli effetti delle azioni in un sistema chiuso (ad esempio, cambiamenti nella temperatura, umidità, o feedback continui degli utenti con il termostato), il sistema impara gradualmente a predire quali azioni porteranno ai migliori risultati. Questo processo di apprendimento continua nel tempo, consentendo al sistema di adattarsi dinamicamente a cambiamenti nelle preferenze degli utenti o nelle condizioni ambientali<sup>49</sup>.



La Figura traccia il processo di apprendimento del modello nell'arco di 150 giorni. Le prime due curve dettagliano l'effetto dell'errore di rilevamento sul processo di apprendimento, mentre la terza mostra l'errore di rilevamento e il cambiamento del modello.

[49.] Enda Barrett e Stephen Linder, «Autonomous HVAC Control, A Reinforcement Learning Approach», in Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases, a c. di Albert Bifet et al., vol. 9286, Lecture Notes in Computer Science (Cham: Springer International Publishing, 2015), 8, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-23461-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-23461-8_1).

## 2.2.4

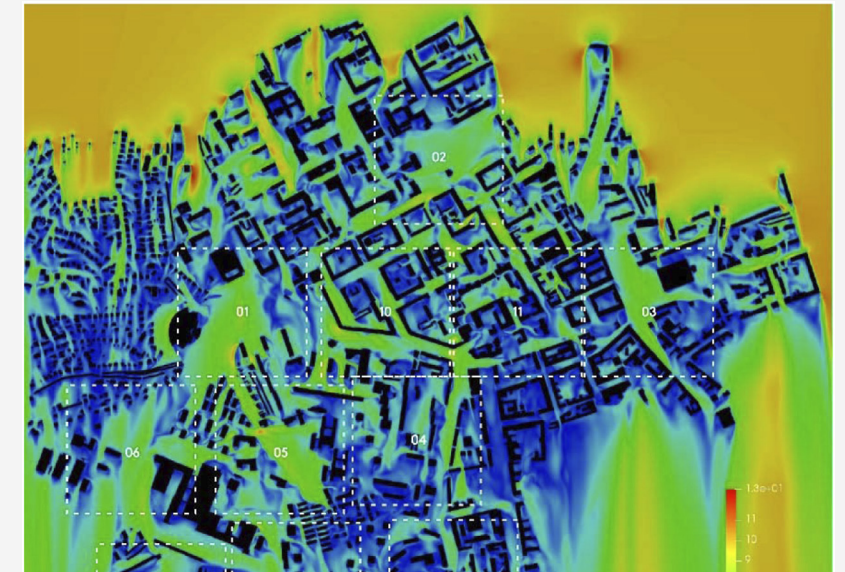
## RICONOSCIMENTO E ANALISI DI DATI URBANI

Theodoros Galanos, studia il “comfort del vento” in un contesto urbano attraverso un modello pre-addestrato che è implementato in Grasshopper e accoppiato con un'interfaccia intuitiva che consente la visualizzazione in tempo reale delle decisioni del progettista sulla performance<sup>50</sup>.

### ► INFRARED

#### CASO STUDIO 05// ANALISI URBANA ATTRAVERSO IL COMFORT DEL VENTO

Il caso studio descrive un processo tecnico per migliorare il comfort del vento negli spazi urbani, focalizzandosi sull'uso di strumenti avanzati di analisi del vento. Inizialmente, viene impiegato uno strumento di previsione del vento basato sull'apprendimento automatico, chiamato InFraRed, sviluppato dall'Austrian Institute of Technology. Questo strumento consente di effettuare analisi rapide e precise del flusso d'aria in aree urbane specifiche, considerando il contesto circostante. Per validare queste previsioni, vengono poi utilizzate simulazioni di Fluidodinamica Computazionale (CFD) attraverso plug-in



come Butterfly e Procedural Computer, basati su OpenFOAM e integrati in Rhino/Grasshopper. Queste simulazioni dettagliate consentono di confrontare le previsioni con i risultati effettivi del flusso d'aria, identificando aree di potenziale accelerazione del vento e turbolenza. Il processo di progettazione urbana segue un approccio iterativo, generando e valutando diverse configurazioni per ottimizzare il flusso d'aria e il comfort del vento. Si prendono in considerazione vari parametri come l'altezza e l'orientamento degli edifici rispetto alla direzione prevalente del vento. Questa fase di ottimizzazione mira a selezionare la configurazione che meglio riequilibra il flusso d'aria, evitando aree di stasi o venti eccessivamente forti, per creare un ambiente urbano confortevole e ben ventilato.

[50.] Lenka Kabošová et al., «Leveraging Urban Configurations for Achieving Wind Comfort in Cities», in Blucher Design Proceedings (XXV International Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, online: Editora Blucher, 2021), 79-90, <https://doi.org/10.5151/sigradi2021-70>.

## 2.2.5

## EXTENDED REALITY.

## ▶ SPECULAZIONI

XR (comprensivo di VR, AR e MR) è un'area tecnologica con prospettive di crescita elevate. Secondo la ricerca IDC, gli investimenti in realtà virtuale (VR) e realtà aumentata (AR) aumenteranno di 21 volte nei prossimi quattro anni, raggiungendo i 15,5 miliardi di euro entro il 2022. Un recente rapporto di Vynz Research prevede un mercato globale del valore di 161,1 miliardi di dollari entro il 2025 e cita come principali attori Alphabet Inc., Oculus VR, LLC, Microsoft Corporation, Qualcomm Technologies Inc., Intel Corporation, Himax Technologies Inc., Samsung Electronics Co. Ltd., PTC Inc., e Sony Corporation<sup>51</sup>.

## ▶ ACCESSIBILITÀ

Con l'uscita di nuovi dispositivi sempre più avanzati dal lato hardware come i dispositivi HoloLens, Meta quest 3 o il Vision Pro introducono tecnologie sempre più accessibili al dominio pubblico come il "tracking" o il LiDAR (Light Detection and Ranging). La tecnologia LiDAR 3D invia onde di impulsi luminosi infrarossi simili a uno scanner laser terrestre. Similmente alla proliferazione di app fotografiche, la disponibilità di questo tipo di tecnologia su un dispositivo per consumatori è probabile che incoraggi l'interesse degli sviluppatori software introducendo nuovi applicativi di rilievo in tempo reale riducendo potenzialmente i costi dei sistemi professionali.

I visori VR utilizzano l'intelligenza artificiale per migliorare l'esperienza utente in diversi modi. L'IA aiuta a rendere più preciso e fluido il tracciamento dei movimenti del corpo, facilitando interazioni naturali attraverso il riconoscimento di comandi vocali, gesti e espressioni facciali. Inoltre, viene impiegata per generare contenuti dinamici, come ambienti e personaggi, adattandoli alle azioni e preferenze dell'utente. L'intelligenza artificiale ottimizza anche la qualità grafica e le prestazioni del visore, riducendo il carico computazionale, e può monitorare l'utente per migliorare sicurezza e comfort, regolando l'esperienza in base alle condizioni fisiche dell'utente.

## ▶ INTEROPERABILITÀ

Inoltre, la disponibilità di una tale tecnologia su un dispositivo per consumatori relativamente poco costoso sarà sicuramente uno strumento integrativo per il building information modelling (BIM)<sup>52</sup> e i "digital twins". Inoltre l'introduzione dello "Spatial Computing"<sup>53</sup> potrà introdurre nuovi metodi di progettazione ma al momento è un argomento speculativo.

## VIRTUAL REALITY

▶ AMBIENTI  
IMMERSIVI

La realtà virtuale (VR) sta rivoluzionando l'architettura, permettendo una visualizzazione immersiva dei progetti che supera i limiti dei tradizionali render 2D o modelli 3D. Questa tecnologia consente agli architetti di valutare e perfezionare il design in uno spazio che simula fedelmente il risultato finale, migliorando la comunicazione con i clienti, che possono "camminare" virtualmente all'interno del progetto e fornire feedback più informati. La VR facilita anche la selezione di materiali e finiture, l'analisi dell'illuminazione e viene utilizzata nel campo dell'istruzione architettonica. Inoltre, è uno strumento efficace per il marketing immobiliare, permettendo visite virtuali prima della costruzione effettiva, e supporta la collaborazione a distanza tra team di progettazione. Nel complesso, l'adozione della VR in architettura non solo migliora il processo di progettazione, ma apre anche nuove frontiere per la creatività e l'innovazione nel settore.

[51.] European Commission. Directorate General for Communications Networks, Content and Technology. Study on Quality in 3D Digitisation of Tangible Cultural Heritage.

[52.] Elisângela Vilar, Ernesto Filgueiras, e Francisco Rebelo, Virtual and Augmented Reality for Architecture and Design, 1a ed. (New York: CRC Press, 2022), 179, <https://doi.org/10.1201/9781003051381>.

## AUGMENTED REALITY

## ▶ SPAZIO ESTESO

L'Augmented Reality (AR), conosciuta come realtà aumentata o "extended space"<sup>54</sup>, è una tecnologia che permette di sovrapporre elementi digitali, come immagini, video, suoni o dati, al mondo fisico reale. A differenza della realtà virtuale (VR), che crea un ambiente completamente digitale e immersivo, la realtà aumentata integra il mondo digitale con quello reale, arricchendolo con informazioni aggiuntive e permettendo nuove forme di interazione.

## MIXED REALITY

## ▶ VR+AR

La Mixed Reality (MR), o realtà mista, è una tecnologia che combina elementi di realtà virtuale (VR) e realtà aumentata (AR), creando un'esperienza in cui oggetti digitali e fisici possono coesistere e interagire in tempo reale. A differenza della realtà aumentata, dove gli elementi digitali sono sovrapposti al mondo reale ma non interagiscono direttamente con esso, nella realtà mista gli oggetti virtuali possono essere ancorati e influenzati dagli elementi fisici e viceversa.

## ▶ FOLOGRAM

## CASO STUDIO 06// FOLOGRAM

Fologram è una piattaforma che combina la realtà aumentata (AR) con strumenti di progettazione come Rhinoceros e Grasshopper per facilitare la costruzione e la fabbricazione di progetti architettonici e di design complessi. Utilizzando dispositivi AR come HoloLens o smartphone, Fologram tramite reti neurali di riconoscimento dell'ambiente circostante, permette ai progettisti e agli artigiani di sovrapporre modelli digitali 3D direttamente sul mondo reale, consentendo loro di visualizzare e interagire con il progetto in tempo reale mentre lo costruiscono.

Questa tecnologia viene utilizzata per migliorare la precisione durante la costruzione, ridurre errori, e permettere una collaborazione più intuitiva tra diversi membri di un team. Con Fologram, è possibile trasformare i progetti digitali in guide visive interattive che aiutano nel processo di costruzione, rendendo più semplice la realizzazione di



[53.] Lo Spatial Computing è un concetto tecnologico introdotto da Apple che riguarda l'interazione tra il mondo fisico e il mondo digitale attraverso l'uso di tecnologie avanzate come realtà aumentata (AR), realtà virtuale (VR), realtà mista (MR), intelligenza artificiale (AI), Internet delle Cose (IoT), e la robotica. In pratica, lo Spatial Computing permette di sovrapporre informazioni digitali sugli oggetti fisici e di interagire con essi in modo naturale e immersivo.

[54.] Vilar, Filgueiras, e Rebelo, Virtual and Augmented Reality for Architecture and Design, 120.

forme complesse che sarebbero difficili da creare utilizzando metodi tradizionali.

Il motto dell'Azienda Australiana è "follow the hologram", ovvero "segui l'ologramma" perché è come una guida virtuale che ti consente di seguire istruzioni dal visore. Estrae dati da software CAD come Rhino e Grasshopper, Fologram utilizza visori HoloLens della Microsoft per sovrapporre un design 3D al mondo fisico, creando di fatto un blueprint da cui i costruttori possono lavorare.

In un esempio recente, alcuni muratori in Tasmania hanno utilizzato il software per costruire un muro curvo di mattoni rossi in sei ore. Indossando un visore HoloLens, i costruttori potevano visualizzare esattamente dove ogni mattone doveva essere posizionato, posando strato dopo strato di muratura come se stessero riempiendo una pagina bianca di un libro da colorare.



Il software di Fologram si concentra sugli elementi base dell'interazione gestuale, si possono utilizzare gesti della mano per navigare l'interfaccia e scegliere la "trasparenza" di un modello di istruzione ma il fine di questa prova è offrire uno sguardo alle potenzialità della realtà mista. I fondatori affermano che il software può essere utilizzato in tutta l'industria edilizia, dagli ingegneri che vogliono visualizzare simulazioni a grandezza naturale agli architetti che desiderano mostrare la propria visione ai clienti, fino ai fabbricanti che possono utilizzare sovrapposizioni olografiche come un'alternativa economica alle macchine CNC<sup>55</sup>.

[55.] Liz Stinson, «AR App Turns 3D Models into Life-Size Building Instructions», Curbed, 7 gennaio 2019, <https://archive.curbed.com/2019/1/7/18171095/fologram-ar-app-brick-wall>.



fig //  
Muro parametrico creato da operai grazie all'uso di visori HoloLens della Microsoft.



2.3.0

# Reimmaginare l'Architettura

COME L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE STA RIVOLUZIONANDO GLI STUDI DI PROGETTAZIONE

## TRE CASI STUDIO

La seguente parte di capitolo evidenzia l'impiego e lo studio attuale di alcuni applicativi e test di apprendimento automatico (Machine Learning) presso i principali studi di progettazione, rilevanti perché abbracciano il progresso continuo tecnologico grazie ai loro ingenti investimenti. I casi studio selezionati includono MVRDV, Zaha Hadid Architects e CoopHimmelblau. Ognuno di essi sta cercando di integrare l'intelligenza artificiale nei propri processi con approcci molto diversificati: alcuni utilizzano l'IA per sviluppare semplici proposte di brainstorming con dataset interni, altri lo introducono direttamente nei processi di progettazione, mentre altri ancora mirano a potenziare l'intelligenza umana anziché sostituirla con una semplice automazione. Questo mette in evidenza come l'IA non dovrebbe essere intesa come una tecnica singola e monolitica, ma piuttosto come una gamma di tecniche che possono essere impiegate in vari modi diversi.

### CASO STUDIO 01

## ZHA.

**ZAHA HADID ARCHITECTS**

ZHA CODE

**LOCAZIONE/** LONDRA, UK

### CASO STUDIO 02

## MVRDV.

**MVRDV ARCHITECTS**

MVRDV NEXT

**LOCAZIONE/** ROTTERDAM, NL

### CASO STUDIO 03

## CHB(L).

**COOP HIMMELB(L)AU ARCHITECTS**

DEEP HIMMELBLAU

**LOCAZIONE/** VIENNA, AU

## ZAHA HADID ARCHITECTS

### ► ZHA CODE

Come molti studi di architettura strutturati hanno un dipartimento di ricerca e analisi, lo studio Londinese Zaha Hadid Architects crea la sua controparte nel 2007 lo ZHA Code, un gruppo dell'omonimo atelier fondato da Shajay Bhooshan, Patrik Schumacher e Nils Fischer. Il gruppo mira a una co-evoluzione della ricerca e della pratica, applicando conoscenze disciplinari indipendenti da opportunità, vincoli e problematiche legate ai singoli progetti<sup>56</sup>. I contributi di ricerca forniti riguardano tutte le fasi, dalla progettazione allo sviluppo, in diversi tipi di edifici, da quelli istituzionali a quelli residenziali. In questo modo, si possono creare flussi di lavoro nuovi e personalizzati che da un lato offrono ai clienti dello studio edifici di qualità e ad alte prestazioni, dall'altro consentono ai progettisti del team di trovare rapidamente soluzioni. La loro ricerca si basa sulle avanguardie, in particolare sul design computazionale che contraddistingue le loro opere che sfociano nelle competenze in geometria architettonica, grafica computerizzata ai videogiochi, fino alle moderne discipline del design computazionale, della robotica industriale e delle piattaforme di co-progettazione partecipativa fino ad arrivare all'ultima arrivata: le IA.

### ► OBIETTIVI

### ZHA CODE E STUDIO REFIK ANADOL: PIONIERI NELL'ADDESTRAMENTO DEI MODELLI

### ► COLLABORAZIONE

Per esplorare le possibilità offerte da queste tecnologie di IA al design, è stata intrapresa una collaborazione sperimentale con lo studio Refik Anadol conosciuto per il loro lavoro innovativo che esplora nuove forme di arte basate sui dati e l'intelligenza artificiale, denominata "Architecting the Metaverse"<sup>57</sup>. I risultati di questa collaborazione sono stati parte di una mostra di Zaha al museo Ddp di Seoul nel 2022. La collaborazione ha permesso di esplorare le possibilità di addestramento personalizzato e di perfezionamento dell'applicativo Dall-E 2, utilizzando l'archivio privato di immagini di Zaha e le cosiddette tecnologie Large Language Model (LLM) e Generative Pre-trained Transformer (GPT), che alimentano Dall-E 2 e Chat GPT che all'epoca non erano di dominio pubblico. Due importanti obiettivi si sono posti il gruppo di ricerca: quali sono i problemi o le opportunità che l'IA può o deve affrontare nel campo del design, e cosa è in potere ai progettisti per aiutare l'IA a risolvere questi problemi o affrontare meglio queste opportunità.

### ► OBIETTIVI DELLA RICERCA

#### CREAZIONE DEL DATASET DI PARTENZA

Refik Anadol Studio ZHA Code hanno raccolto una vasta quantità di dati visivi e testuali rilevanti. Queste immagini provengono da diverse fonti, inclusi database di fotografie, testi descrittivi di opere architettoniche, articoli di design e dall'archivio ufficiale di Zaha Hadid: una collezione da più di 1.000.000 di immagini RAW di progetti architettonici. I dati raccolti vengono puliti per rimuovere il ru-

[56.] «Zaha Hadid Architects: "Digitali Si Nasce"», consultato 20 giugno 2024, <https://www.domusweb.it/it/speciali/domus-air/2024/shajay-bhooshan---digitali-si-nasce.html>.

[57.] «Architecting the Metaverse», Refik Anadol Studio (blog), consultato 20 giugno 2024, <https://refikanadolstudio.com/projects/architecting-the-metaverse/>.



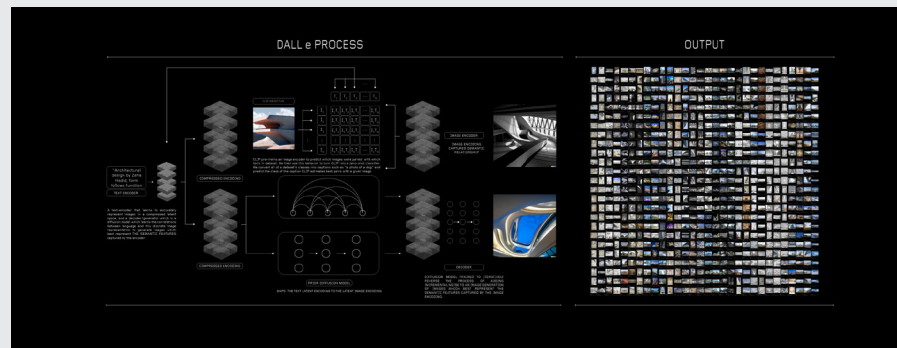
more dell'immagine, eliminate informazioni non pertinenti e assegnati attributi con parole chiave. Successivamente, i dati vengono organizzati in un formato che può essere utilizzato per addestrare un modello di intelligenza artificiale.

#### ADDESTRAMENTO DEL MODELLO DALL-E

Il set di dati compilato viene inserito in un algoritmo di riconoscimento delle immagini, DALL-E, un modello di intelligenza artificiale sviluppato da OpenAI che può generare immagini a partire da descrizioni testuali. Viene addestrato utilizzando il dataset preparato precedentemente. Durante l'addestramento, il modello impara a riconoscere le correlazioni tra le descrizioni testuali, la vettorializzazione delle caratteristiche e le immagini corrispondenti.

#### CLUSTER DI IMMAGINI

L'algoritmo "uml-umap"<sup>58</sup> viene utilizzato in uno spazio di dati tridimensionale, esplorabile in tempo reale, con un software personalizzato sviluppato dalla RAS in modo da rendere l'interfaccia fruibile a semplici architetti o designer.



[58.] Questo approccio è progettato per migliorare la capacità di visualizzazione e analisi dei dati, riducendo le dimensioni dei dati mantenendo nel contempo la loro struttura e le loro relazioni significative. UMAP è noto per la sua capacità di preservare la struttura locale e globale dei dati, rendendolo utile in applicazioni di clustering, visualizzazione dei dati ad alta dimensione e analisi dei dati non lineari.

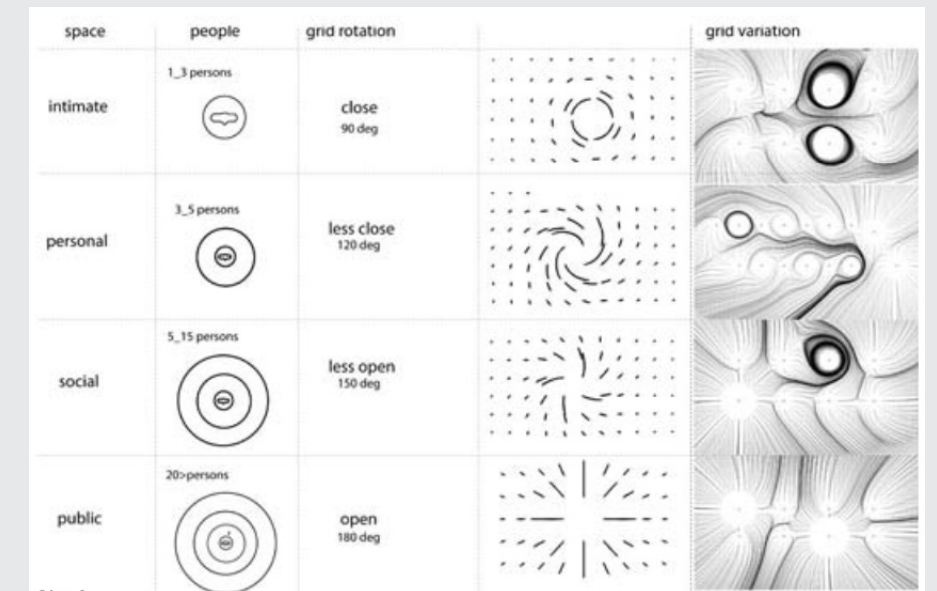
[59.] «Parametric Semiology - The Design of Information Rich Environments», Patrik Schumacher, 8

## SEMILOGIA PARAMETRICA

► ORGANIZZAZIONE SPAZIALE

► SCENARI VARIABILI

In parallelo anche Patrik Schumacher, direttore di Zaha Hadid Architects (ZHA), sta esplorando il potenziale dell'IA nell'ufficio ZHA. Tuttavia, l'interesse di Schumacher per l'IA rispetto al suo collega Shajay Bhooshan è motivato da preoccupazioni diverse. Come molti studi sono alla rincorsa dell'ottimizzazione del tempo attraverso l'IA, Schumacher non è interessato ad accelerare il processo di progettazione o a generare una molteplicità di opzioni progettuali<sup>59</sup>. Piuttosto, è interessato a simulare come l'organizzazione spaziale possa influenzare il comportamento sociale e viceversa, utilizzando popolazioni di "agenti"<sup>60</sup> informati dall'IA per modellare il comportamento degli occupanti nei contesti architettonici. In questo caso l'uso dell'IA è coinvolto nello sviluppo di simulazioni avanzate di occupazione e episodi quotidiani negli ambienti costruiti e nei progetti che possono essere creati. Schumacher crede che, al livello di complessità e dinamismo delle istituzioni sociali contemporanee, in particolare nel mondo delle sedi aziendali e dei campus, e forse nelle università e dei campus di ricerca, ciò non possa più essere gestito con un programma di accomodamento fisso, ma deve coinvolgere un senso più complesso di cosa sia un progetto architettonico, ovvero scenari di eventi parametricamente variabili. Questi saranno quindi simulati con popolazioni di agenti. Utilizzando agenti informati dall'intelligenza artificiale, i ricercatori possono testare varie ipotesi e scenari senza dover osservare direttamente gli esseri umani nel mondo reale, rendendo più facile esplorare una vasta gamma di possibilità progettuali e organizzative.



Schumacher si riferisce alla sua ricerca in questo ambito con il termine "semiologia parametrica basata su agenti"<sup>61</sup>. Usa il termine "semiologia" perché questi ambienti sono ricchi di informazioni che hanno significati: "Non sono solo barriere fisiche, canali e opportunità, ma sono pieni di protocolli sociali semanticamente codificati, i significati sociali e situazionali sono incorporati e iscritti in questi ambienti costruiti". Gli agenti quindi devono avere la capacità di rispondere in modo differenziato a questi codici semiologici: Ad esempio, per un dominio aziendale esaminiamo varie affiliazioni dipartimentali, associazioni di team, se sono consulenti esterni

gennaio 2024, <https://patrikschumacher.com/2024/01/08/719/>.

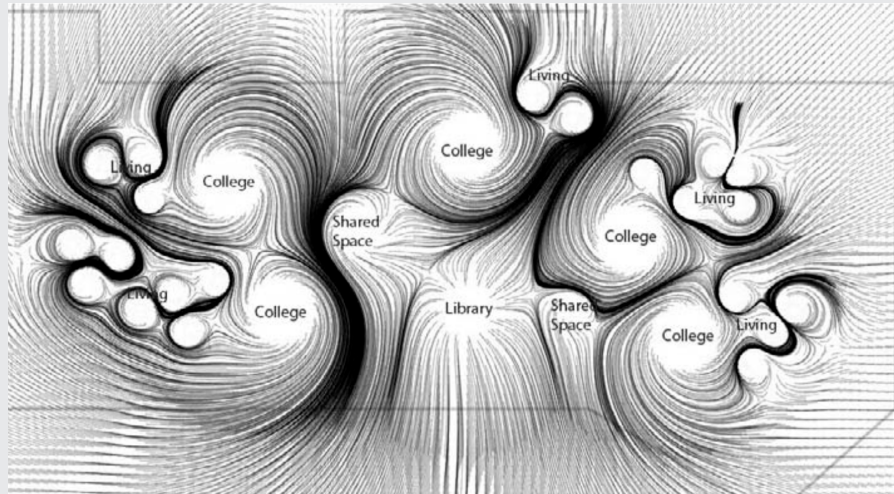
[60.] Gli "agenti" sono entità computerizzate utilizzati per esplorare e analizzare come le persone potrebbero comportarsi in ambienti costruiti specifici, permettendo di studiare le dinamiche sociali e come queste interazioni influenzano e sono influenzate dalla disposizione spaziale.

[61.] Pablo Lorenzo-Eiroa e Aaron Sprecher, «ARCHITECTURE IN FORMATION: ON THE NATURE OF INFORMATION IN DIGITAL ARCHITECTURE», s.d.

► RACCOLTA DEI DATI

o personale interno, livelli gerarchici. Quindi sono agenti altamente differenziati. Come analizzare questi agenti? Tecnicamente, per lo studio è possibile analizzare le riprese video di persone reali in spazi fisici per cercare di identificare i vari tipi di interazione sociale e i fattori che le determinano. Tuttavia, ci sono dei limiti a questo approccio. Non solo solleverebbe problemi di privacy per le persone osservate, ma sarebbe anche difficile riorganizzare l'arredamento per testare configurazioni spaziali alternative. Di conseguenza, i modelli computazionali sono molto più adatti, in quanto possono essere utilizzati per simulare vari scenari sociali e organizzazioni spaziali. Questo permette di raccogliere dati riguardanti il tipo, la posizione e la durata delle interazioni, le caratteristiche e la configurazione spaziale del luogo, e così via. Questo a sua volta fornisce informazioni sui tipi di interazione sociale facilitati o impediti da una particolare organizzazione spaziale. Infine, l'apprendimento automatico può essere nuovamente utilizzato per testare l'intensità dell'attività sociale basata su una configurazione spaziale rivista. Questo è un altro esempio di come le simulazioni possano fornire una grande quantità di dati per la ricerca successiva e anche il potenziale dell'uso di un 'digital twin'<sup>62</sup> per testare le prestazioni di un edificio esistente. L'organizzazione spaziale dell'ambiente serve sia come meccanismo fisico immediato di organizzazione che divide e collega attori sociali e le loro attività, sia come substrato materiale per l'iscrizione di una "memoria sociale" esterna. Queste "iscrizioni" possono inizialmente apparire come una conseguenza non intenzionale delle numerose azioni. Di conseguenza adattamenti e perfezionamenti funzionali vengono apportati ai layout spaziali. Questi vengono poi evidenziati e sottolineati con decorazioni per farli risaltare ed emerge gradualmente un sistema morfologico pieno di significato. Un ambiente fisico semanticamente carico, che fornisce un sistema variegato di ambienti per aiutare gli attori sociali a orientarsi in relazione alle molteplici circostanze comunicative che compongono il processo vitale sociale della società. Infine la strutturazione dell'interazione comunicativa con questo ambiente ha diversi sotto-compiti:

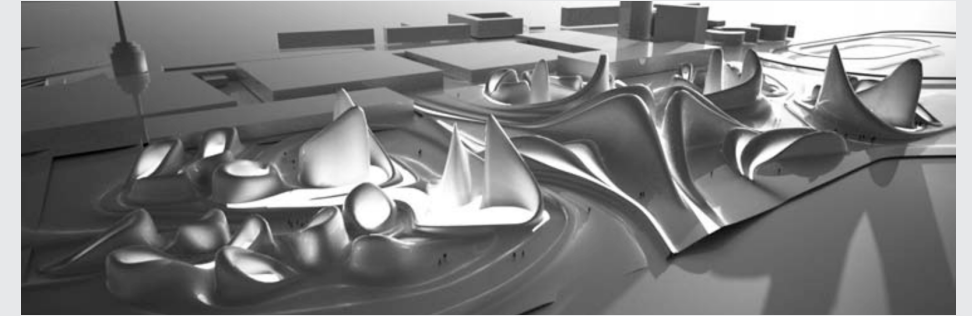
► CREAZIONE DEGLI AMBIENTI



1 - Organizzazione degli elementi spaziali e il loro schema di collegamenti creati attraverso meccanismi fisici (distanziamento, sbarramento, connessione, ecc.).  
2 - Articolazione di identità morfologiche, somiglianze e differenze tra gli elementi architettonici da organizzare. L'articolazione richiede cognizione. Coinvolge la percezione del partecipante, facilitando l'orientamento attivo del partecipante.

[62.] Il "digital twin" (gemello digitale) in architettura è un modello digitale accurato e dinamico di un edificio o di un'infrastruttura fisica.

2.1 - L'articolazione fenomenologica arruola gli utenti come agenti cognitivi, osservando e decostruendo il loro ambiente in accordo con i principi del riconoscimento dei modelli o della percezione gestaltica.  
2.2 - La ricerca dei significati (articolazione semiologica) attraverso un sistema di comunicazione, linguaggio, interpretazione e codifiche semiologiche che possono solo essere associate alle caratteristiche visivamente discernibili dell'ambiente<sup>63</sup>.



## SCOPERTE E INNOVAZIONI DAL TEAM ZHA CODE

► LIMITAZIONI

Questi recenti studi hanno messo in luce alcuni aspetti delle tecnologie di IA su cui sta lavorando Zha Code, con l'obiettivo di aumentare e accelerare la loro pratica innovativa incentrata sull'uomo e sul progettista. Innanzitutto le attuali tecnologie di IA, come i modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM), sono limitati perché devono essere costantemente collegate a Internet per accedere a vaste fonti di dataset in relazione al gran numero di suggerimenti degli utenti che le aggiornano e perfezionano. L'addestramento personalizzato, basato su modelli di IA di base, sono cruciali per ottenere risultati innovativi, rendendo un database ben strutturato e un archivio di risorse requisiti fondamentali per un'applicazione proprietaria. I contenuti generati dall'IA, in particolare le tecnologie text-to-image di facile utilizzo, possono accelerare la fase di ideazione e di prototipazione digitale dei progetti, senza la necessità di creare modelli 3D e moodboard ma sempre con una certa consapevolezza. Queste tecnologie possono anche consentire una più ampia partecipazione, coinvolgendo i clienti e i membri del team di progettazione che non sono esperti di informatica. Tuttavia, l'interpretazione umana dei risultati generati dall'IA, come spazi e modelli 3D, rimarrà un elemento fondamentale per indirizzare l'IA verso risultati ancora più significativi. Inoltre la progettazione e la costruzione digitale integrata in ottica sostenibile sono fondamentali per contrastare gli sprechi e far crescere in modo adattivo fiorenti economie circolari. Permette di estendere tecnologicamente le conoscenze costruttive tradizionali, di progettare il disassemblaggio per successivi cambi d'uso, di creare banche dati e scambi di materiali. Questi strumenti potrebbero rendere possibile un uso efficace delle risorse materiali, energetiche e finanziarie per creare spazi e quartieri coinvolgenti. Negli ultimi due decenni si sono registrati progressi significativi non solo nel campo della geometria architettonica e strutturale ma anche della robotica industriale e dell'edilizia industrializzata. La digitalizzazione quindi, estende e aggiorna le conoscenze architettoniche tradizionali e favorisce una progettazione circolare e sostenibile di edifici e città. Gran parte di queste conoscenze sono ora disponibili sotto forma di strumenti digitali, codebase, e documenti di ricerca. L'IA potrebbe aiutare i nuovi progettisti a esplorarle e applicarle in modo più semplice e rapido. Quindi, l'IA può sia migliorare la formazione degli architetti in materia di geometria architettonica, aiutandoli ad applicarla alla progettazione sostenibile e circolare di edifici e città, sia fornire loro più rapidamente le conoscenze relative alla progettazione computazionale.

► SOSTENIBILITÀ

[63.] Lorenzo Eiroa e Sprecher, «ARCHITECTURE IN FORMATION: ON THE NATURE OF INFORMATION IN DIGITAL ARCHITECTURE», 56.

## MVRDV ARCHITECTS.

### MVRDV NEXT

Negli ultimi dieci anni, lo studio olandese MVRDV si è impegnato a diventare uno studio di progettazione guidato dai dati, dall'analisi delle sue radici storiche fino alla ricerca attuale di MVRDV NEXT sull'intelligenza artificiale. L'architetto e ingegnere Freddy Fortich, ricercatore presso l'omonimo studio di progettazione indaga le attuali applicazioni dell'IA di MVRDV nelle diverse fasi del processo di progettazione, tra cui brainstorming, ricerca di riferimenti, concettualizzazione, progettazione di collage, massificazione<sup>64</sup>, attribuzione dei materiali e rendering. Infine, sarà discusso il recente lavoro innovativo dello studio nell'implementazione personalizzata dell'IA.

### ESPLORANDO L'IMPIEGO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE DA PARTE DI MVRDV NEXT NEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE

### DATA DRIVEN DESIGN

Il famoso studio MVRDV con sede a Rotterdam ha acquisito rilevanza negli ultimi anni grazie alle numerose ricerche in campo informatico e architettonico, in particolare per le speculazioni sul data-driven design, un approccio alla progettazione che utilizza dati empirici per informare e guidare il processo decisionale nella creazione di prodotti, servizi o esperienze. Questo metodo si basa sulla raccolta, analisi e interpretazione di dati rilevati per comprendere meglio le esigenze degli utenti, le tendenze di utilizzo e le prestazioni delle soluzioni esistenti adottando da sempre all'interno dello studio una metodologia in continuo sviluppo. Per rispondere alla continua ricerca tecnologica, all'interno dell'azienda è stato creato un dipartimento di ricerca e sviluppo chiamato MVRDV NEXT (New Experimental Technologies), in cui si sperimentano e migliorano nuove tecnologie come nuovi workflow di progettazione, il design computazionale, il design generativo tramite IA, la realtà aumentata e la realtà virtuale<sup>65</sup>.

### FREDDY FORTICH

Freddy Fortich ricercatore e architetto presso MVRDV NEXT esplora i cambiamenti dei processi progettuali attraverso gli strumenti che potranno avere con l'implementazione dell'IA testando diversi software.

### STRUMENTI ATTUALI



RHINOCEROS



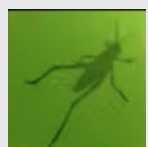
REVIT



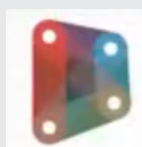
ENSCAPE



PHOTOSHOP



GRASSHOPPER



DYNAMO



LUMION

[64.] La massificazione in architettura si riferisce al processo mediante il quale gli edifici e le strutture vengono progettati, costruiti e replicati su larga scala in modo uniforme e standardizzato, spesso per soddisfare esigenze di rapidità, economia e funzionalità. Questo fenomeno ha avuto un impatto significativo sul paesaggio urbano e sulla qualità della vita nelle città.



fig //  
Immagine generata da LORA,  
plugin di Stable Diffusion uti-  
lizzando un progetto MVRDV.

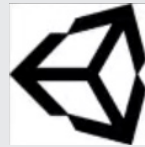
## STRUMENTI FUTURI(?)



OPENAI



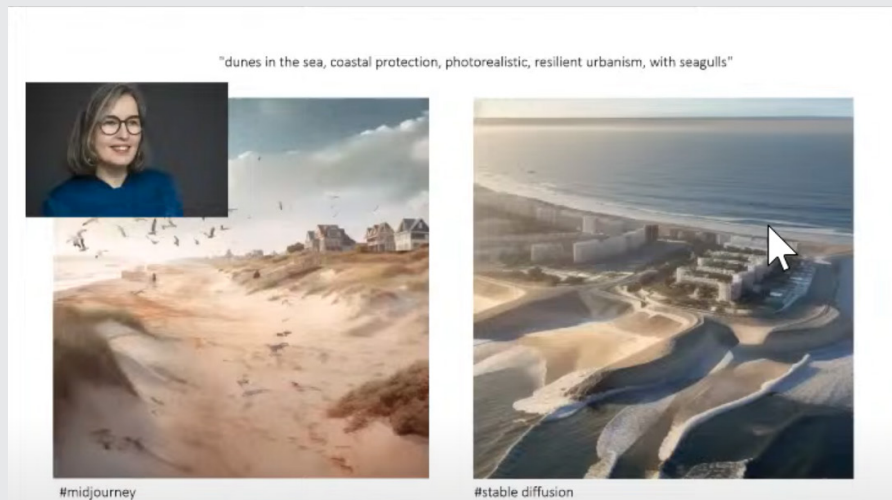
PLANFINDER

STABLE  
DIFFUSIONUNREAL  
ENGINEIA NEL PROCESSO  
PROGETTUALE

Tra le numerose applicazioni dell'IA che si possono impiegare Freddy si concentra sulle Image Based IA in particolare nella fase di Brainstorming (Fase concettuale) e nella fase di personalizzazione (Fase di presentazione) descrivendo come ha implementato nelle fasi di progettazione la tecnologia di Machine Learning.

## AI BRAINSTORMING TEXT-TO-IMAGE

I software generativi di immagini possono essere usati per creare "idee al volo" attraverso l'inserimento di un prompt ben strutturato.



## "SUPER PINTEREST" TEXT-TO-IMAGE

E' possibile usare l'IA per generare riferimenti, immagini e materiali da cui attingere spunti.

## MASSING IMAGE+IMAGE

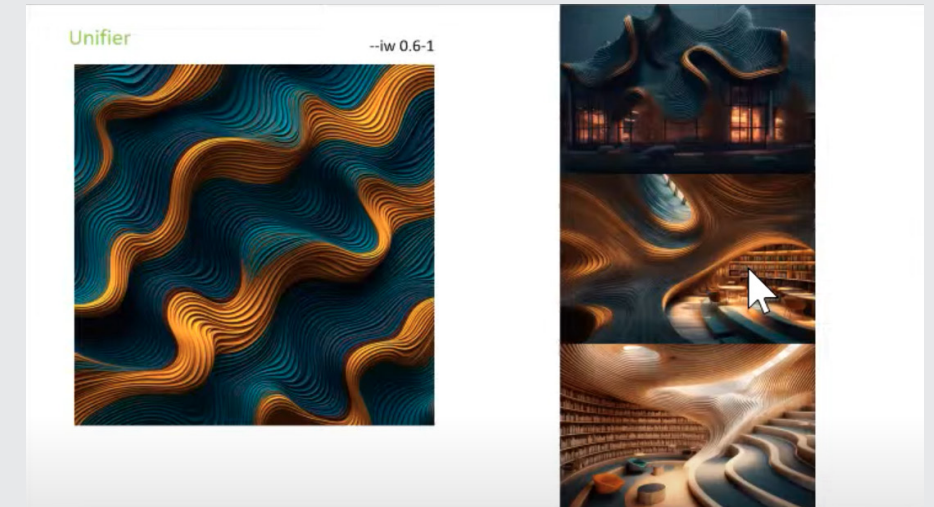
Possiamo usare l'IA per esplorare le variazioni di masse e combinazioni di colori.

## "SUPER PINTEREST" TEXT-TO-IMAGE

E' possibile usare l'IA per generare riferimenti, immagini e materiali da cui attingere spunti.

## UNIFIER IMAGE+IMAGE

Possiamo usare l'IA per combinare concept in soluzioni uniche o usare un pattern e unirlo a uno spazio tridimensionale per restituire un render con la stilizzazione del pattern.



## COLLAGE DESIGN IMAGE-TO-ENHANCED IMAGE (BASE RENDERING + STABLE DIFFUSION )

Possiamo usare la IA per testare idee attraverso collage, senza modellare direttamente il progetto. In questo contesto, l'intervento umano è fondamentale per escludere soluzioni non appropriate, è sempre necessaria una supervisione.





**MATERIALIZATION**

Per l'interior design attraverso viste semplici con i canali esportati dai software di renderizzazione possiamo attribuire colori e materiali diversi di un'ambiente.

**UPSCALING LOW QUALITY RENDER + TEXT PROMPT HIGH QUALITY IMAGE**

Possiamo usare l'IA per aumentare la definizione, aggiungere riflessi, riconoscere quali elementi sono e come devono essere.

**MATERIALIZATION**

Per l'interior design attraverso viste semplici con i canali esportati dai software di renderizzazione possiamo attribuire colori e materiali diversi di un'ambiente.



**AI RENDERING LOW QUALITY WIREFRAME + TEXT PROMPT**

Possiamo usare l'Intelligenza Artificiale per "allucinare" materiali in un immagine a tratto "vuota"



**AI CUSTOMIZING IMAGE UPSCALING**

Comfy UI è una GUI (Graphic user interface) che permette di visualizzare in modo ordinato e grafico i nodi e le stringhe di testo, basato sulla programmazione



## LORA, BAGAGLIO CULTURALE CONTRO DATASET: QUANDO LE TUE ASPETTATIVE NON CORRISPONDONO ALLA REALTÀ DEI TUOI DATI.

► DIFETTO DELL'OUTPUT

Nonostante le grandi capacità dimostrate da Stable Diffusion, presenta ancora un notevole e importante difetto: l'output finale tenderà inevitabilmente a discostarsi dal prompt fornito dall'utente, sia a causa dell'impossibilità di tradurre con precisione il nostro pensiero in forma scritta, sia perché la tecnologia potrebbe non essere sempre in grado di catturare esattamente le intenzioni espresse. Questo accade principalmente perché l'intelligenza artificiale si basa su un dataset così vasto da comprendere numerosi stili architettonici esistenti nel mondo, mentre noi, in qualità di progettisti, possediamo gusti e maestri specifici costruiti sulla nostra formazione e le esperienze incamerate durante la pratica progettuale. In sostanza, lavoriamo su due dataset differenti: il nostro si fonda su un bagaglio culturale sviluppato attraverso l'istruzione e il pensiero critico, mentre quello dell'IA incorpora milioni di pensieri e stili architettonici. Per ovviare a questo problema Stable Diffusion propone LoRA (Low-Rank Adaptation). LoRa è una tecnica che consente di adattare rapidamente i modelli di apprendimento profondo esistenti con un consumo di risorse computazionali del dataset ridotto scelti dall'utente. Invece di riaddestrare completamente un modello di grandi dimensioni, LoRA permette di adattare solo alcune componenti del modello e del dataset, migliorando l'efficienza e riducendo i tempi di calcolo. In altre parole, Stable Diffusion è bravo a iniziare dal caos e creare qualcosa di fantastico, mentre LoRA è bravo a prendere qualcosa di esistente e renderlo ancora attinente attraverso dataset forniti in poco tempo.



► LORA X MVRDV

Freddy utilizza LoRA per addestrare Stable Diffusion a generare immagini seguendo lo stile progettuale di MVRDV, alimentandolo con un dataset di progetti (immagine + descrizione di input) già esistenti dell'omonimo studio. LoRa analizza e interpreta questi progetti architettonici, studiandoli in profondità e apprendendo non solo gli aspetti materici bidimensionali, ma anche la geometria intrinseca delle immagini fornite. Il risultato è sorprendente.

## SE NON SAI FARLO NELLA VIA TRADIZIONALE, NON DOVRESTI FARLO CON L'IA.

► VIA TRADIZIONALE

“If you can't do it in the traditional way, you shouldn't do it through AI.” La frase di Freddy Fortich implica che l'intelligenza artificiale (AI) non dovrebbe essere usata per fare qualcosa che non si è in grado di fare o capire nel modo tradizionale<sup>66</sup>. In altre parole, se non si ha la capacità o la competenza per svolgere un compito con i metodi convenzionali, non si dovrebbe cercare di farlo utilizzando l'AI. Inoltre, Freddy sostiene che l'intelligenza artificiale è uno strumento che, se utilizzato con consapevolezza, contribuisce a ridurre il carico di lavoro nella progettazione e di conseguenza il tempo impiegato in alcuni processi progettuali da lui dimostrati.

### FLUSSO DI LAVORO TRADIZIONALE



### FLUSSO DI LAVORO AI



Se non si comprende a fondo un processo o un'attività, non si dovrebbe affidare tale attività all'AI. L'uso dell'AI richiede una comprensione delle sue limitazioni e potenzialità, quindi bisogna prima padroneggiare il compito nel modo tradizionale. Dipendere dall'AI per compiti che non si è in grado di svolgere personalmente può portare a risultati inaffidabili. Senza una conoscenza di base, diventa difficile valutare se l'AI sta operando correttamente. Inoltre, l'uso dell'AI comporta responsabilità etiche. Se non si è in grado di eseguire o comprendere un compito tradizionalmente, è difficile garantire che l'uso dell'AI sia appropriato e responsabile. Molti sistemi di AI necessitano di intervento e supervisione umana, e se non si conosce bene il compito, non si sarà in grado di intervenire o aggiustare il funzionamento dell'AI in modo efficace.



## COOP HIMMELB(L)AU ARCHITECTS

► DEEP  
HIMMELBLAU

Nell'ufficio di Coop Himme(l)blau a Vienna, una serie di protocolli e pratiche di apprendimento automatico dei software interpretano continuamente i progetti passati e futuri dello studio, scatenando nuovi lavori e possibilità per architetture ancora inesistenti. Qui un progetto interno denominato Deep Himmelblau che possiamo definire come una macchina che riunisce un insieme di software e di reti neurali, condotto da Wolf Prix, Karolin Schmidbaur, Daniel Bolojan ed Efilena Basetta indagano sulle potenzialità dell'IA sul processo progettuale. Traendo ispirazione dalle conoscenze nel campo dell'intelligenza artificiale, il progetto si propone di aprire nuove strade attraverso lo sviluppo delle nuove reti neurali da applicare alla comune pratica architettonica. In sintesi, Deep supporta lo studio come un copilota nelle diverse fasi progettuali, senza limitarsi a generare proposte automatizzate.

### DEEP HIMMELBLAU SFIDE PER INTRODURRE L'IA NEL PROCESSO PROGETTUALE DELLO STUDIO

Ripercorrere gli anni di ricerca di Deep Himmelblau offre un'ottima occasione per fare un passo indietro e fare il punto della situazione e della loro filosofia. Quando Coop Himmelb(l)au (CHBL) ha iniziato a sperimentare l'intelligenza artificiale a inizi anni duemila, le ricerche si sono concentrate su come i singoli processi del flusso di lavoro dello studio potessero essere inseriti nella macchina, in modo che lo studio potesse arricchirsi delle nuove prospettive uniche offerte da questa nuova corrente tecnologica. Negli ultimi anni, queste reti neurali si sono evolute in una serie inedita e interconnessa di reti e strumenti, dando vita a una nuova lettura della ricerca. Sebbene gli ultimi sviluppi dell'IA consentano di addestrare i computer a determinati criteri di creatività, il grado di sviluppo del senso di creatività dell'IA è ancora da verificare e lo studio inizia a porsi una serie di riflessioni e domande per poter sviluppare Deep. Si può insegnare all'IA a creare, senza bisogno di una guida? Si può insegnare all'IA come interpretare i progetti? Si può insegnare all'IA a reinterpretare le rappresentazioni da un pianta alla sezione, come gli architetti si ispirano a concetti che non rientrano nel loro dominio architettonico? Insegnare ai computer a essere creativi è intrinsecamente diverso dal modo in cui le persone creano, anche se non sappiamo ancora molto della nostra metodologia creativa.

#### IL PROCESSO APERTO

Per introdurre l'IA nel processo progettuale è importante capire innanzitutto il "processo aperto"<sup>67</sup>. Il processo aperto è un metodo di lavoro indeterminato e complesso che contraddistingue lo studio e poi utilizzato da molti altri progettisti, basato su un dialogo tra diverse persone e strumenti, in cui le idee vengono interpretate e negoziate. Coop Himmelb(l)au promuove un'architettura che è aperta, volutamente instabile e, come tale, rappresenta una forma di democrazia<sup>68</sup>. Pur lo studio formulando forti dichiarazioni estetiche con edifici visti come sculture funzionali, le strutture non sono monumenti erme-

[67.] Coop Himmelb(l)au, «Method», Coop Himmelb(l)au, consultato 29 giugno 2024, <https://coop-himmelblau.at/method/>.

[68.] «Architecture in the Age of Artificial Intelligence An introduction to AI for architects (Neil Leach).pdf».



fig //  
Immagine generata grazie a  
DeepHimmelblau.

ticamente chiusi, ma piuttosto strutture aperte che sono sia ricettive al loro ambiente esterno che agenti di possibilità. Questo atteggiamento speciale verso l'architettura è dedicato alle persone e agli utenti delle strutture proposte. Premettendo le intenzioni dello studio, a differenza di un processo lineare e chiuso, il processo aperto non segue una semplice relazione causa-effetto. Coop Himmelb(l)au (CHBL), fondata nel 1968, ha rivoluzionato l'architettura utilizzando questo metodo, nonostante l'iniziale scetticismo di Wolf Prix, riguardo alla computazione in generale e al parametricismo in particolare, perché rappresentava un sistema chiuso. Prix però non è estraneo alla sperimentazione: fin dai suoi primi giorni di ribellione, scrivendo manifesti provocatori ed esplorando il disegno "automatico", Prix ha sempre cercato di sfidare lo status quo e aprire l'architettura a nuove possibilità. Ora riconosce che anche l'IA può fare ciò, aprendo nuovi orizzonti, anziché limitarli portando lo studio a un continuo rinnovamento. L'idea delle operazioni complesse del processo aperto iniziava con lo schizzo, che è ricco di significato e aperto all'interpretazione. La manifestazione di un'idea per un progetto attraverso lo schizzo avvia un dialogo, in cui lo schizzo è vissuto, comunicato e passo dopo passo tradotto in architettura. È lo schizzo che avvia un processo, ma solo attraverso il processo stesso lo schizzo sarà tradotto in un edificio. Questo è l'approccio di Coop Himmelb(l)au al processo di progettazione: "Senza sapere dove questo ci porterà, iniziamo a condensare e abbreviare il tempo del processo di progettazione, cioè parliamo del progetto a lungo, ma senza mai pensare alle conseguenze spaziali. E poi, all'improvviso, c'è il disegno sulla carta, sul tavolo, e, allo stesso tempo, iniziamo con il modello di lavoro. Coop Himmelb(l)au è un team. Quando disegniamo, l'architettura viene messa in parole, lo schizzo narrato al partner, il progetto presentato per essere vissuto, il momento vissuto del design comunicato."<sup>69</sup> Con l'avvento delle tecnologie digitali negli anni '90, il processo analogico si è evoluto, incorporando strumenti digitali come fotogrammetria, modellazione parametrica e bracci robotici. Queste tecnologie non sostituiscono il processo umano, ma lo arricchiscono, ottimizzandolo e automatizzandone parti. La rete Deep Himmelblau mira a fare lo stesso: ad amplificare l'intelligenza del processo di progettazione, combinando l'intelligenza umana e quella delle macchine per ispirare nuovi flussi di lavoro e tecnologie.

UN DIALOGO  
CONTINUO



VERSÒ UNA  
SINERGIA

PADRONEGGIARE  
IL DATASET

## VERSÒ L'AUMENTO PIUTTOSTO CHE L'AUTOMAZIONE

Il maestro di scacchi Garry Kasparov dopo la sconfitta contro Deep Blue<sup>70</sup> ha scoperto che un processo ideativo ben definito è più efficace della semplice combinazione del miglior giocatore e della migliore macchina. Ha osservato che "Il nostro obiettivo dovrebbe essere quello di amplificare l'intelligenza, utilizzare la tecnologia dell'informazione come uno strumento per migliorare le decisioni umane invece di sostituirle con sistemi autonomi di IA"<sup>71</sup>. Allineando questa osservazione con il flusso di lavoro del processo aperto dello studio, la strategia iniziale e immediata di Deep Himmelblau è ovvia e consequenziale: mentre alcuni nodi della rete di Deep Himmelblau possono automatizzare processi parziali e quindi semplificare il flusso di lavoro complessivo, il potenziale principale risiede nel trovare modi per amplificare l'intelligenza e l'efficacia dello studio, riassunto nel termine "aumento" rispetto ad "automazione". Questo si realizza combinando l'intelligenza umana con quella delle macchine in tecniche di interazione reciproca che aumentano e ispirano ulteriormente il lavoro. Quali tecniche di interazione uomo-macchina possiamo introdurre per ispirare ulteriormente la creatività? Quali modalità di loop di feedback uomo-macchina possono essere costruite, dove nuovi flussi di lavoro e tecnologie possono essere creati e successivamente ispirarci e influenzarci? In sintesi, CHBL considera l'IA come una tecnologia di integrazione per i progettisti, che offre il massimo valore in modalità di co-pilotaggio rispetto alla modalità di automazione.

## INTERCONNETTERE "L'AI PROCESS"

La nuova rete Deep Himmelblau è un insieme di varie reti neurali come i variational autoencoders, i modelli di diffusione, Pix2Pix per la traduzione delle immagini, GAN per la traduzione di domini, i processi di sintesi delle immagini di StyleGAN, Deep Lab per la segmentazione semantica<sup>72</sup> e molte altre tecniche di deep learning. La rete presenta diversi nodi per compiti di progettazione discreti, come la traduzione immagine a immagine, i trasferimenti di dominio 2D e 3D, l'apprendimento e la sintesi delle rappresentazioni. Attualmente, sono in fase di sviluppo nodi aggiuntivi che comprendono la semantica del progetto e le strategie organizzative da una prospettiva tridimensionale, dove gli aspetti di forma e contenuto vengono esplorati in parallelo, con l'obiettivo finale di collegarli in strutture tridimensionali che abbiano significato come architettura. Dato che la semantica della rete e lo stile di CHBL non sono omogenei, una delle principali sfide è stata progettare la rete Deep Himmelblau in modo che apprenda la rappresentazione semantica corretta dei progetti senza orientare la rete verso uno stile più prevalente rappresentato da un particolare progetto. Come può lo studio progettare la rete in modo che pesi correttamente la semantica del progetto? In assenza di esempi target etichettati, le mappe delle caratteristiche e gli estrattori di caratteristiche della rete Deep sono progettati per imparare ad allineare semanticamente le distribuzioni, migliorando così la capacità della rete di comprendere la semantica sottostante rappresentata nel dataset di input. Inoltre, la capacità di addestramento multimodale (immagini, mappe di segmentazione, mappe di profondità, testo, 3D) della rete basata su nodi contribuisce in modo significativo a migliorare l'apprendimento della corretta rappresentazione semantica.

[70.] Deep Blue è stato uno dei primi computer a utilizzare l'intelligenza artificiale e la potenza di calcolo avanzata per competere a livelli elevati nel gioco degli scacchi, rappresentando un importante passo avanti nella storia dell'intelligenza artificiale e del calcolo ad alte prestazioni.

[71.] Garry Kasparov, DeepThinking: Where Machine Intelligence Ends and Human Creativity Begins, PublicAffairs (NewYork), 2017, p 214.

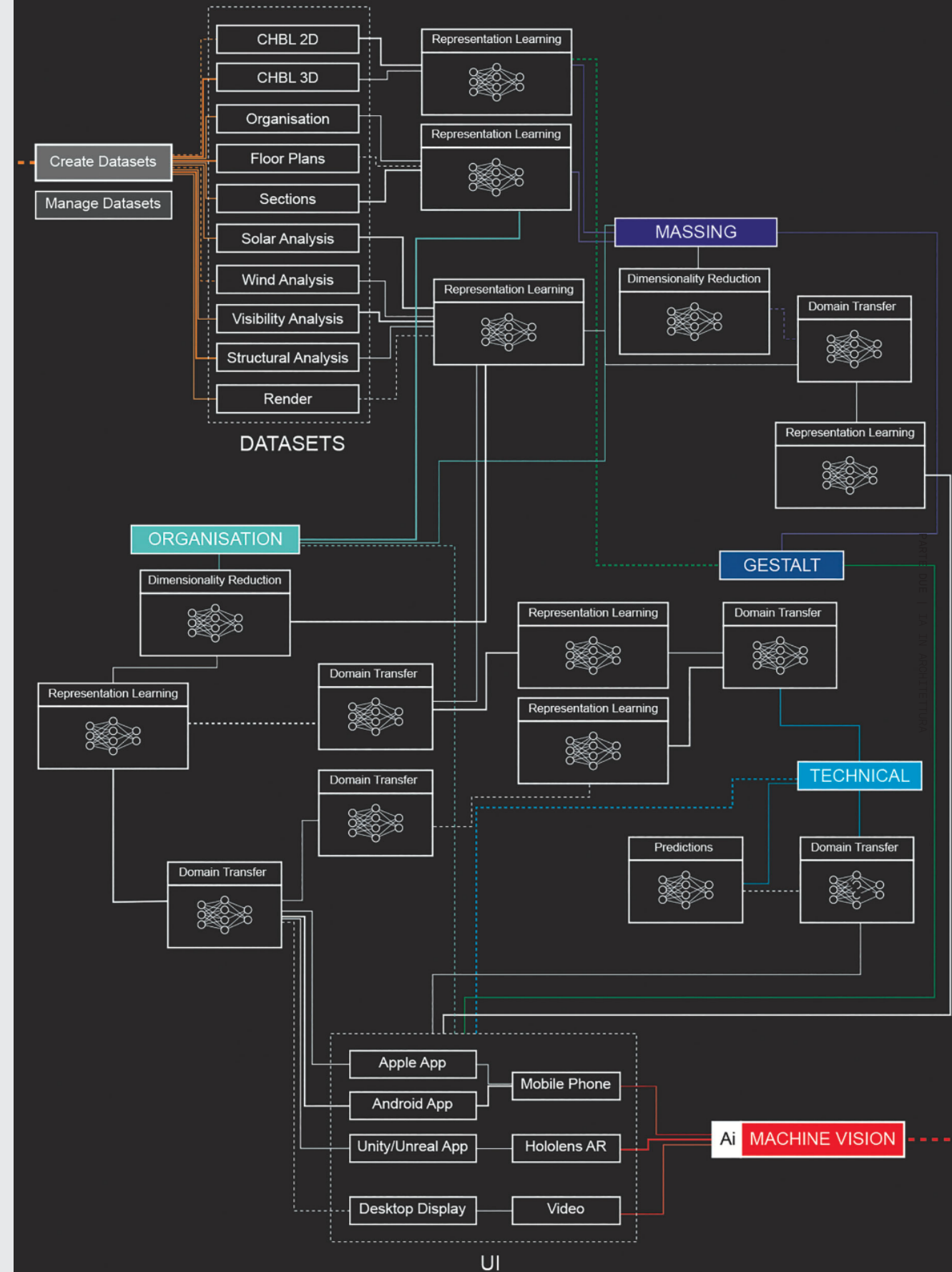
[69.] Matias del Campo e Neil Leach, a c. di, Machine Hallucinations: Architecture and Artificial Intelligence, Architectural Design Profile, no 277 (Oxford: John Wiley & Sons, 2022), 17.

tica. La struttura basata su nodi della rete Deep Himmelblau consente di stabilire strategie dipendenti dal compito di nodi interconnessi in risposta a compiti di progettazione discreti, problemi di progettazione specifici o la natura di qualsiasi indagine. I diversi nodi sono categorizzati secondo criteri architettonici specifici, come questioni tecniche, organizzative o formali, pur utilizzando la risorsa potenziale dell'intero archivio multimodale CHBL. La rete non solo permette la connessione di più nodi, ma consente anche di combinare, mescolare e scambiare i livelli semantici dei vari nodi della rete. Questo permette la creazione di loop di feedback attraverso le scale di progettazione e la creazione di loop di feedback dinamici di interazione tra macchina e progettista all'interno di un quadro di processo aperto non lineare. Di conseguenza, si abilita un grado di agenzia a vari livelli di progettazione, consentendo di codificare l'intenzionalità progettuale a vari livelli discreti. I nodi aggiuntivi della rete permettono di classificare, ordinare, filtrare, cercare strategicamente e esplorare i vari spazi latenti che affrontano diversi livelli di progettazione, attraverso varie modalità intuitive, algoritmiche, basate su immagini e su testo. Questi nodi mirano ad abbassare la soglia di accesso alle varie reti per i non specialisti (gli architetti dell'ufficio) fornendo un controllo intuitivo degli spazi latenti<sup>73</sup>, delle caratteristiche apprese, dei parametri della rete di nodi e delle strategie di miscelazione della rete tramite un'interfaccia user-friendly in cui è possibile interrogare lo spazio latente. La rete supporta ricerche basate su testo insieme a quelle basate su immagini, piani e modelli 3D. La tecnica di interrogazione dello spazio latente esamina un testo di input o una descrizione del design, determina la sua semantica e ricerca nella Rete Generativa Deep Himmelblau immagini che esprimono quella semantica.



Unico in questo processo interconnesso è l'obiettivo e la capacità della rete di mettere in scena possibilità di feedback e traduzione che consentono interazioni reciproche tra il mondo analogico e digitale, e tra le idee o le esigenze di nuovi problemi di progettazione e la conoscenza combinata del database. Il terreno più promettente e sfidante nelle esplorazioni attuali è duplice: le domande di quali possibilità di progettazione sono latenti nell'immenso universo

[72.] La "semantica di un progetto" si riferisce al significato e alla comunicazione impliciti e espliciti che un progetto o un'opera d'arte architettonica trasmette attraverso il suo design, la sua forma e la sua funzione. Include l'interpretazione degli elementi visivi, spaziali e concettuali del progetto, nonché il modo in cui questi elementi interagiscono con il contesto circostante e con gli utenti previsti. La semantica di un progetto architettonico può essere influenzata da vari fattori, tra cui il linguaggio architettonico utilizzato, la scelta dei materiali, la disposizione degli spazi, e il contesto culturale e sociale in cui l'edificio è situato.



Coop Himmelb(l)au generato finora, come rendere questo spazio latente ancora più accessibile per gli architetti dell'ufficio. In altre parole, come possiamo specificare al meglio la semantica costruita in questo universo per trovare i modi migliori per esplorarne il potenziale e ottenere output significativi?

## ARTIFICIALE E NATURALE

Mettendoci in relazione con Deep Himmelblau Le nostre percezioni e le nostre rappresentazioni visive coscienti della realtà non sono una mappatura diretta del mondo reale. Gli esseri umani interpretano la realtà attraverso ricostruzioni e interpretazioni basate sulle esperienze passate. Le nostre esperienze passate agiscono come una cornice sul nostro modo di interpretare, comprendere e percepire il mondo reale. La nostra formazione di architetti agisce come un quadro nel modo in cui percepiamo il mondo, nel modo in cui lo interpretiamo e nel modo in cui ne traiamo ispirazione. Una pratica molto comune nel campo del design e dell'architettura è che un progettista apprenda, consciamente o inconsciamente, la rappresentazione semantica di un dominio, la reinterpreti attraverso un particolare filtro, ad esempio lo stile architettonico o la cultura architettonica e la traduca in un dominio diverso.

Mentre gli esseri umani sono inconsciamente in grado di riconoscere e distinguere le varie caratteristiche semantiche di ciò che percepiscono, le reti neurali sono in grado di avere un comportamento simile dopo aver appreso da un insieme sufficientemente ampio di campioni. Alcune reti imparano automaticamente a separare/disgiungere le varie caratteristiche semantiche di un insieme di dati e in seguito permettono di separare e gestire caratteristiche specifiche a un livello particolare. Inoltre, le macchine esposte a grandi insiemi di campioni possono scoprire le carenze percettive nelle capacità di riconoscimento umano. Questa capacità innata può aumentare la creatività e l'interpretazione del designer?

## INTELLIGENZA ARCHITETTONICA, SMINUENDO L' AUTOMAZIONE

“Much like feathers were developed by nature without dinosaurs ever thinking about flying, AI—which I like to call “Architectural Intelligence”—is a tool that will one day allow us, architects, to fly.” Wolf Prix Attingendo all'intero archivio di CHBL, il team ha creato un nuovo Universo Coop Himmelblau, aggiungendo una nuova dimensione al lavoro, ora disponibile per essere sfruttata. Con questo in mente, spetta di nuovo ai progettisti, esseri umani che compongono Coop Himmelb(l)au, dialogare con la macchina, scoprire modi e metodi per leggere e interpretare questa nuova ispirazione meccanica e tradurla nel lavoro di CHBL. Questo esperimento digitale anche se sembra che allontani il lavoro dalla sua tradizione di ispirazione umana, spontaneità, immediatezza, emozione e ispirazione, il progetto nega questa convinzione, ma è un ritorno a leggere lo schizzo, lo schizzo del patrimonio, caricato di un nuovo significato profondo<sup>74</sup>. Per abbracciare appieno questa rivoluzione, è consigliabile esplorare i vantaggi dell'IA attraverso l'utilizzo di strumentazioni che studi architettonici impiegano, ovvero software di progettazione edilizia browser/3D/BIM dotati di funzioni intelligenti che hanno la capacità di analizzare i dati in modo efficiente, fornendo un sostegno prezioso per gli architetti nell'implementazione di nuove tecniche di progettazione.

[74.] Nell'architettura e nel design, esplorare lo spazio latente significa navigare tra queste rappresentazioni astratte per trovare varianti e soluzioni progettuali che possano rispondere a specifici criteri o ispirazioni. Ad esempio, una ricerca nello spazio latente può aiutare a trovare forme e configurazioni che corrispondano a determinate descrizioni o esigenze progettuali, facilitando così la creazione di nuovi e innovativi progetti architettonici.

[74.] Campo e Leach, Machine Hallucinations, 17.

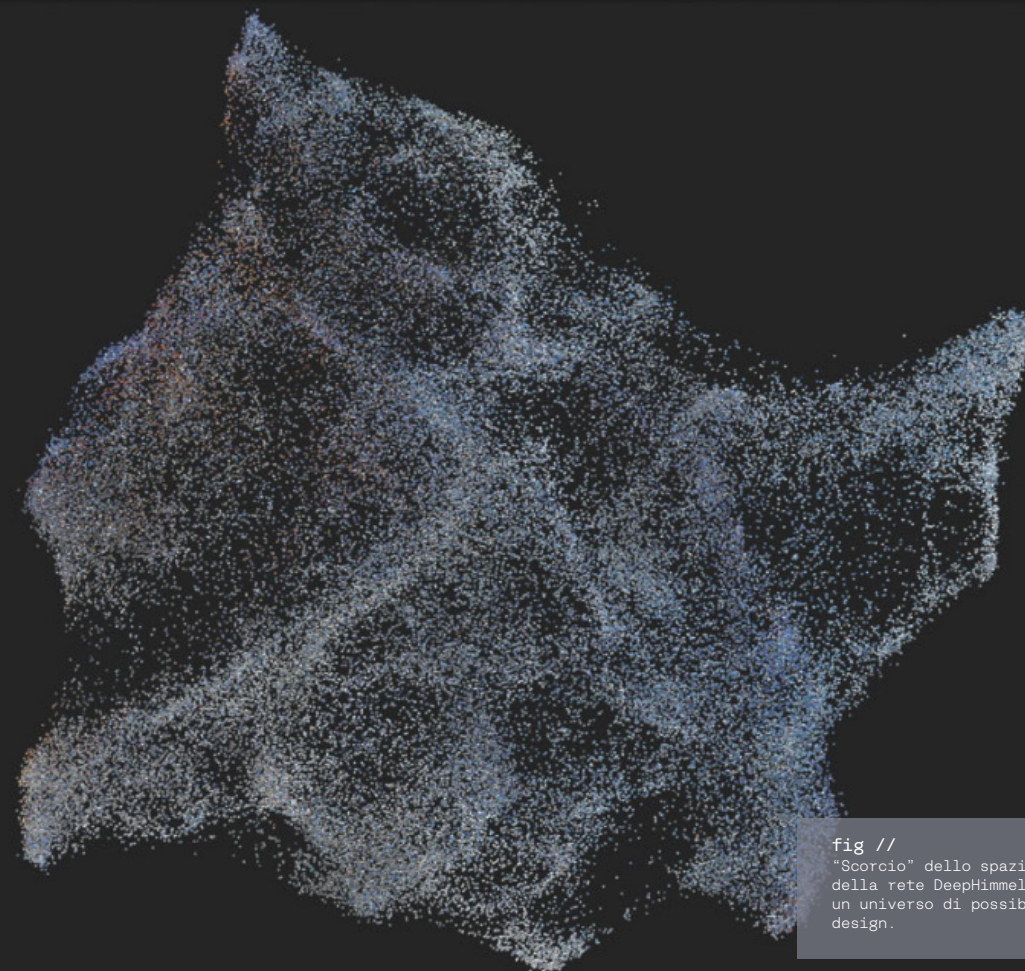
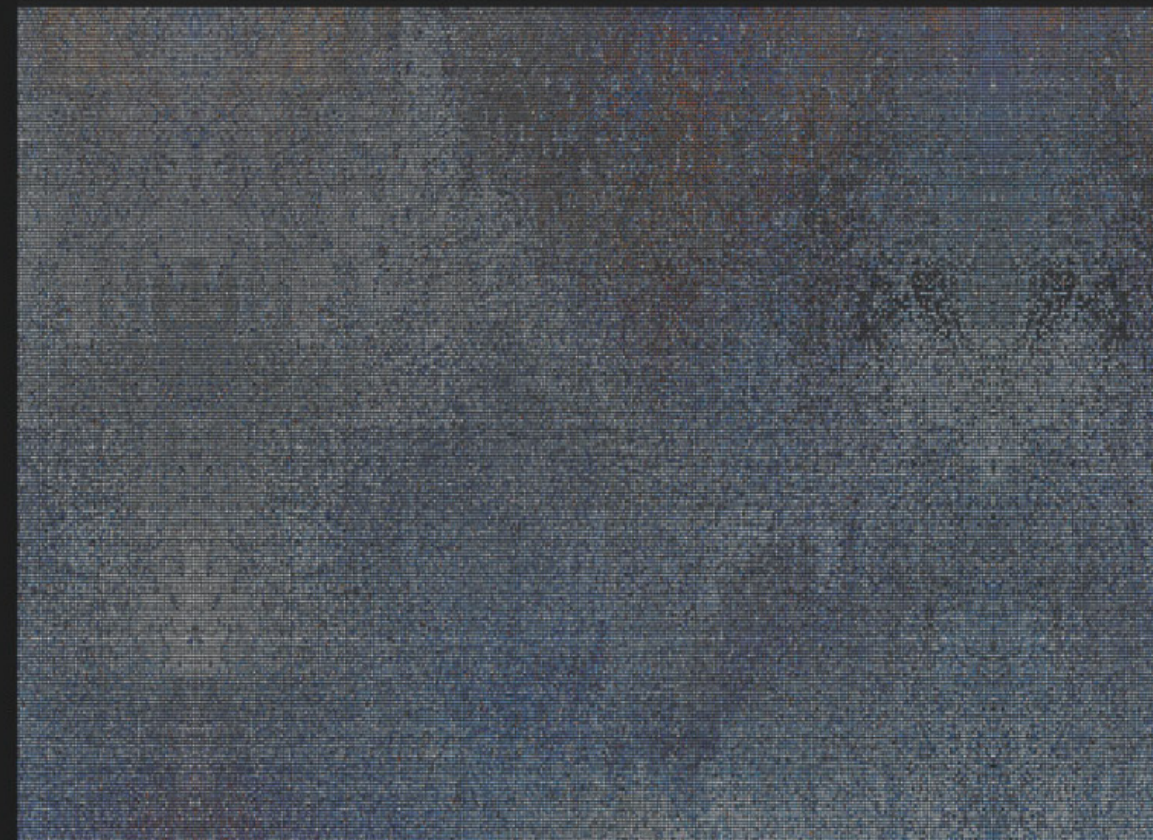


fig //  
“Scorcio” dello spazio latente della rete DeepHimmelblau, un universo di possibilità di design.

2.4.0

# In SINTESI

## 2.4.1 IA IN ARCHITETTURA: STATO DELL'ARTE

▶ LIMITAZIONI

Il capitolo discute l'uso attuale dell'intelligenza artificiale (IA) nel campo dell'architettura, una tecnologia ancora in fase di sviluppo. Nonostante il suo potenziale, l'IA è attualmente utilizzata in modo limitato. Un sondaggio del Politecnico di Torino ha rivelato che solo il 30% degli studi architettonici a Torino utilizza strumenti come Chat GPT o Midjourney. Sondaggi internazionali, invece, mostrano che sebbene vi siano riconoscimenti sulle limitazioni dell'IA, il 74% degli intervistati prevede di aumentare l'uso dell'IA nei prossimi 12 mesi, e l'86% crede nel suo ruolo futuro nell'architettura. I grandi studi di architettura sono più aperti all'adozione dell'IA rispetto alle medie e piccole imprese, che tendono a essere

▶ 5 PUNTI

più avverse al rischio. Studi noti come MVRDV e Zaha Hadid Architects stanno già investendo in questa tecnologia, dimostrando la sua crescente rilevanza. Il capitolo fornisce una panoramica delle tecniche, tecnologie, metodologie e approcci più avanzati disponibili dell'IA in architettura in 5 punti, come il design computazionale, l'analisi predittiva, i sistemi di controllo ambientale, l'analisi di dati urbani e l'interazione virtuale. L'IA permette di esplorare nuove soluzioni progettuali, ottimizzare spazi, prevedere il comportamento degli edifici e facilitare la visualizzazione dei progetti. In sintesi, l'IA sta rapidamente trasformando il settore, aprendo nuove possibilità per il disegno, la progettazione e la gestione degli edifici.

▶ 01

CAMPO		DESCRIZIONE	ESEMPIO	PRO	CONTRO
DESIGN COMPUTAZIONALE	Design generativo	Utilizza reti neurali per creare diverse soluzioni progettuali senza l'uso di visual scripting.	Stamhuis usa il design generativo per ottimizzare layout di negozi migliorando la comunicazione con i clienti.	Genera rapidamente molte opzioni di design; permette l'esplorazione di soluzioni innovative.	Può produrre soluzioni troppo generiche o non praticabili; richiede una valutazione manuale dei risultati.
	Design generativo	Implica la creazione di modelli flessibili con relazioni tra parametri di progettazione.	Manifold House utilizza pannelli parametrici in acciaio corten regolati tramite Visual Programming Language (VPL).	Controllo dettagliato sul processo di progettazione; permette iterazioni rapide e adattamenti in tempo reale.	Richiede una comprensione approfondita dei parametri; può essere complesso e dispendioso in termini di tempo.
	Design algoritmico	Combina algoritmi e tecniche di programmazione con l'intelligenza umana per esplorare soluzioni innovative.	Workflow proposto da ACADIA per la progettazione automatizzata di edifici usando set di dati sintetici.	Unisce la creatività umana con la potenza computazionale; permette la gestione di problemi complessi.	Può essere difficile da implementare senza conoscenze avanzate di programmazione; risultati imprevedibili.
ANALISI PREDITTIVA		Utilizza machine learning e dati per prevedere prestazioni energetiche, comfort degli occupanti e impatto ambientale..	AI-aided design e rendering predittivo per visualizzazioni innovative.	Permette di anticipare problemi futuri e ottimizzare le prestazioni; migliora la sostenibilità e il comfort.	Dipende dalla qualità dei dati; può essere costoso e complesso da implementare.
SISTEMI DI CONTROLLO AMBIENTALE		Introduzione di IA per migliorare l'efficienza e la sostenibilità.	Termostati autonomi che apprendono tramite reinforcement learning.	Migliora l'efficienza energetica; adattamento dinamico alle condizioni ambientali e preferenze degli utenti.	Può richiedere un tempo significativo per l'apprendimento; rischi di malfunzionamento in ambienti complessi.
RICONOSCIMENTO E ANALISI DATI URBANI		Uso di strumenti avanzati per analizzare il comfort del vento in contesti urbani.	InFraRed e simulazioni CFD per ottimizzare flusso d'aria e comfort del vento in ambienti urbani.	Analisi precisa e informata delle condizioni ambientali; migliora il comfort urbano.	Necessita di strumenti e competenze avanzate; può essere costoso e richiedere molto tempo.
EXTENDED REALITY (XR)		Include VR, AR e MR, migliorando la visualizzazione e l'interazione nel processo di progettazione.	Fologram combina AR con CAD per facilitare la costruzione di progetti complessi con visori HoloLens.	Offre visualizzazioni immersive e interazioni realistiche; migliora la comunicazione e la comprensione del design.	Richiede hardware e software avanzati; può essere costoso e impegnativo da implementare su larga scala.

PARTE DUE | IA IN ARCHITETTURA

PARTE DUE | IA IN ARCHITETTURA

▶ 02

▶ 03

▶ 04

▶ 05

## 2.4.2 ESEMPI PRATICI

### ▶ PANORAMICA

Molti studi di architettura, a differenza di quelli con un approccio più tradizionalista, adottano lo sviluppo tecnologico dell'IA cercando di restare aggiornati utilizzando nuove tecnologie e innovazioni. Questo li motiva a istituire laboratori di ricerca interna che collaborano parallelamente al dipartimento di progettazione, per introdurre sviluppi nel processo di progettazione e realizzazione traendone diversi vantaggi. Quindi abbiamo tre studi di architettura contemporanea con motivazioni diverse, ognuno dei quali esplora diversi approcci all'uso dell'IA nelle loro pratiche progettuali influenzati dalla loro filosofia di progettazione.

### ZHA PIONIERI NELL'UTILIZZO DELL'IA: SOLUZIONI INNOVATIVE E STUDI SUGLI AMBIENTI SOCIALI

“Not every single project is using it but let's say most – I'm encouraging everybody who's working on competitions and early ideation to see what comes up and just to have a larger repertoire”<sup>75</sup> -Patrik Schumacher.

ZHA affronta diversi aspetti chiave riguardanti l'applicazione dell'intelligenza artificiale (IA) nel campo dell'architettura e del design, con particolare attenzione alla collaborazione tra lo studio Refik Anadol e ZHA Code, nonché alle prospettive di Patrik Schumacher di Zaha Hadid Architects.

Collaborazione con Refik Anadol e ZHA Code:

Architecting the Metaverse: questo progetto sperimentale ha esplorato come l'IA, in particolare il modello DALL-E 2 di OpenAI, può essere addestrato utilizzando un vasto archivio di immagini architettoniche provenienti dall'archivio di Zaha Hadid. L'obiettivo è stato quello di generare immagini a partire da descrizioni testuali, esplorando nuove modalità di espressione e creazione artistica attraverso l'IA rimanendo i primi ad addestrare un IA per questo scopo.

Approccio di Patrik Schumacher a ZHA:

Semiologia Parametrica basata su Agenti: Schumacher ha adottato un approccio innovativo utilizzando agenti informatici per simulare l'interazione sociale negli spazi architettonici. Questo approccio permette di modellare come le persone potrebbero comportarsi e interagire all'interno di determinati contesti architettonici, influenzando così l'organizzazione spaziale stessa e di conseguenza la loro forma architettonica.

ZHA evidenzia come l'intelligenza artificiale stia rivoluzionando il settore dell'architettura non solo attraverso la creazione di nuove forme artistiche e progettuali, ma anche attraverso l'ottimizzazione dei processi di progettazione, la simulazione sociale avanzata e il supporto alla sostenibilità ambientale.

### MVRDV OTTIMIZZARE LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA: L'AUTOMAZIONE INTELLIGENTE AL SERVIZIO DELLA CREATIVITÀ

Freddy Fortich, architetto e ricercatore presso MVRDV NEXT, studia come l'intelligenza artificiale possa essere integrata nel processo di progettazione architettonica. L'architetto esplora diverse applicazioni dell'IA nelle varie fasi del processo di progettazione, testando diversi software e tecnologie per migliorare l'efficienza e la creatività dei progetti. Le principali aree di interesse includono:

Brainstorming e Concettualizzazione: L'IA può generare idee e riferimenti visivi rapidamente, fungendo da un “Super Pinterest”. I software di generazione di im-

magini aiutano a creare concept unici e a unificare idee diverse.

Collage Design e Rendering: L'IA può essere utilizzata per creare collage senza necessità di una modellazione dettagliata, permettendo ai progettisti di testare visivamente le proprie idee. L'IA può anche migliorare i rendering, aumentando la qualità delle immagini e applicando materiali e texture in modo realistico.

Massificazione e Materializzazione: L'IA esplora variazioni di masse e colori, facilitando l'attribuzione di materiali e colori diversi negli interni degli edifici attraverso viste semplici con i canali esportati dai software di rendering.

Fortich utilizza maggiormente il software Stable Diffusion e tecniche avanzate come LoRA (Low-Rank Adaptation) per addestrare modelli di IA a replicare lo stile distintivo di MVRDV.

L'implementazione dell'IA in architettura rappresenta una svolta significativa nel modo in cui vengono concepiti e realizzati i progetti. MVRDV, attraverso MVRDV NEXT e la ricerca di Freddy Fortich, sta aprendo nuove strade per l'uso dell'IA, mostrando come queste tecnologie possano essere integrate per migliorare la creatività, l'efficienza e la sostenibilità dei progetti architettonici. Questa sinergia tra competenze tradizionali e tecnologie avanzate promette di ridefinire il futuro della progettazione architettonica.

### CHB(L) EVOLUZIONE DEL COPILOTA DIGITALE: ASSISTENZA AVANZATA PER IL PROGETTISTA NELLE FASI DEL PROGETTO

Nell'ufficio di Coop Himme(l)blau a Vienna, l'uso dell'intelligenza artificiale (IA) è una pratica innovativa che sta rivoluzionando il processo progettuale. Il progetto interno Deep Himmelblau si concentra sull'implementazione di reti neurali, operando all'intersezione tra architettura, pratica e AI/deep learning. Questo approccio non mira solo a generare proposte automatiche, ma ad agire come un copilota per i progettisti, supportando ogni fase del processo. Secondo lo studio la tecnologia digitale ha ampliato il processo analogico tradizionale, incorporando strumenti come la fotogrammetria e la modellazione parametrica. Similmente, Deep Himmelblau è un progetto di ricerca sperimentale guidato dal Design Principal Wolf D. Prix, dalla Design Partner Karolin Schmidbauer e dallo Specialista di Design Computazionale di Chbl, Daniel Bolojan, che esplora il potenziale di insegnare alle macchine a interpretare, percepire, essere creative, proporre nuove soluzioni architettoniche, aumentare i flussi di lavoro di design e potenziare la creatività degli architetti/designer. Deep Himmelblau è attualmente la ricerca più avanzata che si occupa del potenziale del design dell'AI/deep learning intrapresa da qualsiasi studio di architettura.

L'obiettivo principale di Deep Himmelblau si riassume attraverso un commento di Marshall McLuhan sulla relazione tra il creatore/designer e il suo mezzo/strumento operativo - “Prima formiamo i nostri strumenti, successivamente essi formano noi”. W.Prix

Inoltre, l'approccio di Deep Himmelblau si distingue per l'accento sull'“aumento” dell'intelligenza piuttosto che sull'automazione completa, promuovendo un'interazione più profonda tra uomo e macchina per catalizzare la creatività. La rete Deep Himmelblau, composta da varie reti neurali come variational autoencoders e GAN, è progettata per supportare compiti specifici di progettazione attraverso l'apprendimento e la sintesi di rappresentazioni architettoniche.

Coop Himme(l)blau vede l'IA non solo come uno strumento per automatizzare i processi, ma come una tecnologia integrativa che valorizza il co-pilotaggio creativo, sfidando i limiti tradizionali dell'architettura e aprendo nuove strade per l'innovazione.

### ▶ IMPATTI E PROSPETTIVE

### ▶ PROGETTO DEEP HIMMELBLAU

### ▶ OBIETTIVO

### ▶ ARCHITECTING THE METAVERSE

### ▶ SEMIOLOGIA PARAMETRICA

### ▶ IL RUOLO DI FREDDY FORTICH

[75.] «Zaha Hadid Architects Developing “Most” Projects Using AI Images Says Patrik Schumacher», Dezeen, 26 aprile 2023, <https://www.dezeen.com/2023/04/26/zaha-hadid-architects-patrik-schumacher-ai-dalle-midjourney/>.

## TABELLA RIASSUNTIVA CASI STUDIO.

STUDIO	DIPARTIMENTO DI RICERCA	FIGURE	FOCUS DELLA RICERCA		PRO	CONTRO	INNOVAZIONI
ZAHA HADID ARCHITECTS	ZHA CODE	Shajay Bhoo-shan, Patrik Schumacher, Nils Fischer	Design computazionale, geometria architettonica, grafica computerizzata, robotica industriale, co-progettazione partecipativa, intelligenza artificiale.		Accelerazione dei processi di progettazione, miglioramento della sostenibilità, maggiore partecipazione dei clienti, e possibilità di esplorare scenari complessi senza limitazioni fisiche.	Dipendenza dalla qualità dei dati, problemi di privacy, e interpretazione umana necessaria per indirizzare l'IA verso risultati significativi.	L'IA può accelerare la fase di ideazione e prototipazione, favorire la progettazione sostenibile e circolare, e migliorare la formazione degli architetti. Importante l'interpretazione umana dei risultati generati dall'IA.
MVRDV ARCHITECTS	MVRDV NEXT	Freddy Fortich	La ricerca di MVRDV NEXT si basa sull'integrazione di tecnologie avanzate con metodologie progettuali tradizionali, esplorando il potenziale dell'IA per innovare il design architettonico e migliorare l'efficienza e la qualità dei progetti finali.		Miglioramento della progettazione, accelerazione dei processi, personalizzazione avanzata e supporto nella fase di ideazione e rendering.	Problemi di accuratezza, dipendenza dalla qualità dei dati e necessità di supervisione umana.	MVRDV NEXT ha scoperto nuovi metodi per integrare l'IA nel design architettonico, come l'uso di LoRA per personalizzare i modelli di IA secondo il proprio stile progettuale e l'impiego di IA generativa per creare soluzioni di design uniche e personalizzate.
COOP HIMMELB(L)AU ARCHITECTS	DEEP HIMMELB(L)AU	Wolf Prix, Karolin Schmidbaur, Daniel Bolojan ed Efina Baseta	Il progetto ha evoluto la rete di IA per arricchire i flussi di lavoro dello studio. La sfida attuale è insegnare all'IA a creare e interpretare progetti, esplorando se può agire senza guida umana. Le domande chiave includono come l'IA può apprendere e reinterpretare concetti architettonici complessi.		Deep Himmelblau consente di esplorare nuove possibilità creative, amplificando l'intelligenza progettuale e combinando la creatività umana con le capacità dell'IA. Facilita l'accesso alle tecnologie avanzate anche per i non specialisti e crea un processo di progettazione più dinamico e interattivo.	L'introduzione dell'IA pone sfide significative, come il rischio di dipendenza eccessiva dalla tecnologia, la difficoltà di mantenere l'originalità artistica e la complessità nell'implementazione di un processo di apprendimento efficace per le reti neurali senza perdere la semantica e lo stile distintivo dello studio.	Deep Himmelblau integra tecnologie avanzate come GAN, StyleGAN, Pix2Pix, e variational autoencoders per la progettazione architettonica, creando un sistema interconnesso che permette di esplorare e combinare diverse modalità di progettazione. Questa innovazione trasforma il modo in cui gli architetti interagiscono con il design digitale.

# 03.

PARTE TRE

## Applicativi IA

PARTE TRE/  
APPLICATIVI

PAGINE/  
44

SOTTOCAPITOLI/  
3

IA | ML | DL | DNN | RL | AGI





# Soggetto di prova

## ELABORATI

Il seguente capitolo si propone di esplorare diverse applicazioni che utilizzano tecnologie di Machine Learning e il loro possibile impiego in un ipotetico processo progettuale. Per fare ciò, alcuni di questi software richiedono uno stato avanzato del progetto, come modelli, planimetrie o semplici viste. Per superare questo ostacolo, è stato scelto un “caso di studio”: un progetto sviluppato durante il mio percorso di laurea magistrale, che è stato ripreso e rielaborato utilizzando le nuove tecnologie di AI, rivisitando i processi di progettazione e di disegno tradizionali.

## TORRE SUSAS

### CORSO DI ARCHITETTURA E FORME STRUTTURALI / ACC

#### DOCENTI COMPOSIZIONE ARCHITETTONICA E URBANA:

PROF. COSTANTINO PATESTOS  
DOTT. ELISA DESIDERI  
DOTT. CATERINA DI FELICE

#### DOCENTI ARCHITETTURA E FORME STRUTTURALI:

PROF. GIUSEPPE ANDREA FERRO  
PROF. DEVID FALLIANO  
DOTT. DANIEL SUAREZ

#### L'ATELIER

—

## ABSTRACT

Si prevede la demolizione dell'attuale Palazzo Pietro Micca (grattacielo RAI) a causa degli elevati costi di bonifica dell'amianto e di ristrutturazione. Il lotto di edificazione sorge ai confini del centro storico cittadino, nell'isolato tra via Cernaia, via Guicciardini, via fratelli Ruffini, piazza XVIII Dicembre e corso Bolzano.

Al suo posto sorgerà un nuovo grattacielo polifunzionale, in linea con l'ambiente urbano di Porta Susa, che includerà residenze private, un hotel, un ristorante, uffici e un'area panoramica all'ultimo piano. La sfida principale sarà integrare efficacemente i flussi pedonali della piazza e della vicina stazione con l'immagine del nuovo edificio, assicurando una attenta distribuzione degli spazi sia in senso orizzontale che verticale, attraverso l'uso di ascensori progettati per specifiche funzioni. Un obiettivo fondamentale sarà anche quello di realizzare un edificio moderno che si inserisca armoniosamente nel contesto storico circostante.

Negli anni si sono considerate diverse ipotesi, tra cui un nuovo albergo di lusso, visto che si affaccia attualmente su un'area di rilevante trasformazione urbana: cluster di grattacieli.

L'architettura dell'edificio è chiaramente ispirata all'international style americano, con un particolare riferimento al Seagram Building di New York.

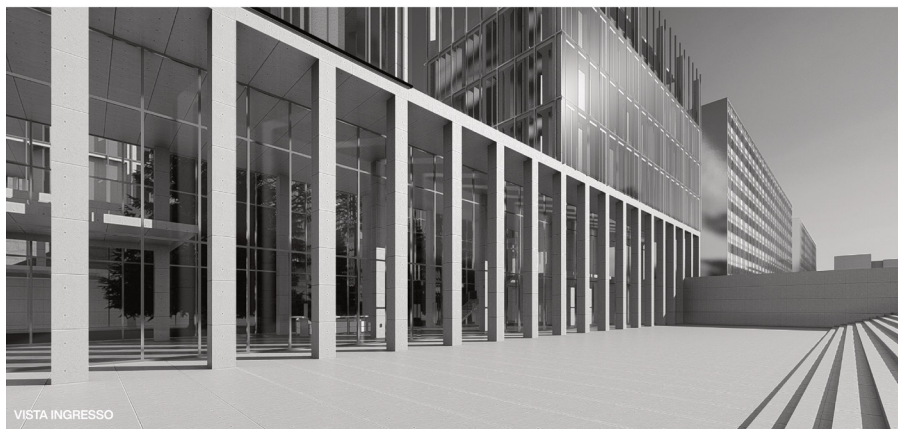
## TORRE PORTA SUSAS

GRUPPO 3  
Nadir Doglione | 300911  
Cristian Porqueddu | 264545



DESCRIZIONE DEL PROGETTO

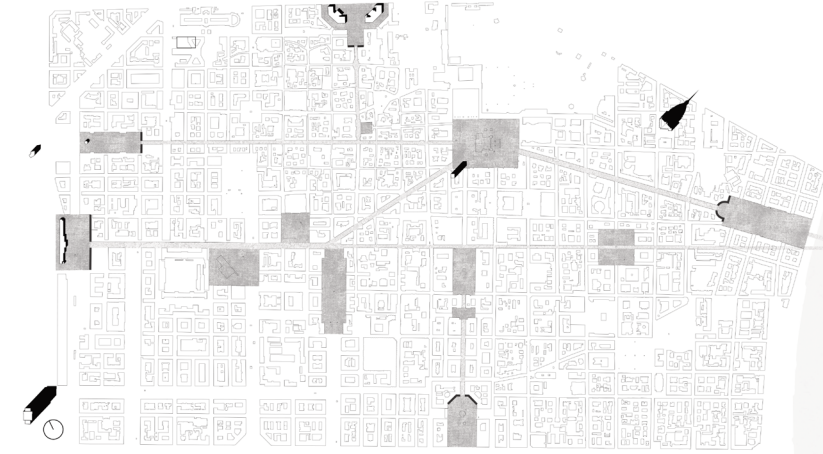
Questo progetto nasce da un principio di semplicità, frutto di un'attenta valutazione del contesto locale e territoriale. Attraverso lo studio delle interazioni tra il sito e le caratteristiche architettoniche peculiari di Torino, quali i portici e le porte storiche della città, è stata concepita una torre progettata specificamente per arricchire il tessuto urbano torinese. L'intento esplicito è quello della filosofia di Aldo Rossi con Casa Aurora, fondere l'estetica razionalista, testimone di un'era di significativa evoluzione culturale e sociale a Torino, con gli elementi contemporanei tipici dell'area di Porta Susa dominato dal recente progetto di Renzo Piano. La struttura è caratterizzata in planimetria da un disegno che omaggia le corti tradizionali della città, creando un basamento che reinterpreta in chiave moderna i colonnati razionalisti, generando un dialogo con i portici circostanti, emblemi dell'evoluzione architettonica cittadina. Il basamento supporta le sezioni superiori dell'edificio, rivestite da un curtain wall: una pelle continua in vetro, che inserisce l'opera con i bisogni contemporanei nella fase di rinnovamento di Porta Susa. Posizionata in prossimità della stazione, tra Via Cernaia e Piazza XVIII Dicembre, la torre si erge come un moderno varco urbano e punto focale della città, richiamando la funzione simbolica di strutture quali la Torre Littoria in Piazza Castello o la stazione di Porta Nuova. Gli elementi intermedi, che riprendono i colonnati del basamento, collegano visivamente l'edificio con l'altezza degli immobili limitrofi, integrando ulteriormente la struttura nel suo contesto. Il progetto si completa con un coronamento che riecheggia i colonnati della base, terminando la composizione con un gesto che evoca le opere di architetti come Renzo Piano e Massimiliano Fuksas, simbolo di una continuità rinnovata nella tradizione architettonica torinese.



VISTA INGRESSO

PARTE TRE | APPLICATIVI I.A

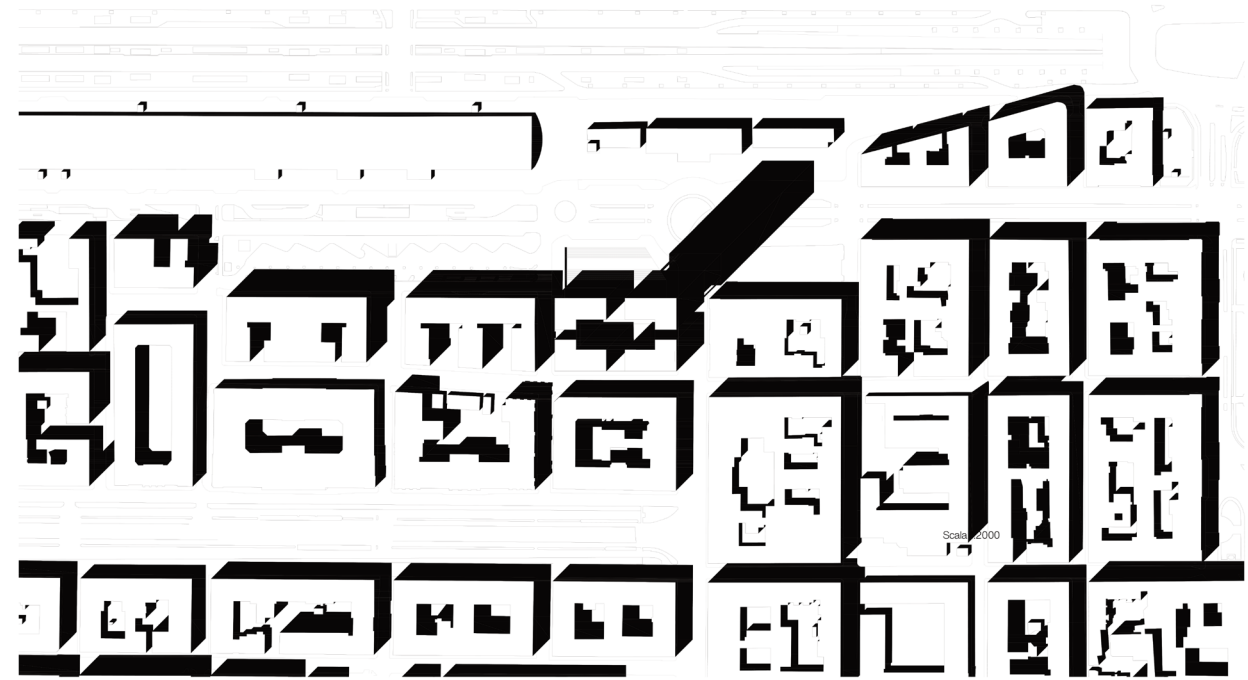
CARTA DELLE PORTE E DELLE PIAZZE DI TORINO



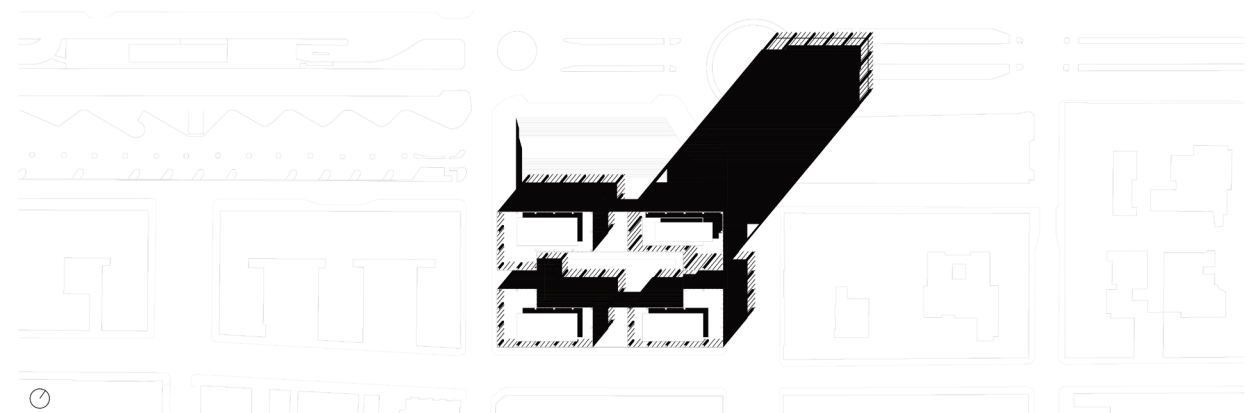
RIFERIMENTI PLANIMETRICI



PLANIMETRIA



PLANIMETRIA TORRE PORTA SUS



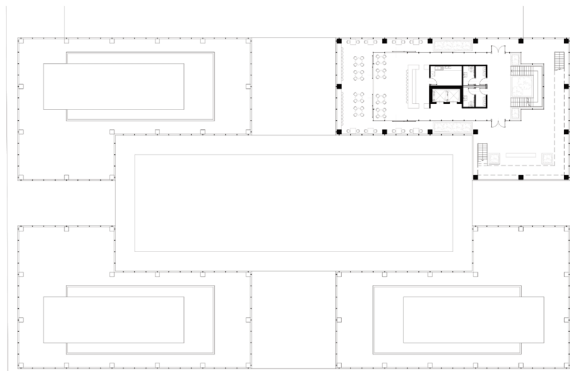
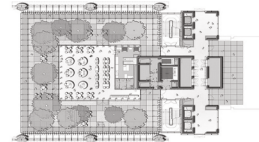
**PIANTA PIANO SKYBAR**

QUOTA +117 m

Piano 29

RIFERIMENTO PROGETTUALE IN PIANTA

**Renzo Piano**  
Grattacielo Intesa  
Torino 2015



Scala 1:200

**PIANTA PIANO TIPO ALBERGO E UFFICI**

QUOTA +18 m

Piano 4

RIFERIMENTO PROGETTUALE IN PIANTA

**Giorgio Grassi**  
Recupero centro storico torino  
Torino 1981



Scala 1:200

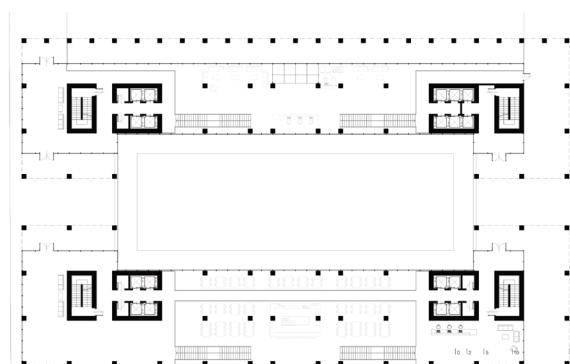
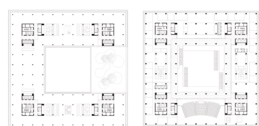
**PIANTA PIANO TERRA**

QUOTA 0 m

Piano T

RIFERIMENTO PROGETTUALE IN PIANTA

**David Chipperfield**  
Amorepacific Headquarters  
Seoul Corea 2011



Scala 1:200

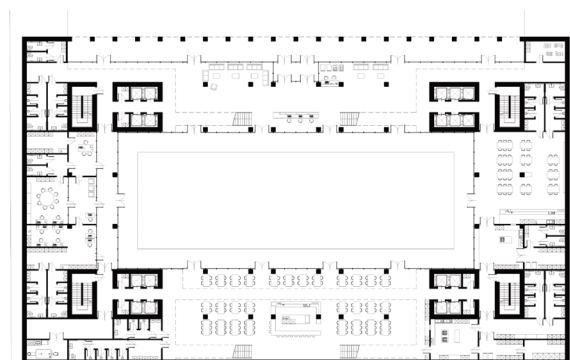
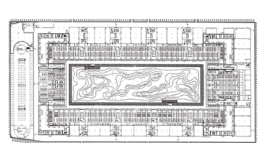
**PIANTA PIANO INTERRATO**

QUOTA -3 m

Piano -1

RIFERIMENTO PROGETTUALE IN PIANTA

**Dominique Perault**  
Biblioteca Nazionale di Francia  
Francia 1998



Scala 1:200

Piano 30  
OSSERVATORIO +121 m

Piano 29  
SKYBAR +117 m

Piano 13  
RESIDENZE +18 m

Piano 5  
RISTORANTE +26 m

Piano 3  
ALBERGO +18 m

Piano T  
INGRESSI +0 m

Piano -1  
ATRIO -3 m

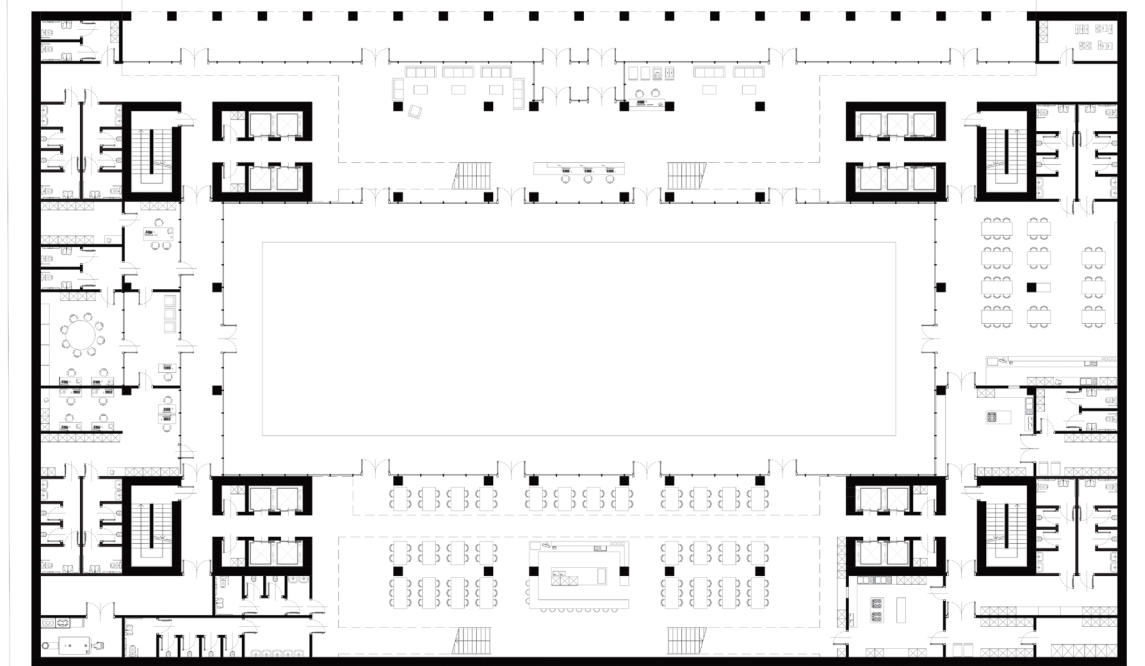
Piano -3  
PARCHeggi -9 m

Sezione longitudinale

**APPROFONDIMENTO PIANTA PIANO INTERRATO**

QUOTA -3 m

Piano -1



Scala 1:100

**APPROFONDIMENTO PIANTA PIANO TIPO ALBERGO E UFFICI**

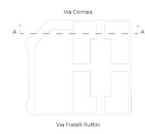
QUOTA +18 m

Piano 4

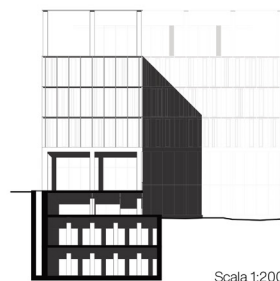
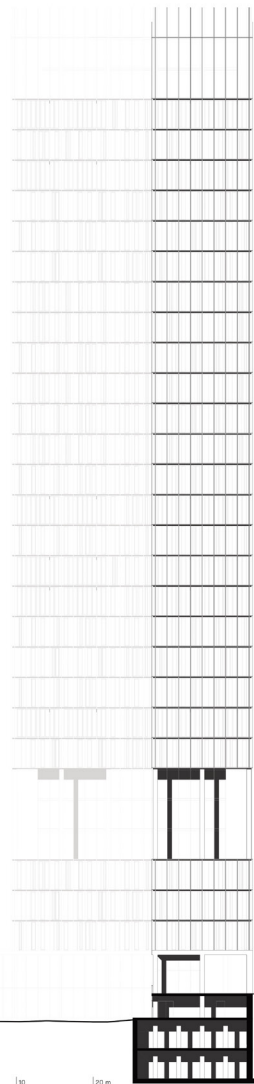


Scala 1:100

Sezione AA  
SEZIONE TRASVERSALE

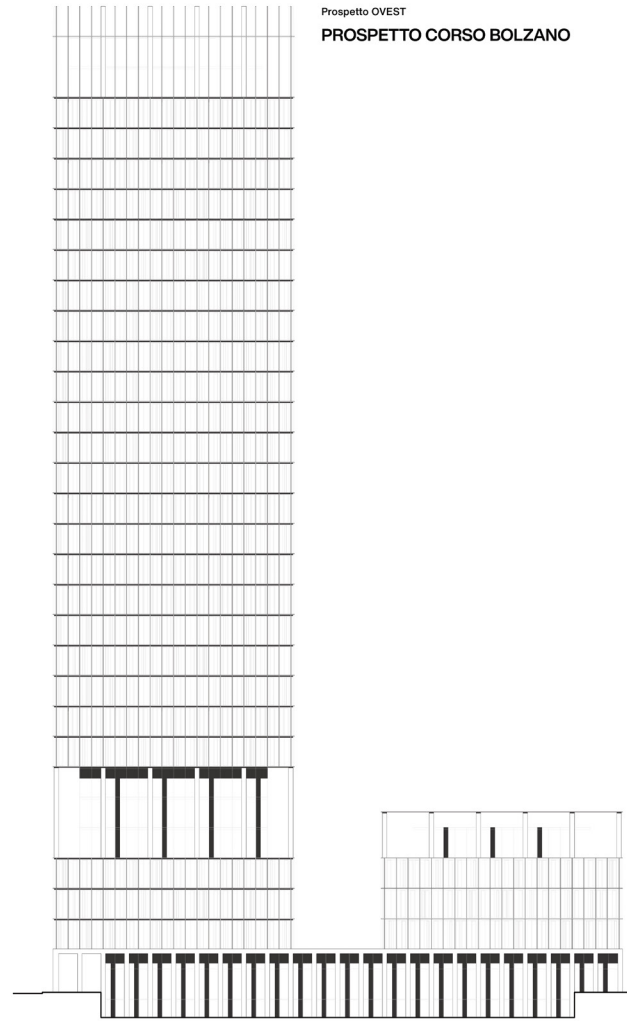


Sezione BB  
SEZIONE CORTE

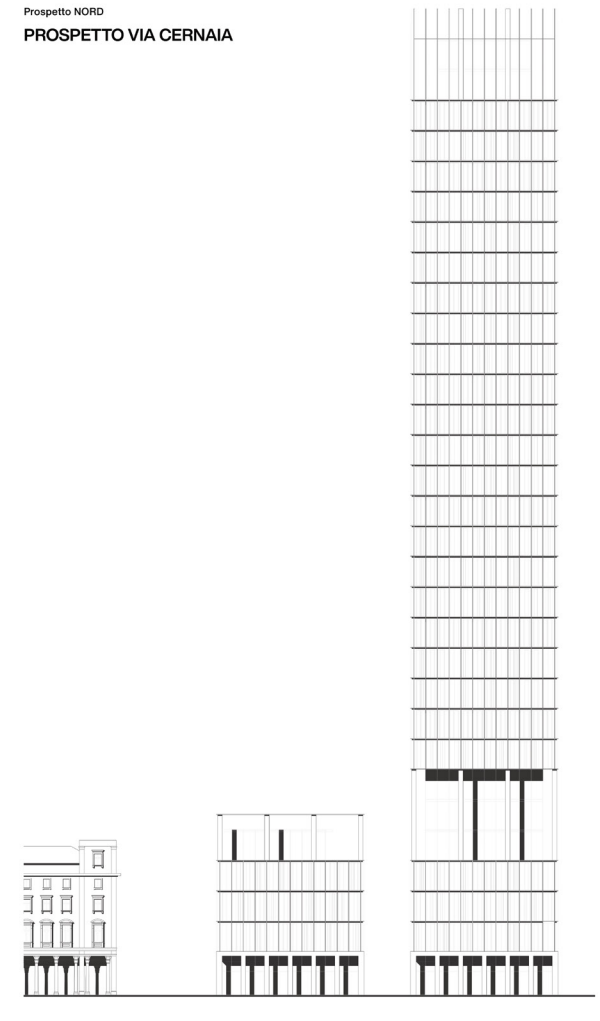


Scala 1:200 lo lz ls lso lso m

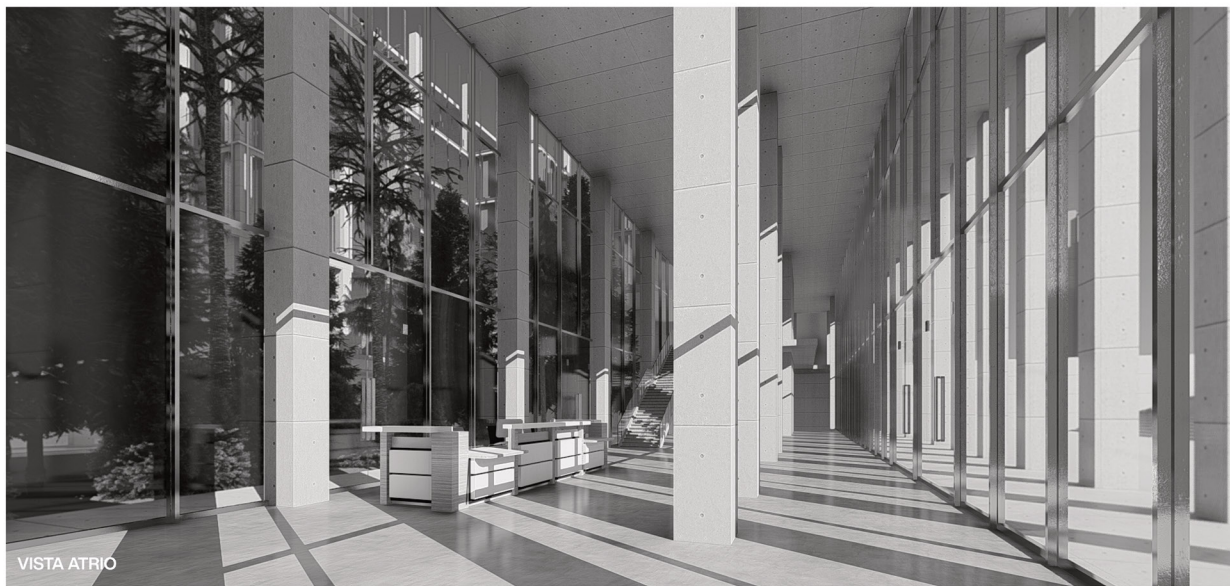
Prospetto OVEST  
PROSPETTO CORSO BOLZANO



Prospetto NORD  
PROSPETTO VIA CERNAIA



Scala 1:200 lo lz ls lso lso m

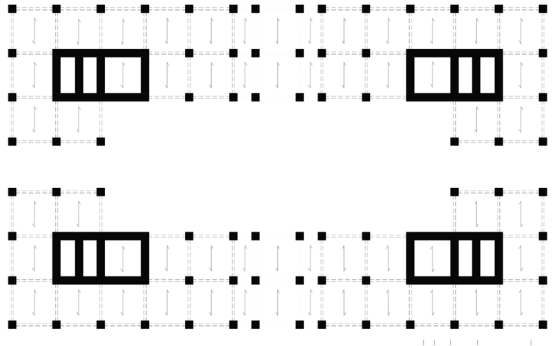


VISTA ATRIO

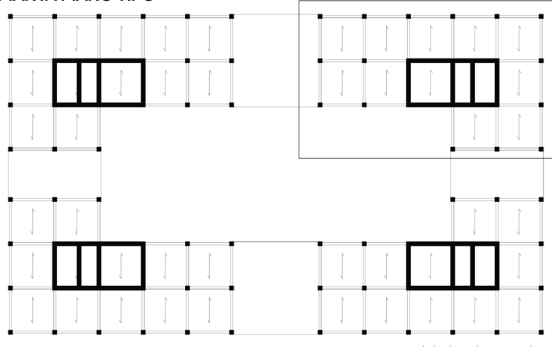


VISTA INGRESSO

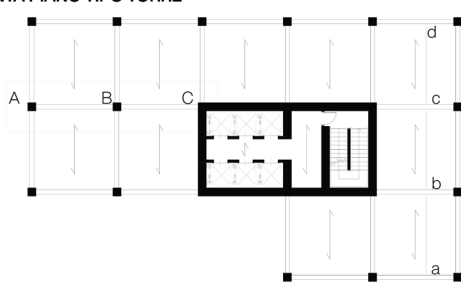
Pianta strutturale  
**PIANTA PIANO TERRA**



Pianta strutturale  
**PIANTA PIANO TIPO**



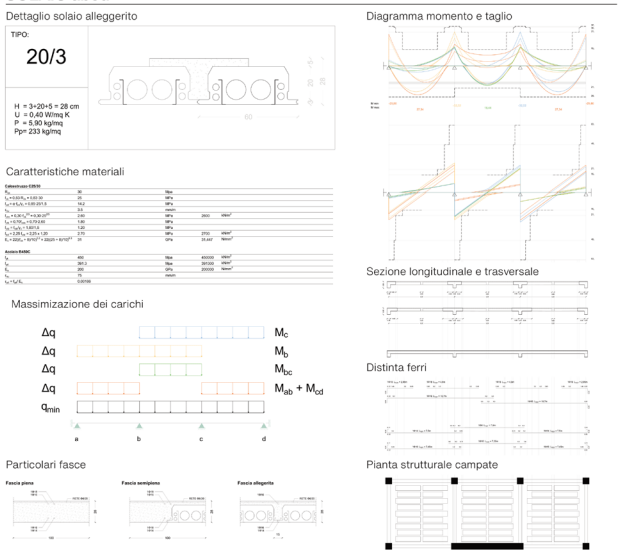
Pianta strutturale  
**PIANTA PIANO TIPO TORRE**



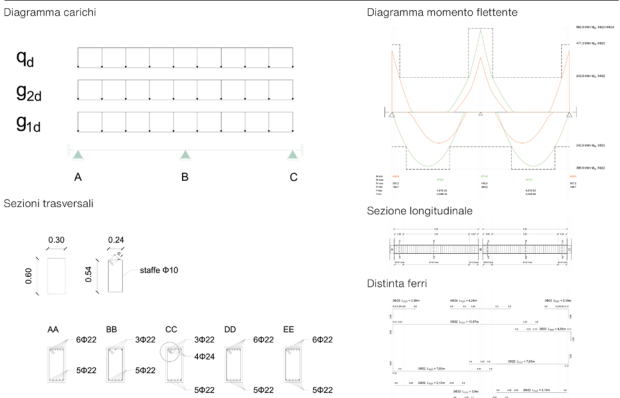
**CARICHI CONSIDERATI**

Categoria	Descrizione	Valore	Unità	Valore	Unità	Valore	Unità
Azione caratteristica (kN/m²)	Carico d'uomo	2,00	kN/m²	2,40	kN/m²	3,00	kN/m²
	Carico d'ufficio	0,50	kN/m²	0,60	kN/m²	0,75	kN/m²
	Carico di deposito	0,50	kN/m²	0,60	kN/m²	0,75	kN/m²
	Carico di magazzino	1,50	kN/m²	1,80	kN/m²	2,25	kN/m²
Azione caratteristica (kN/m)	Carico di parete	0,40	kN/m	0,48	kN/m	0,60	kN/m
	Carico di trave	0,50	kN/m	0,60	kN/m	0,75	kN/m
Azione caratteristica (kN)	Carico di colonna	120	kN	144	kN	180	kN
	Carico di pilastro	120	kN	144	kN	180	kN
Azione caratteristica (kN)	Carico di parete	0,40	kN	0,48	kN	0,60	kN
	Carico di trave	0,50	kN	0,60	kN	0,75	kN
	Carico di colonna	120	kN	144	kN	180	kN
	Carico di pilastro	120	kN	144	kN	180	kN

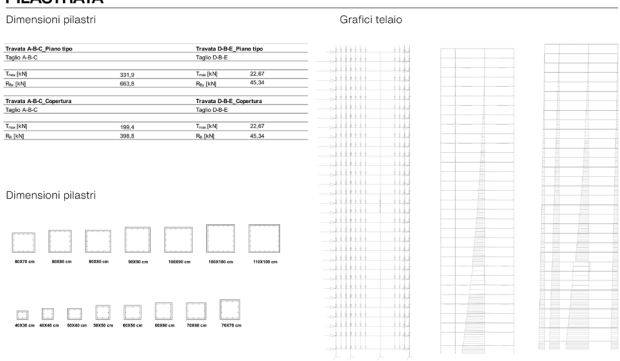
**SOLAIO abcd**



**TRAVATA ABC**



**PILASTRATA**



3.1.2

# PROCESSO PROGETTUALE.

Questo progetto si presenta con un concetto di semplicità, originato da un’attenta valutazione del contesto locale e territoriale. Attraverso lo studio delle interazioni tra il sito e le caratteristiche architettoniche peculiari di Torino, quali i porticati e le porte storiche della città, è stata concepita una torre progettata specificamente per arricchire il tessuto urbano torinese. L’intento esplicito è quello della filosofia di Aldo Rossi con Casa Aurora, fondere l’estetica razionalista, testimone di un’era di significativa evoluzione culturale e sociale a Torino, con gli elementi contemporanei tipici dell’area di Porta Susa sovrastato dal recente progetto di Renzo Piano. La struttura è caratterizzata in planimetria da un disegno che omaggia le corti tradizionali della città, creando un basamento che reinterpreta in chiave moderna i colonnati razionalisti, generando un dialogo con i porticati circostanti, emblemi dell’evoluzione architettonica cittadina. Questo basamento supporta le sezioni elevate dell’edificio, rivestite da un curtain wall: una pelle continua in vetro, che inserisce l’opera con i bisogni contemporanei nella fase di rinnovamento di Porta Susa. Posizionata in prossimità della stazione, tra Via Cernaia e Piazza XVIII Dicembre, la torre si erge come un moderno varco urbano e punto focale della città, richiamando la funzione simbolica di strutture quali la Torre Littoria in Piazza Castello o la stazione di Porta Nuova. Elementi intermedi che riprendono i colonnati del basamento collegano visivamente l’edificio con l’altezza degli immobili limitrofi, integrando ulteriormente la struttura nel suo contesto. Il design si completa con un coronamento che riecheggia i colonnati di base, terminando la torre con un gesto che evoca le opere esistenti della città di architetti come Renzo Piano e Massimiliano Fuksas, simboleggiando una continuità architettonica rinnovata.

**01.FASE CONCETTUALE**

Selezione e studio di figure di riferimento come “maestri” del progetto con prime visualizzazioni concettuali nel lotto di progettazione.

**02.FASE URBANISTICA**

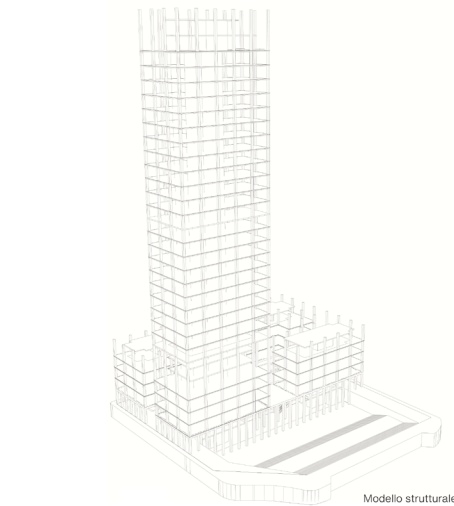
Elaborazione della planimetria delle coperture con ombre, quindi della volumetria proiettata in pianta nel contesto urbano e nelle sue relazioni.

**03.FASE PRELIMINARE**

Approfondimento attraverso lo studio dei prospetti. Proseguimento con l’analisi delle sezioni. Studio delle assonometrie per la modellazione tridimensionale. Definizione dettagliata delle piante, considerando la microscala progettuale e integrando funzionalità con le distribuzioni verticali e orizzontali.

**04.FASE ESPOSITIVA**

Visualizzazioni Finali  
Conclusione con la produzione di visualizzazioni del progetto finito (render).  
Allattamento delle tavole di presentazione.



# Premessa sugli applicativi

La seguente sezione del capitolo esplora le attuali potenzialità degli applicativi basati sul Machine Learning, con l'obiettivo di introdurli in un ipotetico processo progettuale architettonico. Nel mio caso, ho intrapreso un lungo processo di ricerca e interazione con i principali software del settore, cercando di apprendere interfacce, principi di base e meccaniche, riscontrando sia aspetti positivi che criticità. Il primo grande ostacolo è rappresentato dall'impossibilità di esplorare alcuni applicativi architettonici ancora in fase embrionale o di "startup", per i quali è necessario iscriversi a una lista d'attesa per poter accedere alla versione beta, un'opportunità che sono riuscito a ottenere solo per poche applicazioni. Inoltre, la forte speculazione inizialmente menzionata nell'introduzione ha portato molti di questi strumenti a rimanere allo stadio di idee, piuttosto che evolversi in software concreti, con il risultato che spesso si rivelano fallimentari, fondate sulla speranza che possano essere vendute in futuro a grandi compagnie come Autodesk o Trimble. Nonostante queste difficoltà e la crescente disponibilità di numerosi applicativi con l'esplosione dell'intelligenza artificiale, ho ritenuto opportuno selezionare quelli più significativi che potrebbero avere un impatto nel futuro del disegno architettonico.

Un ulteriore fattore cruciale che tendo a sottolineare è la differenza nello sviluppo tra le grandi aziende e le startup: i fondi di investimento consentono a molte applicazioni di essere in una fase di sviluppo molto avanzata, surclassando quelle con meno risorse come vedremo nel caso della Autodesk.

Considerato quanto detto è importante differenziare gli applicativi non solo in base alla loro funzione, ma anche secondo il meccanismo di input, cioè il tipo di prompt che li caratterizza e con cui vengono riconosciuti nel linguaggio comune dell'IA. Questo perché molti applicativi richiedono input iniziali diversi, che possono variare da un semplice testo a un modello 3D, per elaborare fasi progettuali molto diverse tra loro.

## "TXT2IMG: TEXT TO IMAGE"

### UTILIZZATI NELLA FASE DI CONCEPT DESIGN

Gli applicativi txt2img (testo a immagine) sono strumenti basati su intelligenza artificiale progettati per generare immagini a partire da descrizioni testuali. Utilizzano modelli di apprendimento automatico, come le reti neurali generative, per creare visualizzazioni visive di testo fornito dall'utente.

## AI-DRIVEN SIMULATION TOOLS

### UTILIZZATI NELLA FASE DI PROGETTAZIONE URBANISTICA

Gli AI-Driven Simulation Tools sono applicativi che utilizzano tecnologie di intelligenza artificiale (AI) per simulare e ottimizzare scenari, processi o sistemi complessi. Questi strumenti combinano modelli predittivi e algoritmi di machine learning con simulazioni tradizionali per fornire previsioni più accurate, migliorare la progettazione e ottimizzare le decisioni.

## APPLICAZIONI DI GENERATIVE DESIGN

### UTILIZZATI NELLA FASE PROGETTUALE

Gli applicativi di generative design sono strumenti basati su intelligenza artificiale e algoritmi avanzati che aiutano a esplorare e ottimizzare soluzioni progettuali in base a criteri specifici e parametri definiti. Questi strumenti utilizzano tecniche di design generativo per creare e valutare una vasta gamma di opzioni di design, spesso con l'obiettivo di trovare la soluzione più efficiente o innovativa per un determinato problema.

### "IMG2IMG: IMAGE 2 IMAGING"

### UTILIZZATI NELLA FASE DI PRESENTAZIONE

Gli applicativi img2img (immagine a immagine) sono una tipologia di software di intelligenza artificiale che trasforma un'immagine di input in un'altra immagine, applicando modifiche basate su specifici algoritmi e modelli di machine learning. Questi strumenti sono comunemente usati per vari scopi, come migliorare la qualità dell'immagine, applicare stili artistici o modificare il contenuto visivo.

Infine, per ciascuna fase trattata sarà elaborata, alla fine del capitolo, una "scheda tecnica" che faciliterà la sintesi degli applicativi. In ogni scheda verranno indicati il tipo di applicativo, le principali funzioni, l'interoperabilità, pro, contro e osservazioni.

## 3.2.1

# FASE CONCETTUALE: APPLICATIVI TEXT TO IMAGE.

## "BIG PART OF ARCHITECTURE INVOLVES IMAGES MAKING"<sup>76</sup>

- FREDDY FORTICH

La fase concettuale si avvale inizialmente di un'intensa ricerca bibliografica focalizzata sulla città di Torino e sulla selezione dei nostri Maestri. Successivamente, si evolve attraverso una fase iniziale di ideazione, durante la quale si immagina la costruzione di una torre all'interno dei limiti del centro storico di Torino attraverso schizzi, visioni e prime relazioni con il contesto.

Sebbene nessun Dataset possa superare il valore di una ricerca condotta in biblioteca, gli strumenti iniziali che possono supportarci nella fase di ricerca includono assistenti digitali e funzioni di co-pilota (Transformer Neural Networks). Per quanto riguarda la fase concettuale, si utilizzano software che impiegano reti neurali generative (GAN) per creare immagini concettuali basate su specifiche istruzioni. Pur non riflettendo completamente la mia visione progettuale nel quale ogni progetto viene costruito gradualmente attingendo da una tavola piena di elementi architettonici, questa restituzione finale può comunque offrire ispirazione per alcuni elementi architettonici.

[76.] Daniel Cardoso Llach & Freddy Fortich\_#07 & 08 ACC Lectures 2024 | FRONTIERS OF AI IN ARCHITECTURE.

## 3.2.1



ACCESIBILITA' / LIMITATA, ABBONAMENTO MENSILE

AMBIENTE DI LAVORO / WEB BROWSER

INTEROPERABILITA' / PLUGIN DI REVIT

SOFTWARE HOUSE / OPENA AI

SITO / [HTTPS://OPENAI.COM/DALL-E-3](https://openai.com/dall-e-3)

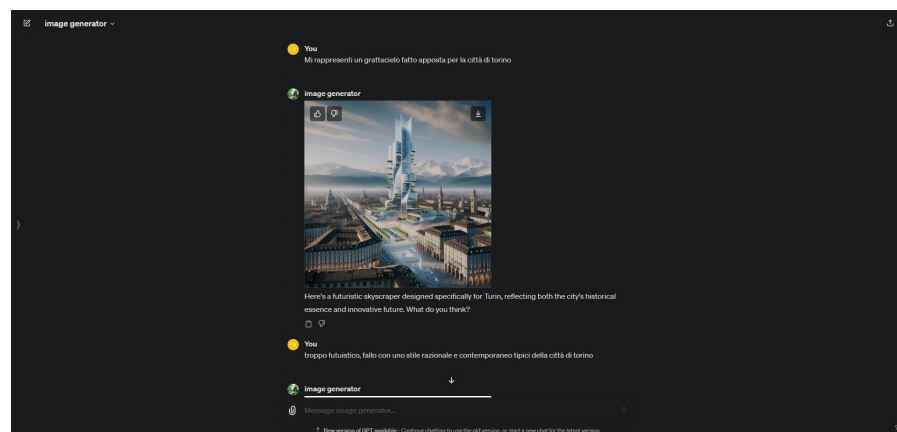
INPUT / LINGUAGGIO NATURALE, PROMPT DI TESTO

OUTPUT / GENERAZIONE DI IMMAGINI

## INTRODUZIONE

DALL-E è un modello di intelligenza artificiale sviluppato da OpenAI che può generare immagini a partire da descrizioni testuali. In pratica, è possibile descrivere quasi qualsiasi scenario, oggetto o idea usando il linguaggio naturale, e DALL-E cercherà di creare un'immagine che corrisponda a quella descrizione. Questo include la capacità di generare illustrazioni, foto realistiche, opere d'arte in diversi stili e anche combinazioni creative che potrebbero non esistere nel mondo reale. DALL-E è noto per la sua versatilità e per la qualità spesso sorprendente e dettagliata delle immagini che può produrre. DALL-E ti aiuta anche a riprogettare meglio il prompt rielaborandolo per ottenere un risultato più ottimale.

## INTERFACCIA



Input:  
mi progetti un grattacielo per la città di torino in linea con gli stili architettonici della città?

DALL-E:

Per progettare un grattacielo per Torino che si allinei agli stili architettonici della città, possiamo ispirarci a elementi del Barocco, del Rinascimento e dell'Art Nouveau, tutti presenti in questa storica città italiana. Il design dovrebbe quindi fondere la modernità di un grattacielo con la raffinatezza e l'eleganza di questi stili storici. Immagino una struttura slanciata e imponente, con una facciata che integra dettagli ornamentali tipici del Barocco, come cornici elaborate e volute, accanto a motivi floreali dell'Art Nouveau. La base del grattacielo potrebbe richiamare elementi rinascimentali, con arcate e colonne che offrono un solido legame con il terreno e la tradizione architettonica torinese. L'uso di materiali come pietra, vetro e acciaio modernizzerebbe l'aspetto, garantendo al contempo un dialogo con il contesto urbano circostante. Sarà progettato per essere eco-sostenibile, con ampie aree verdi, sistemi di raccolta dell'acqua piovana e pannelli solari.

Prima di procedere con la visualizzazione, desideri aggiungere o modificare qualcosa a questa descrizione?

DALL-E ti assiste e ti aiuta a modificare il prompt.

Input:

no grazie, procedi pure

DALL-E:



Ecco due visualizzazioni del grattacielo progettato per la città di Torino, che fonde modernità con gli stili architettonici caratteristici della città, come il Barocco, il Rinascimento e l'Art Nouveau. Spero che queste immagini ispirino e si allineino alla visione che avevi in mente!

Input:

Potresti fornirmi ulteriori termini, stavolta seguendo lo stile razionalista caratteristico di Torino?

DALL·E:



Ecco due nuove visualizzazioni del grattacielo progettato per Torino, questa volta riflettendo lo stile Razionalista. Spero che queste immagini rispondano alle tue aspettative e si integrino perfettamente con la visione architettonica che avevi in mente per la città.

Input:

Un misto con stile razionalista e barocco

DALL·E:

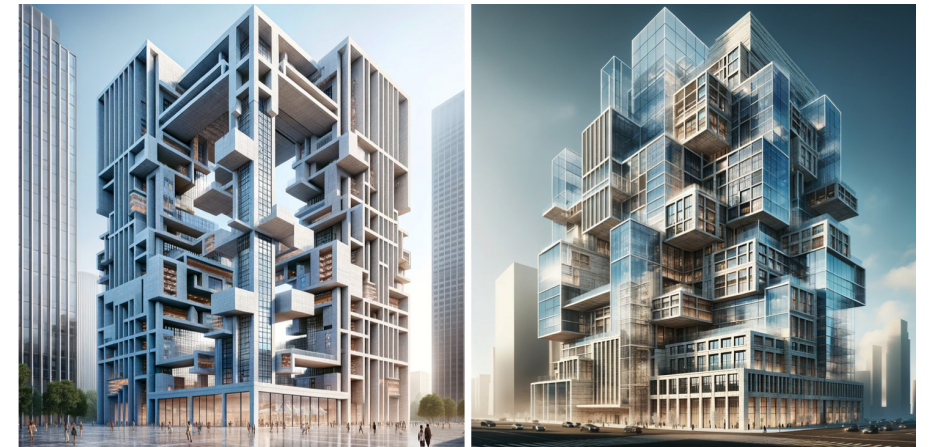


Ho creato due visualizzazioni di un grattacielo che fonde lo stile Razionalista con quello Barocco per la città di Torino. Questa combinazione unica riflette sia l'ordine e la funzionalità del Razionalismo sia la ricchezza ornamentale e il dinamismo del Barocco. Spero che queste immagini rappresentino la fusione stilistica che avevi in mente!

Input:

Mi riproponi questo grattacielo con gli stili di aldo rossi, giorgio grassì, torre littoria e reno piano

DALL·E:



Ecco due visualizzazioni di un grattacielo che fonde approcci minimalisti e teorici con tecniche costruttive innovative e sostenibilità. Questo design cerca di armonizzare la tradizione e la modernità, creando un dialogo unico tra il patrimonio architettonico e l'innovazione prospettica. Spero che queste immagini riflettano la visione che avevi in mente!

### 🔍 OSSERVAZIONI

Nonostante alcune architetture possano sembrare prive di logica ma abbiano guadagnato rispetto critico nel tempo, rimangono irrisolte e prive di una teoria progettuale che affronti il problema della relazione con il luogo, risultando scollegate dal loro contesto. DALL-E agisce in modo identico, risultando ingannevole quando impiegato in questo specifico ambito architettonico. Bisogna riconoscere però la corretta attribuzione degli stili che rimangono fedeli a ciò che è stato richiesto grazie agli enormi dataset che uniscono immagini di architetture esistenti con il loro stile anche se l'output esce con uno stile quasi pittorico e non fotorealistico. L'unico beneficio che si può trarre riguarda la combinazione di piccoli elementi architettonici, i quali, più che un significato, possono esprimere un'apprezzata sensibilità critica.





ACCESIBILITA' / LIMITATA, ABBONAMENTO MENSILE

AMBIENTE DI LAVORO / APPLICATIVO DISCORD

INTEROPERABILITA' / LIMITATA

SOFTWARE HOUSE / LEAP MOTION

SITO / [HTTPS://WWW.MIDJOURNEY.COM/HOME](https://www.midjourney.com/home)

INPUT / PROMPT DI TESTO ASSISTITO

OUTPUT / GENERAZIONE DI IMMAGINI

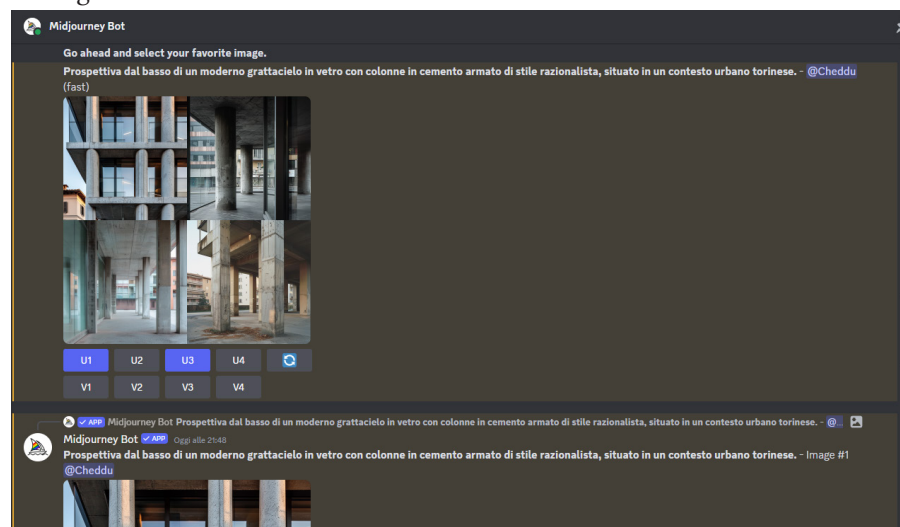


## INTRODUZIONE

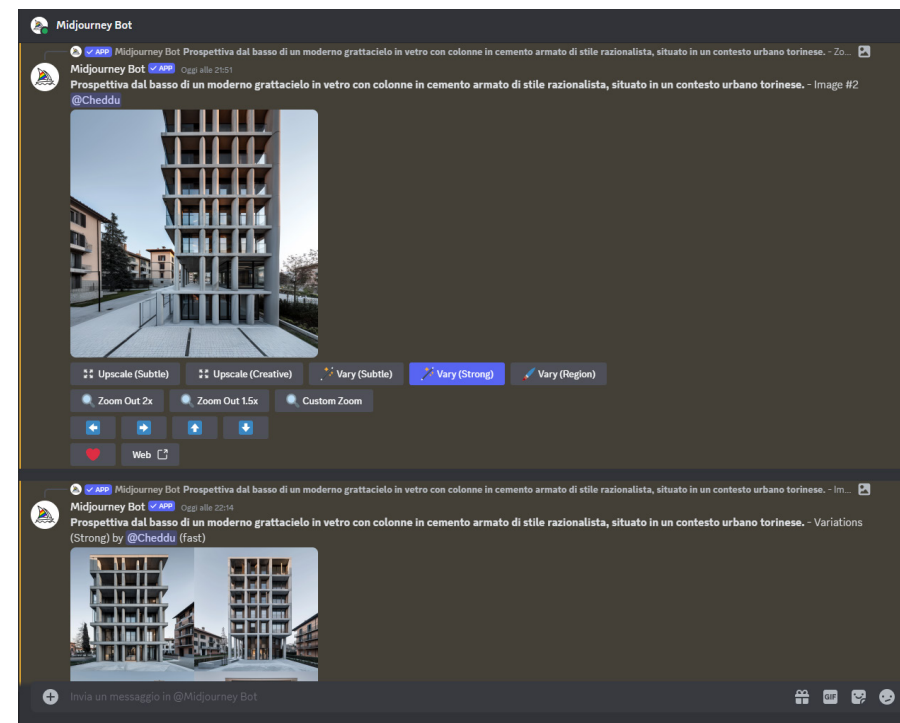
Midjourney è un servizio di intelligenza artificiale che genera immagini a partire da descrizioni testuali (Text to image). Utilizza tecniche avanzate di machine learning per creare immagini che come DALL-E rispondono in modo preciso e creativo alle richieste degli utenti. Midjourney offre un equilibrio tra qualità, facilità d'uso, velocità e supporto comunitario che lo distingue da altri software di generazione di immagini basati su intelligenza artificiale.

## INTERFACCIA

Per utilizzare Midjourney, gli utenti devono registrarsi al servizio, solitamente tramite una piattaforma come Discord. Una volta effettuato l'accesso, possono interagire con il bot di Midjourney utilizzando comandi testuali per generare immagini guidando l'utente a migliorare il prompt mano a mano che si creano le immagini favorendo un risultato ottimale e consono.



Dopo il prompt iniziale Midjourney offre quattro soluzioni diverse da cui sceglierne una da indagare e sviluppare meglio la immagine. In questo caso scelgo la U1.



Dall'immagine scelta il Bot mi permette di eseguire una serie di correzioni: Upscale subtle: cerca di migliorare la qualità dell'immagine senza introdurre artefatti o cambiamenti visibili che possano alterare l'aspetto originale dell'immagine.

Upscale creative: Questa tecnica mira a introdurre elementi creativi o stilistici durante il processo di upscaling, aggiungendo dettagli o modificando l'aspetto dell'immagine originale per ottenere un effetto desiderato.

Vary Subtle: Variazione dell'immagine leggera

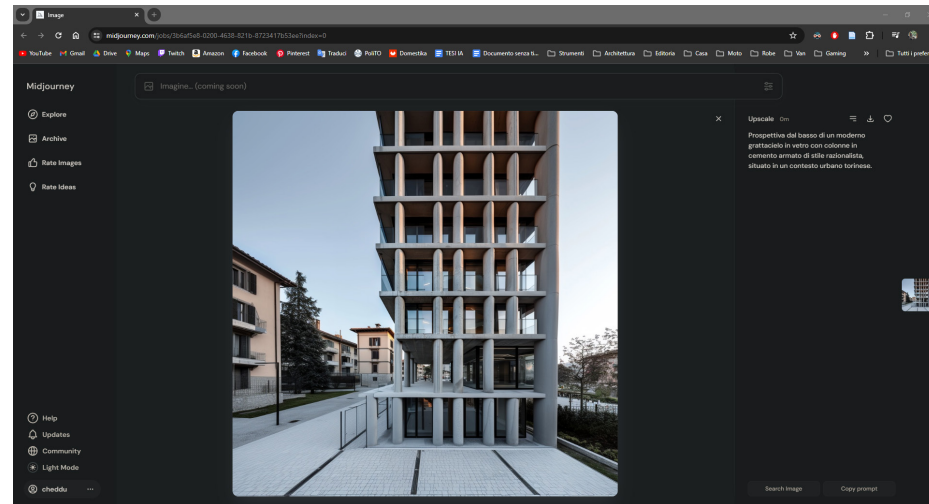
Vary strong: Variazione dell'immagine forte

Vary creative: Variazione dell'immagine creativa

Zoom fuori, dentro o personalizzato

Frecce per indicare la direzione dello sviluppo dell'immagine che verrà generata

Decido di fare una variazione all'immagine in modo significativo cliccando semplicemente su un tasto dando l'input e personalizzo lo zoom in modo da centrare le figure architettoniche.



Risultato finale:



## 🔍 OSSERVAZIONI

Il vantaggio che offre MidJourney è la presenza di un bot o assistente che, una volta inserito il prompt, guida l'utente immagine per immagine generata, permettendo di arrivare al risultato finale desiderato. Questo avviene proponendo soluzioni e piccole modifiche, come l'upscaling dell'immagine o l'ottimizzazione del prompt, senza necessità di inserire ulteriori descrizioni testuali, a differenza di DALL-E che può risultare più macchinoso. Il dataset e la rete neurale utilizzati da MidJourney permettono di creare rappresentazioni ultra realistiche e di alta qualità, al punto che una persona media potrebbe avere difficoltà a riconoscere che siano state generate dall'IA. Questo vantaggio è al tempo stesso uno svantaggio per una fase concettuale. Le immagini sono così accurate da non essere più considerate semplici spunti creativi, ma veri e propri risultati finali. Inoltre, il software offre una comunità attiva in cui gli utenti possono condividere le loro creazioni, ottenere feedback e scoprire nuove idee.

3.2.1



ACCESIBILITA' / OPEN SOURCE

AMBIENTE DI LAVORO / WEB BROWSER "LOCALE"

INTEROPERABILITA' / PLUGIN SU SOFTWARE

SOFTWARE HOUSE / COMPVIS GROUP LMU MUNICH

SITO / [HTTPS://STABILITY.AI/STABLE-DIFFUSION](https://stability.ai/stable-diffusion)

INPUT / PROMPT DI TESTO O IMMAGINI

OUTPUT / GENERAZIONE DI IMMAGINI

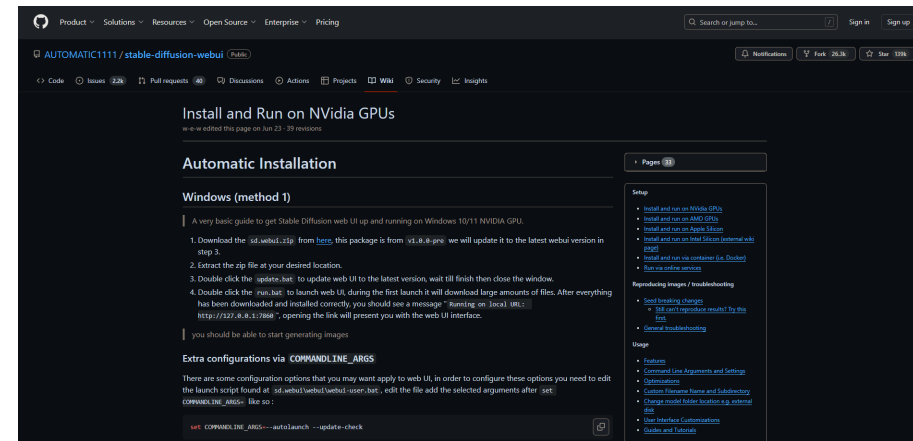
INTRODUZIONE

Tra i numerosi applicativi text-to-image disponibili online, Stable Diffusion emerge come la scelta più popolare per la sua capacità di esplorare ampiamente i prompt di input, ed è preferito da molti professionisti per la sua vasta personalizzazione, che si adatta sia agli utenti principianti sia a quelli più esperti.

Stable Diffusion è un modello di intelligenza artificiale sviluppato da Stability AI, progettato per generare immagini a partire da descrizioni testuali. Utilizza un'architettura nota come modello di diffusione, che trasforma gradualmente il rumore casuale in immagini chiare e coerenti attraverso un processo iterativo. Questo modello interpreta i prompt testuali e li converte in immagini, come ad esempio la creazione di un'immagine di un gatto su una montagna innevata, semplicemente partendo da una descrizione scritta. Una delle caratteristiche principali di Stable Diffusion è la qualità elevata delle immagini prodotte rispetto alle sue concorrenti. Le immagini risultano ricche di dettagli e visivamente convincenti grazie al suo vasto Dataset che si può implementare. Rispetto ad altri modelli di intelligenza artificiale simili, come DALL-E di OpenAI, Stable Diffusion si distingue per la sua flessibilità e per la capacità di essere eseguito anche su dispositivi con risorse limitate, come computer personali con GPU abbastanza potenti.

ACCESSIBILITÀ

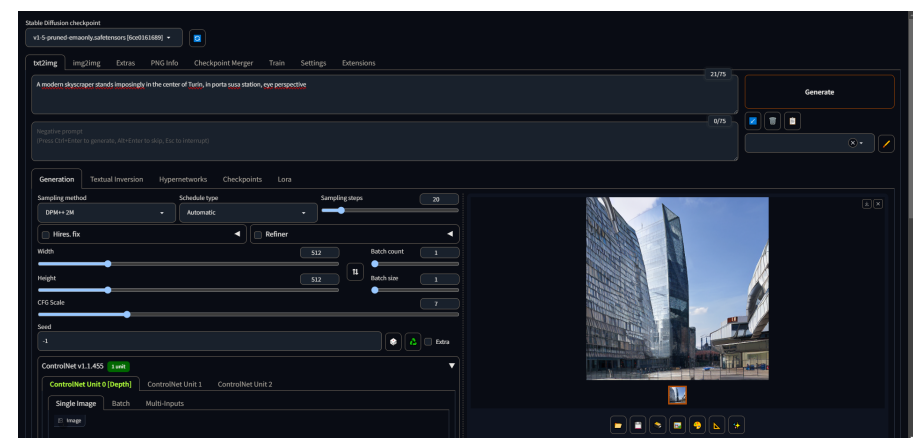
Oltre alla generazione di immagini di alta qualità, un altro aspetto significativo di Stable Diffusion è la sua natura open-source. Il codice del modello è infatti disponibile al pubblico, consentendo a ricercatori, sviluppatori e creatori di personalizzarlo, studiarlo e adattarlo alle proprie esigenze. Il codice utilizza la potenza di calcolo del computer anziché di appositi server come fanno le controparti DALL-E, Mid Journey. Questo è un grande punto a favore a causa della sua costante reperibilità ma allo stesso tempo lo rende più difficoltoso accedervi a causa dei prerequisiti (serve una scheda video NVIDIA) e del processo di installazione dove è necessario installare la versione più recente di python, una github e infine eseguire un file attraverso il prompt del pc.



INTERFACCIA

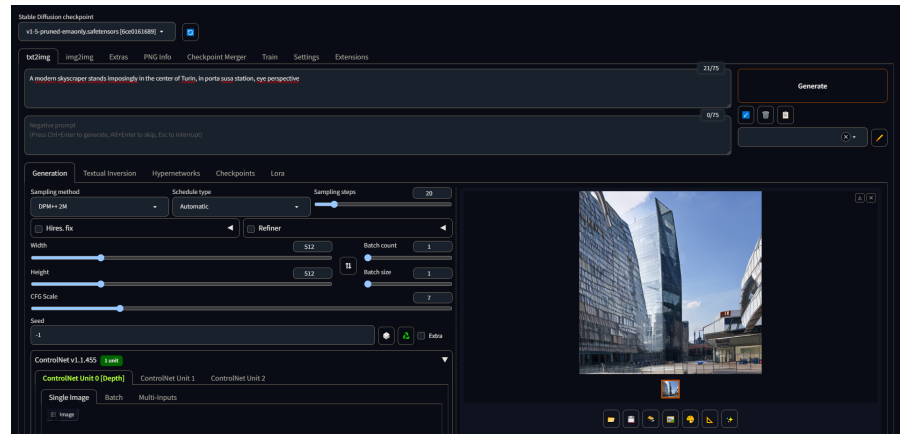
L'interfaccia di Stable Diffusion presenta molti settori e complicità a causa della sua elevata personalizzazione. L'interfaccia varia a seconda delle implementazioni specifiche, come applicazioni web, software desktop o strumenti di programmazione, ma il funzionamento di base è simile.

L'utente inizia fornendo una descrizione testuale (prompt), che specifica cosa desidera venga generato. Questa descrizione può includere dettagli come soggetti, stili artistici, atmosfere o colori. Il modello elabora il testo usando un modulo di elaborazione del linguaggio naturale, che traduce il prompt in un vettore di caratteristiche comprensibile dal modello. Stable Diffusion utilizza un processo chiamato diffusione latente per generare l'immagine. Inizia da un rumore casuale e, attraverso iterazioni successive, il modello "raffina" questo rumore trasformandolo progressivamente in un'immagine coerente e dettagliata, seguendo le indicazioni fornite nel prompt. L'interfaccia di Stable Diffusion consente spesso agli utenti di regolare diversi parametri, come il numero di iterazioni, il sampling method, i checkpoint, la risoluzione dell'immagine e la forza con cui il modello deve seguire il prompt testuale. Stable Diffusion utilizza un dataset così ampio che i risultati tendono a essere troppo "allucinati" o astratti. Nel mio caso, per ottenere

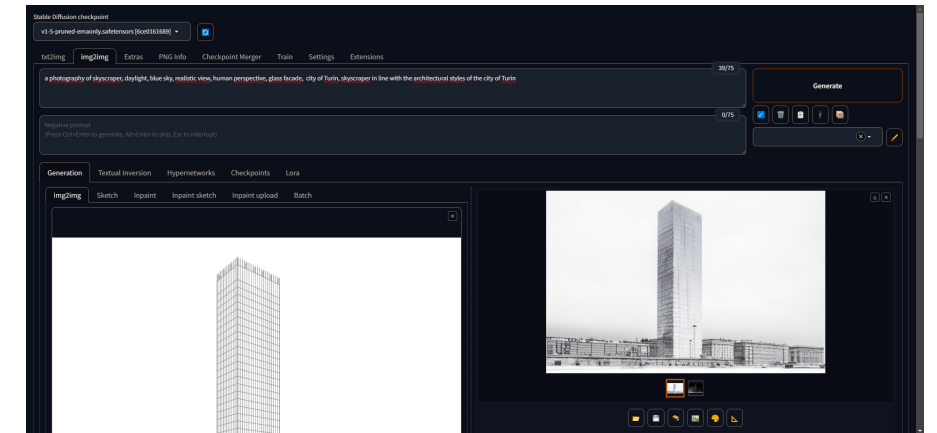


immagini architettoniche precise, è necessario scaricare plugin aggiuntivi come ControlNet e modelli specifici da GitHub, basati su dataset più mirati. Solo in questo modo è possibile avvicinarsi al risultato desiderato.

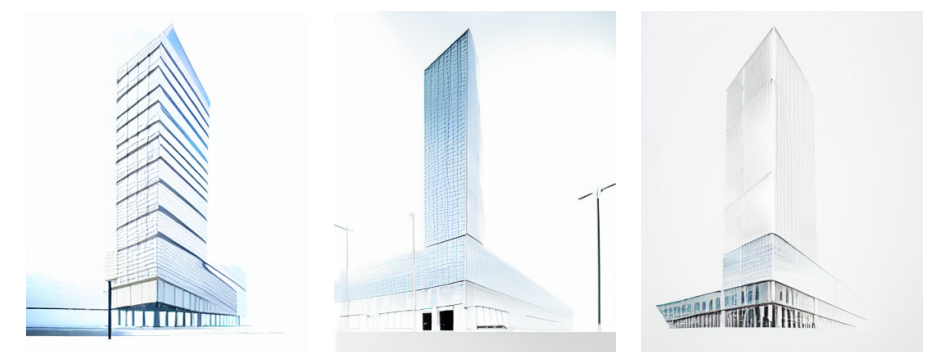
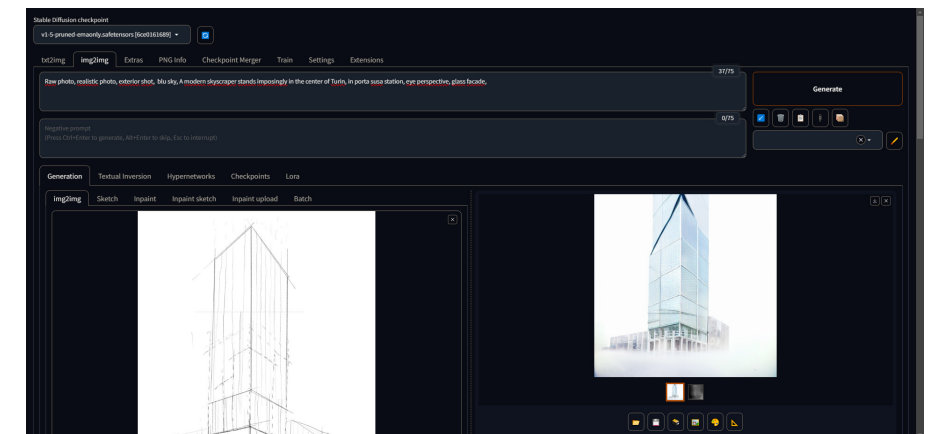
**IMMAGINI GENERATE CON FLUSSO TEXT TO IMAGE**



**IMMAGINI GENERATE CON FLUSSO IMAGE TO IMAGING FORNENDO ALL'INPUT UNA VISTA A TRATTO**



**IMMAGINI CON FLUSSO IMAGE TO IMAGING FORNENDO ALL'INPUT UNO SCHIZZO A MANO**



Alla fine del processo, l'immagine viene prodotta e resa disponibile all'utente, che può scaricarla o modificarla ulteriormente. Nonostante l'installazione di alcuni modelli preimpostati i risultati rimangono ancora "allucinati". Per contrastare questo fattore esistono varie implementazioni, da interfacce grafiche semplici online che permettono un'interazione immediata, a strumenti più avanzati come notebook Python, dove gli utenti possono personalizzare il processo in modo più dettagliato con risultati più ottimali.

Stable Diffusion può anche essere integrato in alcuni software di design grazie alla sua natura open source, permettendo ai professionisti di utilizzare le sue funzionalità direttamente all'interno del loro ambiente di lavoro tramite plugin o API. L'interfaccia è progettata per essere accessibile a diversi tipi di utenti, dalla persona comune agli sviluppatori esperti.

### OSSERVAZIONI

Stable Diffusion è all'avanguardia tra le applicazioni nel suo campo grazie alla sua natura open-source, che lo posiziona come uno strumento di eccellenza. Tuttavia, così come nella gestione di grandi progetti BIM è necessaria una notevole competenza e preparazione, anche per utilizzare Stable Diffusion sono richieste elevate capacità tecniche. L'interfaccia complessa del software, che include elementi come i metodi di campionamento, l'upscaling e Lora e add-on richiede una formazione approfondita per comprenderne appieno il funzionamento e arrivare a un perfezionamento dell'immagine di output accettabile. Inoltre, per sfruttare queste funzionalità è necessaria una notevole potenza di calcolo, che dipende in gran parte dalla scheda video del PC locale, esclusivamente un modello NVIDIA. La difficoltà di accesso e di utilizzo per ottenere risultati soddisfacenti limita l'uso di Stable Diffusion a una ristretta cerchia di utenti esperti.

Stable Diffusion ha passato diverse controversie durante le sue prime implementazioni ad esempio non rivendica diritti sulle immagini generate e concede agli utenti diritti di utilizzo, a condizione che le immagini non siano illegali o dannose. La libertà concessa agli utenti ha sollevato polemiche etiche, poiché il modello è addestrato su immagini protette da copyright senza il consenso dei proprietari. Anche se gli stili visivi e le composizioni non sono soggetti a copyright, l'uso di somiglianze di persone o loghi riconoscibili rimane protetto. Gli artisti temono che l'uso diffuso di modelli generativi come Stable Diffusion possa ridurre la redditività commerciale per gli artisti umani rispetto all'IA. Il CEO di Stability AI, Emad Mostaque, afferma che è responsabilità degli utenti utilizzare la tecnologia in modo etico e legale, e sostiene che la disponibilità aperta di Stable Diffusion mira a ridurre il controllo aziendale su tali tecnologie. Tuttavia, le restrizioni sui contenuti possono essere facilmente aggirate grazie alla natura open source del modello.

Stable Diffusion trova applicazione anche in diversi settori. Viene utilizzato da artisti e designer per creare opere originali, scenari e personaggi per l'intrattenimento, ma anche nel nostro caso per la prototipazione visiva nella progettazione. In generale, rappresenta un avanzamento significativo nella tecnologia di generazione di immagini tramite intelligenza artificiale, con implicazioni rilevanti nell'ambito dell'architettura come abbiamo visto l'esempio dello studio di MVRDV.

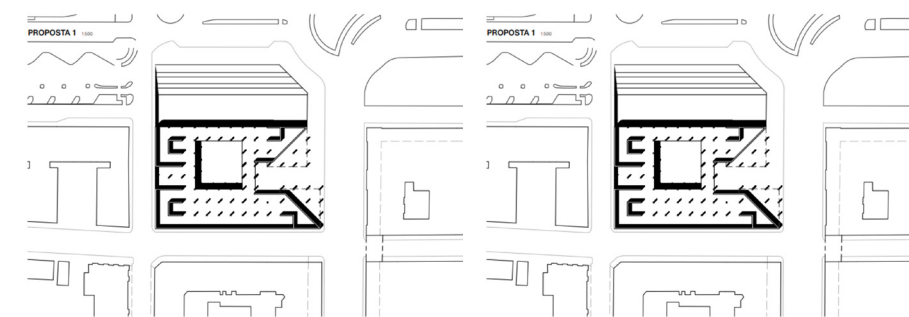
### 3.2.2

## PROGETTAZIONE URBANISTICA: APPLICATIVI DI SIMULAZIONE.

La fase preliminare del progetto ha coinvolto diversi fattori, tra cui l'individuazione delle porte d'ingresso di Torino e la loro relazione con il contesto di Porta Susa, che negli ultimi decenni ha subito un rinnovamento drastico nell'adiacente contesto storico. Le analisi più rilevanti nella fase iniziale riguardano la loro forma stilistica, il rapporto con il porticato tipico torinese, il grattacielo adiacente progettato da Renzo Piano e la sua piazza pubblica, che sono stati oggetto di discussione in relazione agli spazi verdi e pubblici.

Le nostre proposte preliminari derivano da tutti i fattori elencati, ma sono principalmente influenzate dai riferimenti selezionati, che hanno condizionato inizialmente lo studio in pianta tramite setti e ombreggiature escludendo in primis fattori tecnici (illuminazione, orientamento etc.) riducendo questa fase a un esercizio esclusivo di stile. Questo è un aspetto negativo poiché la limitazione dello studio alle due dimensioni ha trascurato la sua spazialità nello contesto, un fattore cruciale dato che una torre alta deve essere considerata anche nella sua terza dimensione.

Le nostre proposte preliminari:



La prima proposta indaga una pianta con una corte aperta verso via Cernaia. La seconda proposta esplora una pianta con una corte decentrata con due torri sfalsate dal porticato di via Cernaia per poi aprirsi verso piazza XVII Dicembre riproponendo una nuova porta per la città di Torino.

## 3.2.2



ACCESIBILITA' / LIMITATA, ABBONAMENTO  
 AMBIENTE DI LAVORO / WEB BROWSER/REVIT  
 INTEROPERABILITA' / PLUGIN REVIT  
 SOFTWARE HOUSE / AUTODESK  
 SITO / [HTTPS://APP.AUTODESKFORMA.EU](https://app.autodeskforma.eu)

INPUT / MODELLO 3D BASICO

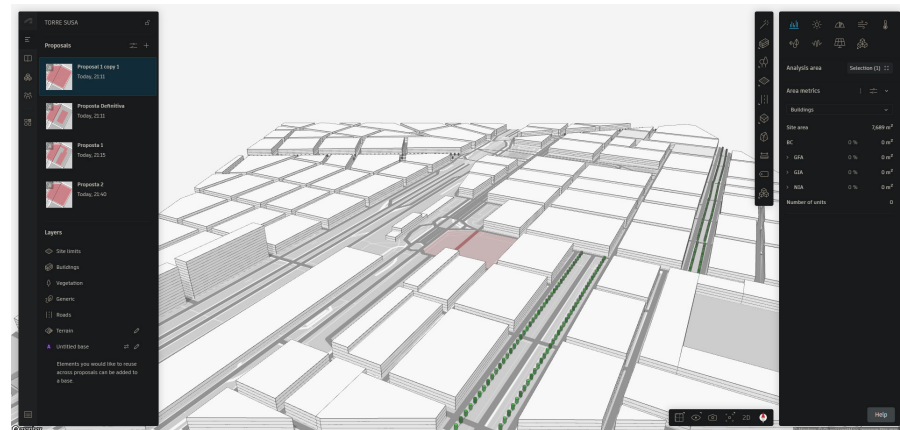
OUTPUT / GENERAZIONE DI DATI PREDITTIVI

### INTRODUZIONE

Il software Forma oltre ad essere uno degli strumenti più interessanti da indagare e intrinseci tra quelli dimostrati offre soluzioni basate sull'Intelligenza artificiale per l'analisi preliminare del sito, esplorando molteplici soluzioni e aiutando architetti e urbanisti a esplorare le migliori strategie di sviluppo del contesto, considerando vari fattori come l'esposizione solare, il vento, il rumore e la densità edilizia.

### INTERFACCIA

Forma è sia disponibile in web browser e in Revit, entrambi sono interoperabili.

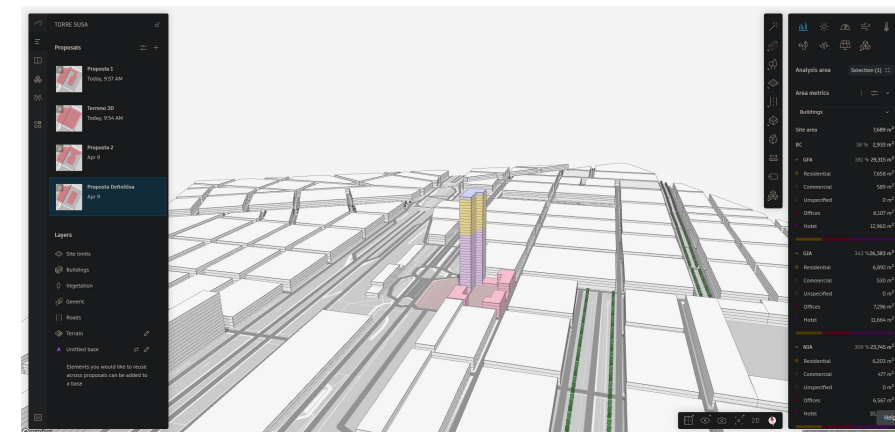


L'interfaccia è intuitiva e di facile approccio, divisa in tre colonne: una di navigazione, di modellazione "fulminea" e di analisi del sito. Nella sezione di navigazione è possibile cambiare tra le varie proposte progettuali, aggiungere estensioni come, collaborare tra più utenti in contemporanea e comparare le diverse proposte progettuali in relazione con il contesto urbano.

Nella sezione di modellazione vi sono gli strumenti base per poter erigere un modello base comprendente di vegetazione, strade e funzioni da dare in pasto alle analisi del contesto urbano.

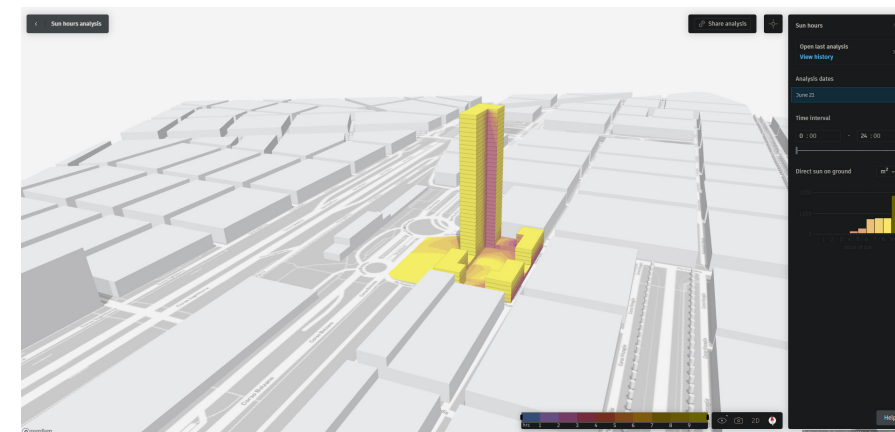
La sezione di analisi fornisce nove tipi di studio del sito:

#### 1. ANALISI DELLE SUPERFICI



Forma ti permette di restituire al progetto le diverse superfici che occupano le varie funzioni in percentuale. In questo caso il progetto richiede un edificio polifunzionale che risulta molto utile nella fase preliminare quando sono richieste le varie partizioni dosate delle varie destinazioni d'uso.

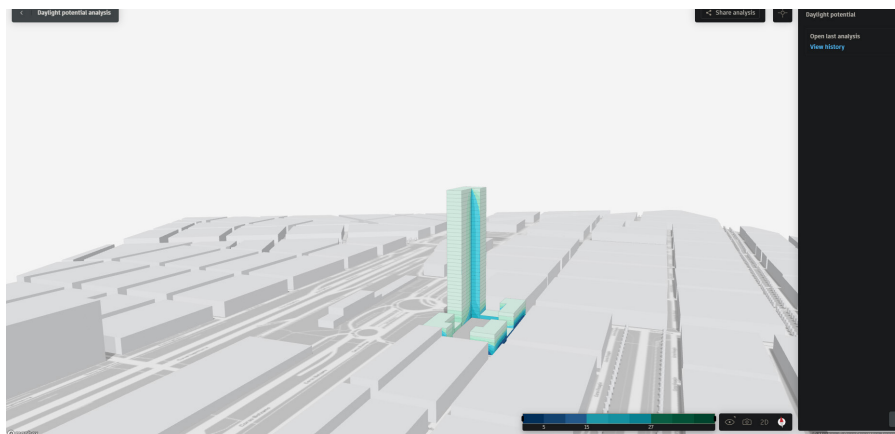
#### 2. CALCOLO DELLE ORE DI SOLE RICEVUTE DALL'EDIFICIO



Valuta quante ore di sole riceverà il sito e gli edifici. Per eseguire l'analisi, è necessario aggiungere un'area del sito e scegliere diverse date in cui si è interessati a svolgere l'analisi.

Forma restituirà sull'area i punti critici in cui l'illuminazione è quasi assente. In questo caso la facciata corta della L e la corte possono avere diverse criticità.

### 3. ANALISI DELLA LUCE POTENZIALE

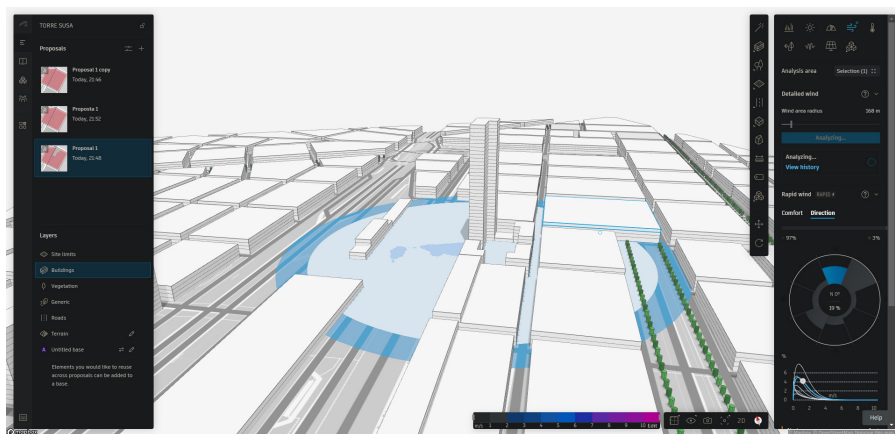


L'analisi del potenziale di luce naturale fornisce informazioni preziose sulle prestazioni di illuminazione degli edifici nell'area interessata, evidenziando le superfici della facciata con livelli di luce inappropriati che potresti voler correggere per migliorare la qualità della tua abitazione. I risultati includono una valutazione delle aree che richiedono finestre più grandi o modifiche nella disposizione per compensare condizioni di luce meno ottimali, o dove potrebbe essere difficile ottenere condizioni di luce diurna ragionevoli. Questa analisi utilizza un modello di cielo coperto per prevedere l'illuminazione sulle superfici degli edifici, offrendo una rappresentazione conservativa delle condizioni di illuminazione.

I risultati dell'analisi sono suddivisi in fasce di colore utilizzando le soglie da questa tabella. Per le aree più scure, ottenere una luce diurna ragionevole è spesso impossibile, mentre per le aree più chiare le condizioni di luce diurna sono di solito soddisfacenti. Il punteggio massimo per il VCS (Vertical Sky Component) è approssimativamente del 40%. Per le superfici non verticali, i punteggi possono arrivare fino al 100%.

Per ottenere i valori per punti specifici dell'edificio si può utilizzare uno strumento di ispezione.

### 4. ANALISI DEI VENTI PER COMPRENDERE LA VENTILAZIONE

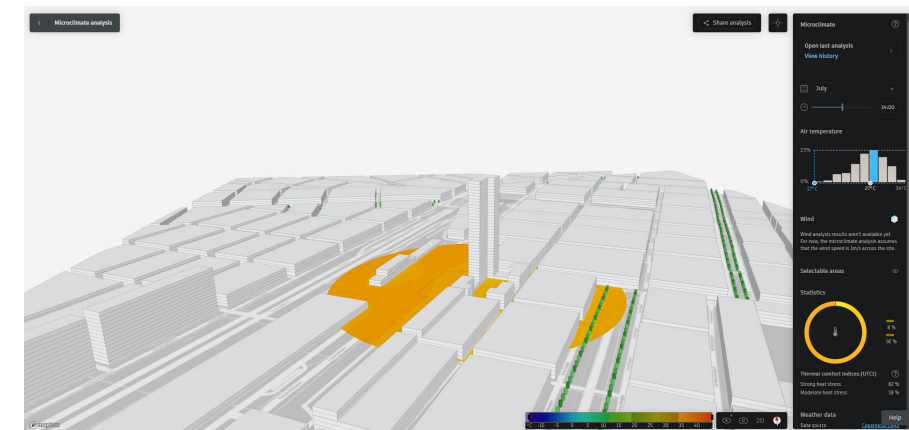


Esegue una duplice analisi rapida e dettagliata del flusso del vento e del comfort del vento per ottenere una simulazione più accurata di diverse direzioni e velocità del vento.

L'analisi rapida del vento ha lo scopo di fornire indicazioni durante la progettazione attraverso un modello di intelligenza artificiale (predizione surrogata) addestrato su risultati di simulazione provenienti dall'analisi dettagliata del vento. L'analisi viene eseguita istantaneamente e ti fornisce i risultati della simulazione del vento, mostrandoti come cambiano le condizioni del vento in base alla tua progettazione. I risultati rapidi del vento si basano su previsioni e sono quindi più direzionali rispetto all'analisi dettagliata basata sulla simulazione. È pensata come strumento nel tuo processo di progettazione.

L'analisi dettagliata del vento fornisce risultati dettagliati su come saranno le condizioni del vento per il progetto. L'output può essere utilizzato nella documentazione e per comprendere come le diverse scelte di progettazione influenzano le condizioni del vento del tuo sito per diverse direzioni e velocità del vento. L'analisi dettagliata del vento viene anche utilizzata come input per la nostra analisi del microclima.

### 5. ANALISI DEL MICROCLIMA



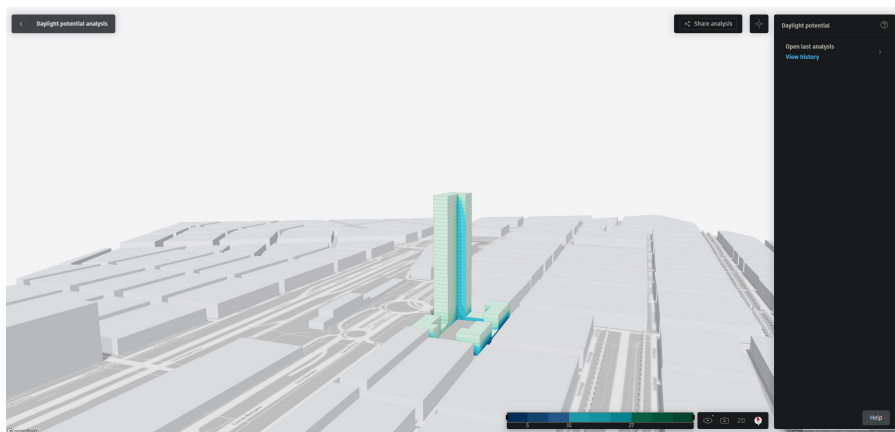
L'analisi del microclima mira ad aiutarti a prendere decisioni più informate e sostenibili quando progetti spazi esterni sul tuo sito.

Questa analisi combina i risultati delle analisi di sole, luce naturale e vento con le condizioni meteorologiche locali al fine di calcolare la temperatura percepita sul tuo sito. Queste informazioni ti aiuteranno a capire come le condizioni climatiche locali potrebbero reagire alla situazione di ombra e vento creata dal tuo progetto. La temperatura percepita è simile a quando il meteo annuncia una temperatura di 20°C, che si sente come 15°C a causa di fattori come il vento o l'umidità.

Autodesk sceglie l'Indice Climatico Termico Universale (UTCI) per valutare la temperatura "percepita", in quanto è uno standard ampiamente accettato che rappresenta l'ambiente esterno con un singolo valore. L'UTCI considera condizioni di riferimento come umidità al 50%, aria statica, temperatura radiante uguale a quella dell'aria e una velocità di camminata lenta. Vengono sfruttati dataset meteorologici locali degli ultimi otto anni per garantire precisione statistica, provenienti dal dataset ERA5 del Servizio di Cambiamento Climatico Copernicus. Calcoliamo attraverso una GAN le temperature percepite sul sito combinando la radiazione solare diretta e indiretta, le velocità del vento locali e altri parametri meteorologici<sup>78</sup>.

[77.] Il "Vertical Sky Component" (VSC) è una misura dell'illuminazione naturale disponibile in un punto specifico all'interno di un edificio, proveniente direttamente dal cielo sopra il punto di osservazione. Indica la frazione della volta celeste visibile da quel punto quando si guarda verso l'alto. In sostanza, rappresenta quanto cielo è visibile rispetto all'area totale della vista verticale da quel punto.

### 6. STIMA DEL CONSUMO ENERGETICO DELL'EDIFICIO



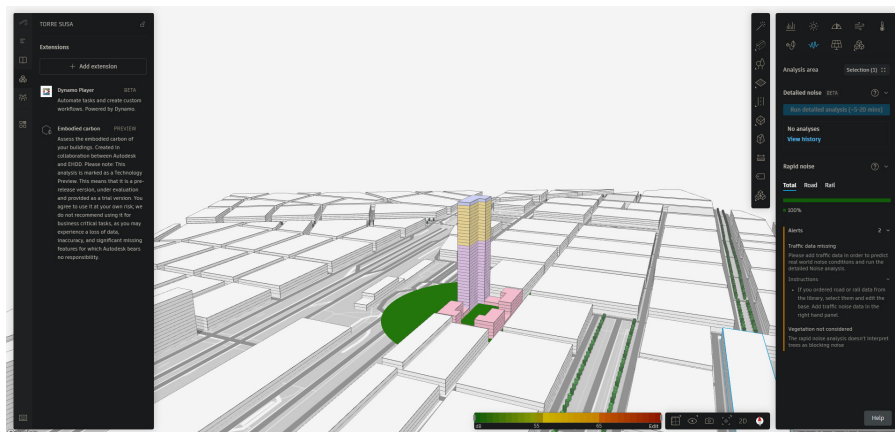
L'energia operativa è l'energia necessaria per far funzionare l'edificio - illuminazione, riscaldamento e raffreddamento, alimentazione degli elettrodomestici, ecc. Ci sono molti fattori che influenzano il consumo di energia operativa di un edificio, alcuni dei quali vengono generalmente determinati nelle fasi di progettazione successive - ad esempio, lo spessore dell'isolamento, la protezione delle finestre o l'efficienza degli impianti di climatizzazione.

Tuttavia, alcune scelte critiche come la forma dell'edificio, i materiali principali utilizzati per le pareti e i tetti e il rapporto finestra-parete vengono effettuate molto presto nel processo di progettazione, spesso prima che gli esperti energetici vengano coinvolti nel progetto.

Per affrontare questa sfida, abbiamo sviluppato un'analisi rapida dell'energia operativa, basata sui prodotti esistenti di Autodesk in questo settore.

L'analisi è guidata da un modello AI complesso, addestrato utilizzando simulazioni energetiche da InsightX, un'analisi energetica disponibile come plugin di Revit. I risultati che vedi in Forma non sono quindi una simulazione diretta del consumo energetico ma una stima del consumo di energia operativa degli edifici nella tua proposta. Puoi saperne di più sull'analisi energetica su cui è stato addestrato questo modello qui.

### 7. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RUMORE AMBIENTALE



Per eseguire un'analisi del rumore, il tuo progetto ha bisogno di informazioni sulle strade o ferrovie che generano rumore. Come minimo, ciò significa aggiungere la loro posizione, il limite di velocità e il traffico medio giornaliero annuale.

### 8. ANALISI DELL'OTTIMIZZAZIONE DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI PER MASSIMIZZARE L'EFFICIENZA ENERGETICA

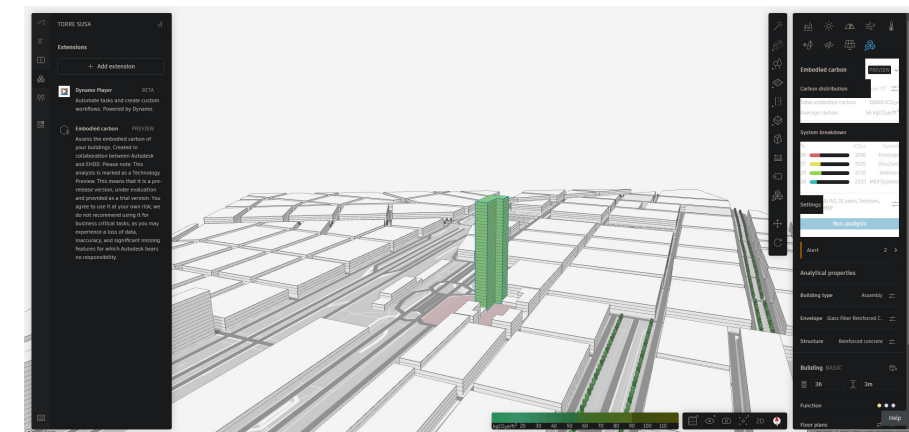


L'analisi dell'energia solare valuta il potenziale del tuo sito per generare elettricità tramite pannelli solari. Il modello tiene conto delle condizioni meteorologiche locali e dell'ombra provocata dagli edifici. Si prega di notare che questa analisi è in fase beta, il che significa che stiamo lavorando su ulteriori miglioramenti e validazione dei dati.

L'energia solare visualizzata sul modello 3D è l'insolazione annuale: la quantità di energia della radiazione solare ricevuta su una superficie durante un certo periodo di tempo, espressa in kWh/m<sup>2</sup>.

I pannelli solari possono catturare l'energia solare e convertirla in elettricità. L'analisi nasconde gran parte della complessità del funzionamento dei sistemi di pannelli solari facendo alcune ipotesi sul tipo, la configurazione e il funzionamento del sistema. Pertanto, i risultati numerici devono essere considerati solo come una stima per un sistema simile in condizioni climatiche tipiche durante un anno.

### 9. ANALISI DELLE EMISSIONI DI ANIDRIDE CARBONICA



[78.] «Introduction to the Microclimate Analysis | Autodesk Forma Help Center», consultato 11 aprile 2024, <https://help.autodeskforma.com/en/articles/6932531-introduction-to-the-microclimate-analysis>.



L'embodied Carbon è il carbonio emesso dai processi di produzione, trasporto, manutenzione e fine vita dei materiali da costruzione.

C.Scale è un motore di calcolo delle emissioni di carbonio per l'intero ciclo di vita che stima le emissioni derivanti dalla costruzione, dalla ristrutturazione e dal funzionamento degli edifici. Quando la modellazione energetica altamente dettagliata e la valutazione del ciclo di vita non sono accessibili o praticabili, i team utilizzano C.Scale.

C.Scale è stato progettato per essere utilizzato durante studi di cantiere e di fattibilità, richieste di proposte, pre-progettazione, analisi retrospettive o in altre situazioni in cui le valutazioni del ciclo di vita dell'intero edificio e/o i modelli energetici non sono praticabili.

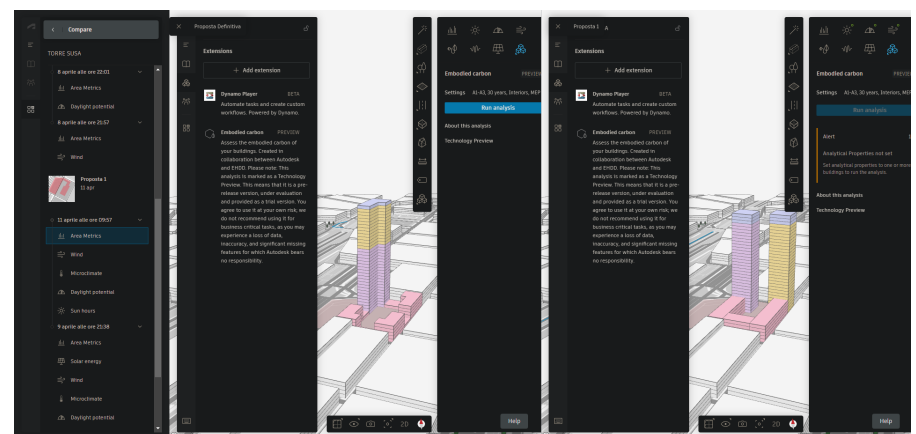
Il modello consente all'utente di inserire un minimo di parametri di progetto per testare un'ampia gamma di strategie di riduzione delle emissioni di carbonio più significative. È il motore di calcolo alla base di numerose applicazioni web e iniziative di ricerca incentrate sia sulla pianificazione lungimirante che sull'analisi retrospettiva delle emissioni di carbonio degli edifici e dell'ambiente costruito.

Le funzionalità sono in continuo aggiornamento e la tabella di marcia per l'anno prossimo è entusiasmante. Le funzioni vengono sviluppate in risposta al feedback degli utenti, per incorporare dati migliori e per perfezionare la metodologia dello strumento.

L'ambiente edificato è responsabile del 42% delle emissioni totali di gas serra nel mondo; di queste, il 35% proviene dal carbonio incarnato, ma questa percentuale è destinata ad aumentare man mano che gli edifici e le reti energetiche funzionano in modo più efficiente. Inoltre, a differenza del carbonio operativo, che può essere migliorato regolando l'isolamento o utilizzando fonti energetiche più pulite dopo la costruzione di un edificio, il carbonio incarnato è "bloccato".

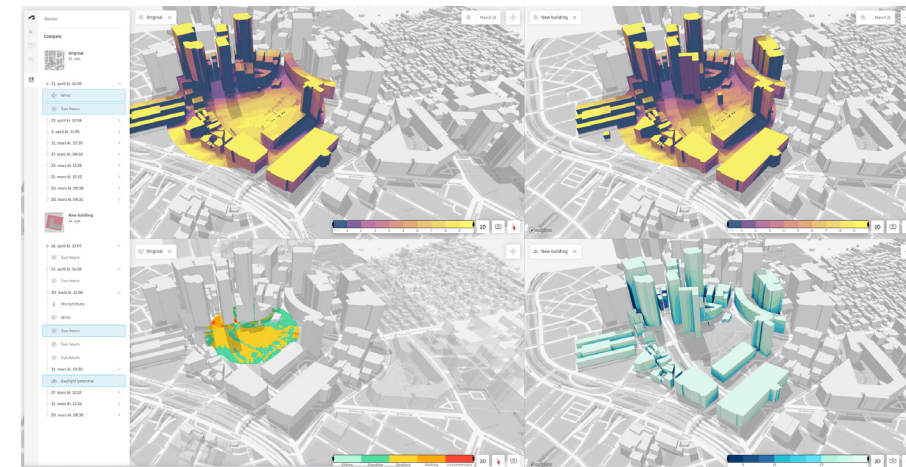
Ecco perché è importante iniziare a misurare, comprendere e discutere del carbonio incarnato fin dalle prime fasi della progettazione.

COMPARAZIONE TRA LE VARIE PROPOSTE



Grazie all'opzione di comparazione possiamo osservare come diversi risultati di analisi, come il sole, la luce diurna e il microclima, si comportano con una proposta allo stesso tempo. Questo può aiutare a ottenere una panoramica di più qualità allo stesso tempo e a far emergere eventuali compromessi.

OSSERVAZIONI



Come possiamo vedere il nostro caso è molto limitante nella sua area selezionata e nel suo complesso. L'analisi diventa rilevante e importante se associata a un complesso di edifici anche se le analisi sono basate su stime preliminari associati a calcoli di Machine Learning, quindi poi da indagare nel dettaglio in fase di progettazione. Anche se nel nostro caso associato all'atelier questa fase analitica non è stata presa minimamente in considerazione a causa di una scelta consapevolmente più stilistica e intellettuale, in contesti realistici come in studi di progettazione questa analisi probabilmente è determinante e cruciale. Esempio di come funziona l'IA (machine learning) apprende da dati, input e output

## 3.2.2

# Autodesk Project Refinery



ACCESIBILITA' / ISCRIZIONE ALLA BETA

AMBIENTE DI LAVORO / DYNAMO IN REVIT

INTEROPERABILITA' / PLUGIN REVIT

SOFTWARE HOUSE / AUTODESK

SITO / [HTTPS://WWW.AUTODESK.COM/REFINERY-BETA](https://www.autodesk.com/refinery-beta)

INPUT / MODELLO TRAMITE CODIFICAZIONE VPL

OUTPUT / GENERAZIONE DI SOLUZIONI

## INTRODUZIONE

Project Refinery è un progetto sviluppato da Autodesk come estensione per Dynamo, uno strumento di programmazione visuale ampiamente utilizzato insieme a software come Revit per la progettazione architettonica e ingegneristica. Nato come un add-on per Dynamo, Refinery aveva l'obiettivo principale di fornire funzionalità di ottimizzazione generativa e di design evolutivo. Questo strumento consente agli utenti di generare e valutare diverse soluzioni progettuali sulla base di criteri e parametri definiti, come il consumo di energia, la disposizione degli spazi, i costi e le prestazioni strutturali. Utilizzando algoritmi evolutivi, Refinery cerca di ottimizzare i progetti secondo i criteri specificati, permettendo di esplorare e migliorare automaticamente molteplici opzioni di design in modo rapido. Attraverso simulazioni multiple e simultanee, è possibile ottenere una vasta gamma di risultati, rendendolo particolarmente utile per confrontare diverse soluzioni in termini di efficienza e risparmio. Gli utenti possono definire obiettivi e vincoli progettuali, e Refinery aiuta a esplorare una serie di opzioni e scenari, consentendo di prendere decisioni più informate basate su dati concreti.

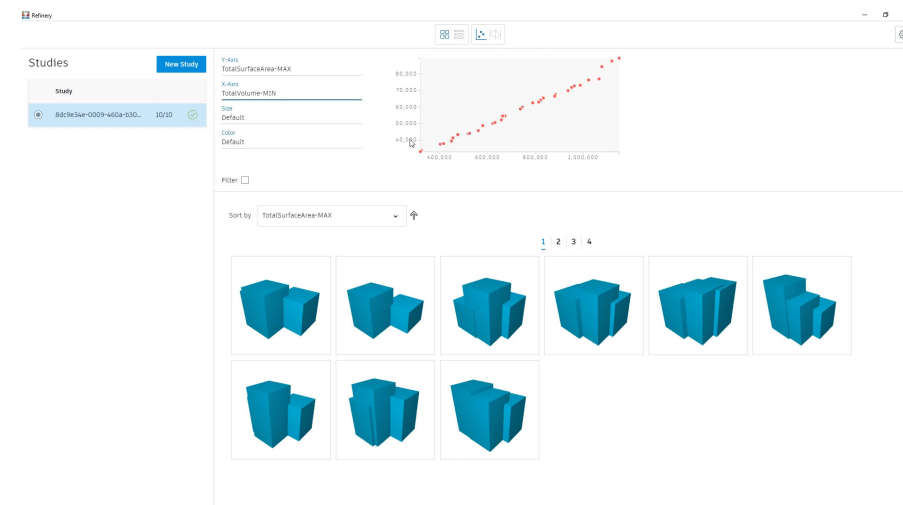
## ACCESSIBILITÀ

Project Refinery è un plugin per Dynamo disponibile richiedendo sul sito della Autodesk l'iscrizione alla beta. Inoltre per raggiungere le sue potenzialità richiede competenze avanzate con l'ambiente BIM e VPL (Visual Program Language)<sup>79</sup>.

## INTERFACCIA

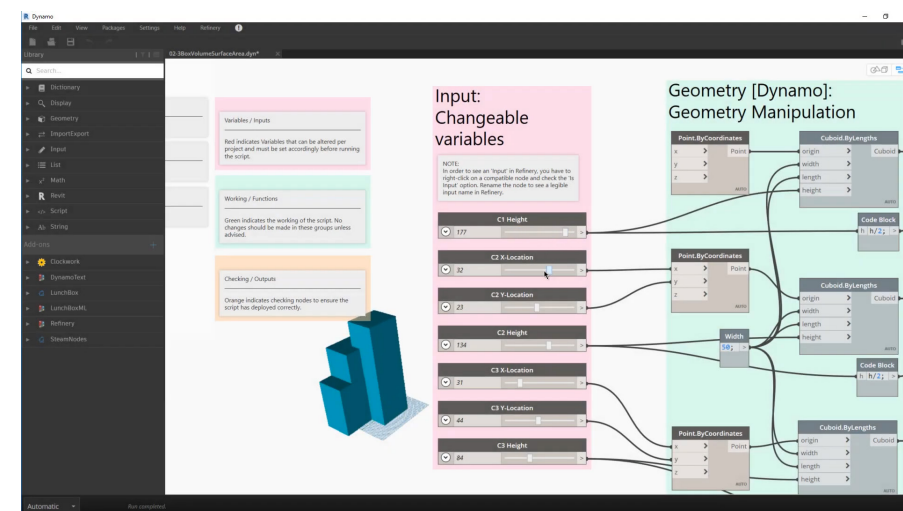
L'interfaccia di Project Refinery per Dynamo è progettata per essere intuitiva e focalizzata sul design generativo e l'ottimizzazione dei modelli parametrici creati in Dynamo. Refinery consente di esplorare e valutare diverse soluzioni progettuali in modo iterativo, utilizzando algoritmi evolutivi per migliorare automaticamente le soluzioni in base ai parametri e ai vincoli impostati dall'utente. L'utente seleziona parametri e obiettivi dal grafico di Dynamo, avvia un processo di ottimizzazione generativa e poi visualizza i risultati attraverso una dashboard intuitiva. L'inter-

[79.] Il VPL (Visual Programming Language), ovvero Linguaggio di Programmazione Visiva, è un tipo di linguaggio di programmazione che consente agli utenti di creare programmi manipolando graficamente elementi piuttosto che scrivere codice testuale. Invece di scrivere righe di codice, gli utenti usano un'interfaccia visuale per collegare blocchi, nodi o icone che rappresentano operazioni, funzioni o flussi di dati.

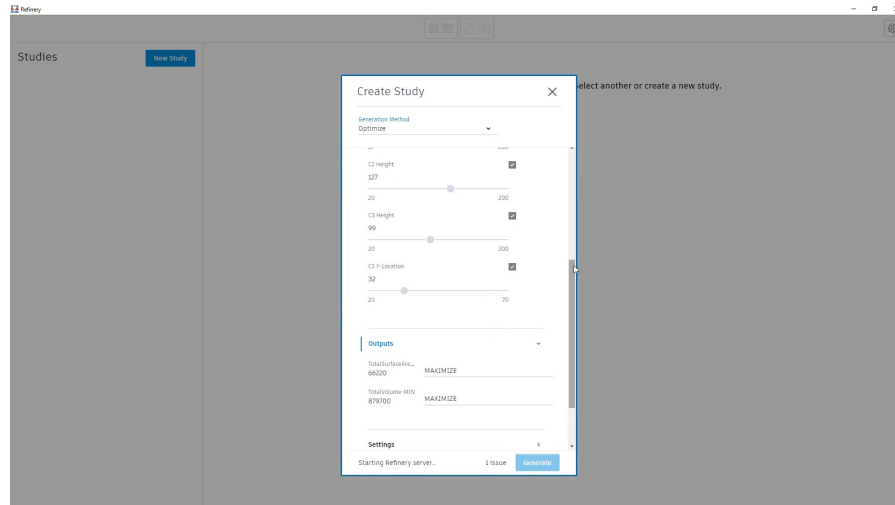


zione tra Dynamo e Refinery è continua, consentendo un flusso di lavoro iterativo dove il design evolutivo si basa su dati concreti e sul feedback delle prestazioni delle soluzioni esplorate.

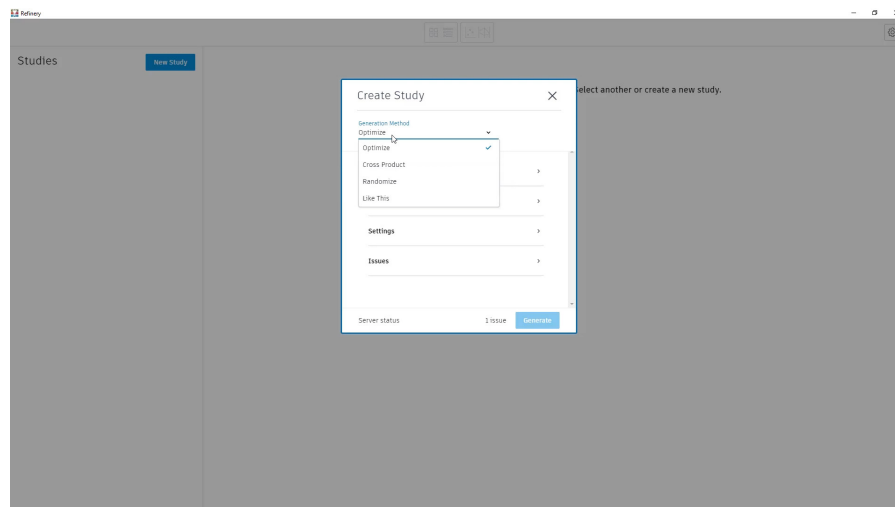
Vediamo come ottimizzare la superficie calpestabile in relazione al volume della struttura come può essere nel caso del nostro grattacielo a Torino.



Collegamento a un Grafico di Dynamo: L'interfaccia di Refinery si integra direttamente con Dynamo. Dopo aver creato un grafico in Dynamo che include parametri di input variabili (ad esempio, dimensioni, distanze, configurazioni), questi vengono riconosciuti da Refinery. L'utente può quindi selezionare quali parametri rendere variabili durante il processo di ottimizzazione.



**DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E VINCOLI:** Nell'interfaccia di Refinery, l'utente può definire gli obiettivi di ottimizzazione e i vincoli. Gli obiettivi sono i criteri che Refinery deve cercare di ottimizzare (ad esempio, minimizzare i costi, massimizzare lo spazio utile, ridurre il consumo energetico). I vincoli rappresentano i limiti che il design non deve superare (ad esempio, dimensioni massime, budget, materiali disponibili).



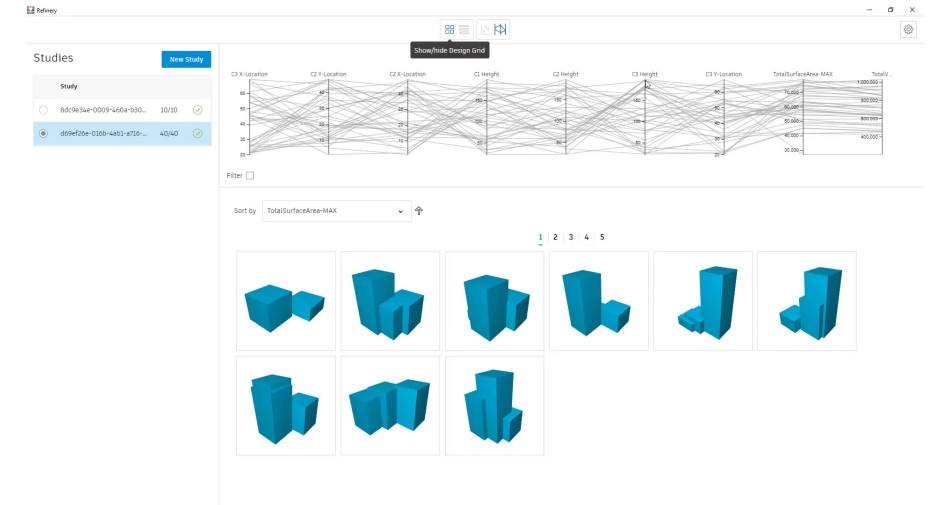
**IMPOSTAZIONE DEL PROCESSO DI OTTIMIZZAZIONE:** Una volta definiti parametri e obiettivi, Refinery permette di scegliere diversi metodi di esplorazione. Questi includono:

Random Walk: Esplora casualmente varie combinazioni di parametri.

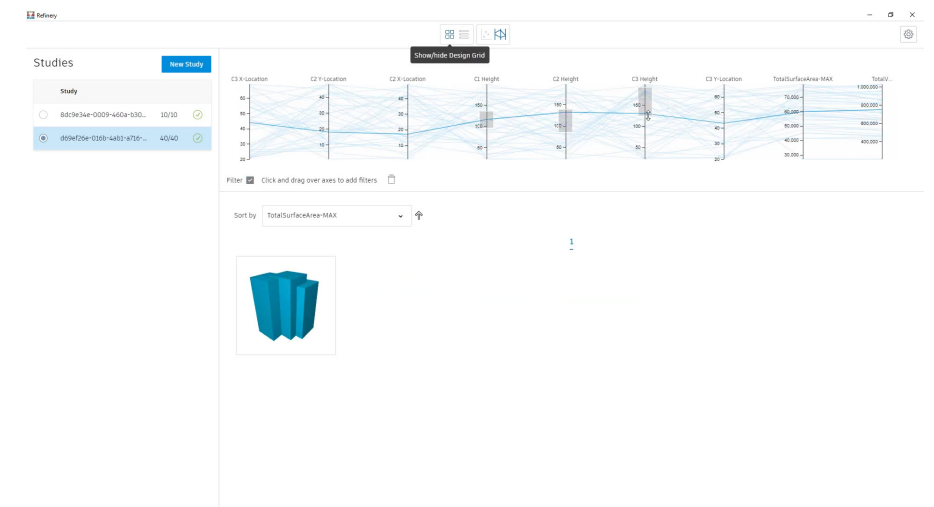
Optimization (Ottimizzazione): Utilizza algoritmi evolutivi per cercare di trovare la combinazione ottimale di parametri che soddisfano gli obiettivi e rispettano i vincoli.

Cross-Product: Esplora tutte le possibili combinazioni di parametri in una griglia.

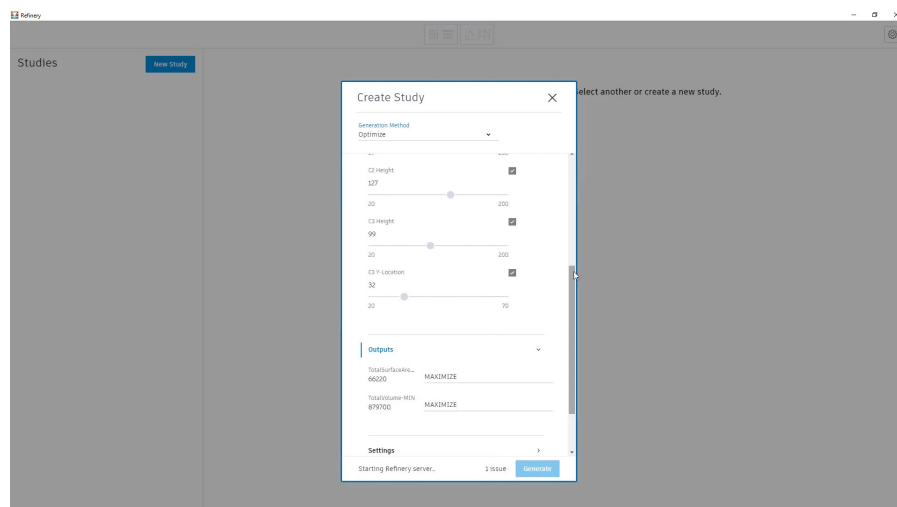
Generative Design: Refinery genera diverse varianti e le classifica in base alle loro prestazioni rispetto agli obiettivi impostati.



**ESECUZIONE E VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI:** Una volta avviato il processo, Refinery calcola e genera automaticamente numerose varianti del modello parametrico in base alle specifiche definite. L'interfaccia di Refinery visualizza i risultati in un formato chiaro, consentendo all'utente di vedere grafici, tabelle e scatter plot che rappresentano i risultati delle diverse soluzioni esplorate. Gli utenti possono facilmente confrontare le varianti, valutandole in base ai criteri di performance definiti.



**SELEZIONE DELLE SOLUZIONI OTTIMALI:** L'interfaccia permette di esplorare le soluzioni proposte e selezionare quelle più vicine agli obiettivi di progetto. Refinery visualizza anche i valori dei parametri di ogni soluzione e mostra graficamente quali configurazioni hanno avuto il miglior rendimento in termini di ottimizzazione.



**FEEDBACK, ITERAZIONE E INTEROPERABILITÀ CON REVIT:** Una delle funzionalità più potenti di Refinery è la possibilità di iterare. Dopo aver valutato i risultati, l'utente può modificare gli obiettivi, i vincoli o i parametri e avviare nuovamente il processo per esplorare nuove soluzioni migliorate e scegliere poi la soluzione definitiva. Una volta selezionato il modello tramite la programmazione visiva, è possibile modificarlo aggiungendo parametri come il numero di piani e l'altezza interpiano, per poi inserirlo in ambiente Revit, dove potrà essere ulteriormente elaborato.

### OSSERVAZIONI

Per utilizzare Project Refinery in modo efficace, è necessario possedere una serie di competenze tecniche e progettuali. Prima di tutto, è fondamentale avere una buona conoscenza di Dynamo, dato che Refinery è un'estensione di questo strumento di programmazione visuale. Ciò implica la capacità di creare script e flussi di lavoro attraverso nodi e connessioni, nonché di modellare e gestire dati parametrici. Allo stesso modo, è importante essere in grado di ragionare in termini di programmazione visuale, comprendendo come funzionano i flussi logici e come organizzare dati complessi per impostare relazioni tra variabili.

Una solida padronanza della progettazione parametrica è essenziale, poiché il design in Refinery è guidato da parametri e variabili che influenzano direttamente il risultato finale. A questo si aggiunge una conoscenza degli algoritmi di ottimizzazione, come quelli evolutivi, per comprendere come impostare correttamente i criteri di ottimizzazione e migliorare automaticamente le soluzioni progettuali. Essendo Refinery spesso utilizzato in combinazione con Revit, è necessario avere una buona esperienza con software di progettazione architettonica o ingegneristica e, più in generale, con strumenti BIM.

Le competenze di analisi dei dati sono altrettanto importanti per interpretare i risultati delle simulazioni, come il consumo energetico, i costi o le prestazioni strutturali, al fine di prendere decisioni progettuali informate. Infine, un approccio creativo e una buona capacità di risolvere problemi complessi sono indispensabili per esplorare in modo efficace le diverse soluzioni progettuali offerte da Refinery, migliorando le prestazioni e la sostenibilità del design.

3.2.2

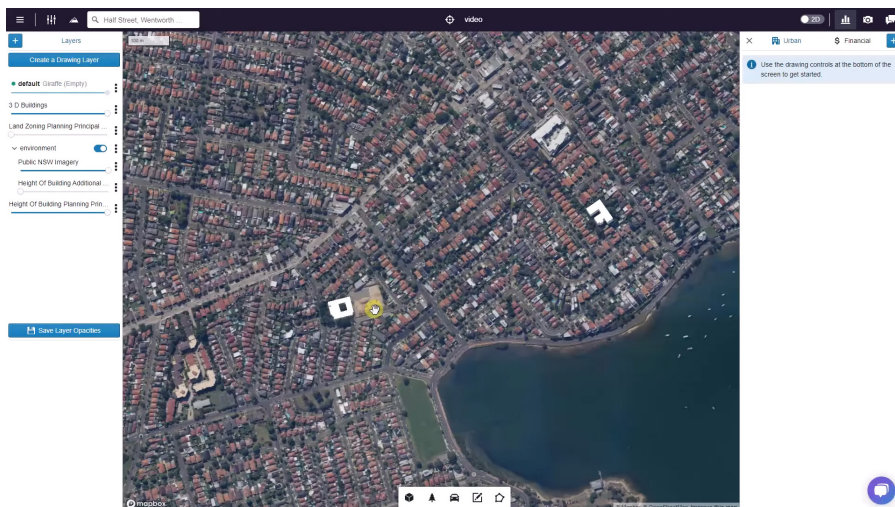


- ACCESIBILITA' / ISCRIZIONE ALLA BETA
- AMBIENTE DI LAVORO / WEB BROWSER
- INTEROPERABILITA' / PLUGIN SOFTWARE BIM
- SOFTWARE HOUSE / GIRAFFE TECHNOLOGY PTY LTD
- SITO / [HTTPS://WWW.GIRAFFE.BUILD/](https://www.giraffe.build/)
- INPUT / MODELLO 3D SEMPLIFICATO
- OUTPUT / GENERAZIONE DI DATI PREDITTIVI

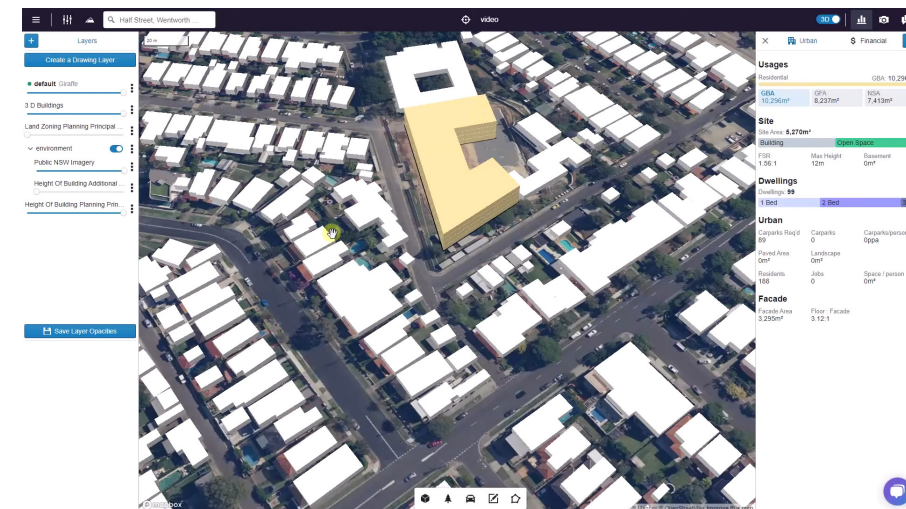
INTRODUZIONE

Giraffe è una piattaforma avanzata per la pianificazione urbana e la progettazione di spazi pubblici e privati. Utilizza tecnologie moderne, inclusi algoritmi di intelligenza artificiale e modelli di simulazione, per assistere pianificatori urbani e progettisti nella creazione di ambienti urbani più efficienti e funzionali. La piattaforma sfrutta l'intelligenza artificiale per supportare la pianificazione urbana, generando e ottimizzando progetti basati su parametri specifici come la densità abitativa, l'uso del suolo e le infrastrutture. Giraffe offre anche strumenti per simulare e analizzare scenari urbani, valutando l'impatto di diverse decisioni progettuali su aspetti come il traffico, l'accessibilità, la sostenibilità ambientale e la qualità della vita.

UI INTERFACCIA



Analogicamente Giraffe è molto simile alla sua controparte di Autodesk, con una modellazione base di proposte progettuali in un sito e con le sue simulazioni che possono essere la capacità di ottimizzare l'uso dello spazio, migliora la disposizione degli edifici, delle strade e degli spazi pubblici per massimizzare l'efficienza e il comfort urbano. La piattaforma include anche strumenti avanzati di visualizzazione e rendering che creano modelli 3D dettagliati degli ambienti urbani progettati, facilitando la comprensione e la comunicazione dei progetti.

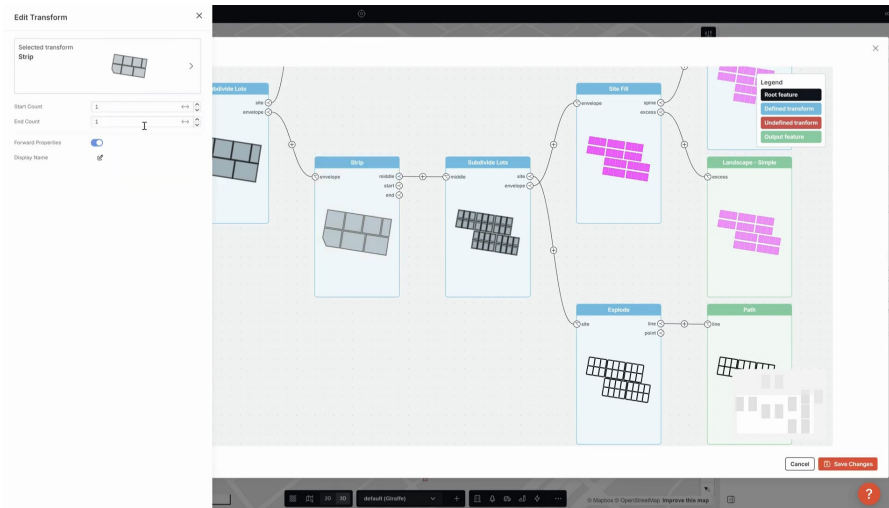


L'interfaccia permette anche l'integrazione di dati provenienti da diverse fonti e l'inserimento di feedback da membri del team e stakeholder. Questo consente di aggiornare e adattare il progetto in base agli input ricevuti, migliorando la qualità e l'accuratezza della progettazione.



Infine, Giraffe a differenza di Autodesk Forma facilita meglio la collaborazione tra i membri del team di progettazione attraverso strumenti di condivisione e gestione delle revisioni. Gli utenti possono collaborare in tempo reale, apportare

modifiche condivise e gestire le versioni dei progetti in modo efficiente. In sintesi, l'interfaccia di Giraffe Urban Planning offre un'esperienza completa e intuitiva, integrando strumenti per progettazione, analisi, visualizzazione e collaborazione, per supportare un processo di pianificazione urbana più efficace e informato.



Giraffe è uno strumento innovativo in continua evoluzione che utilizza tecnologie avanzate come l'IA e di recente VPL per migliorare la pianificazione e la progettazione urbana, offrendo soluzioni più efficienti, sostenibili e orientate al miglioramento della qualità della vita urbana.

### 🔍 OSSERVAZIONI

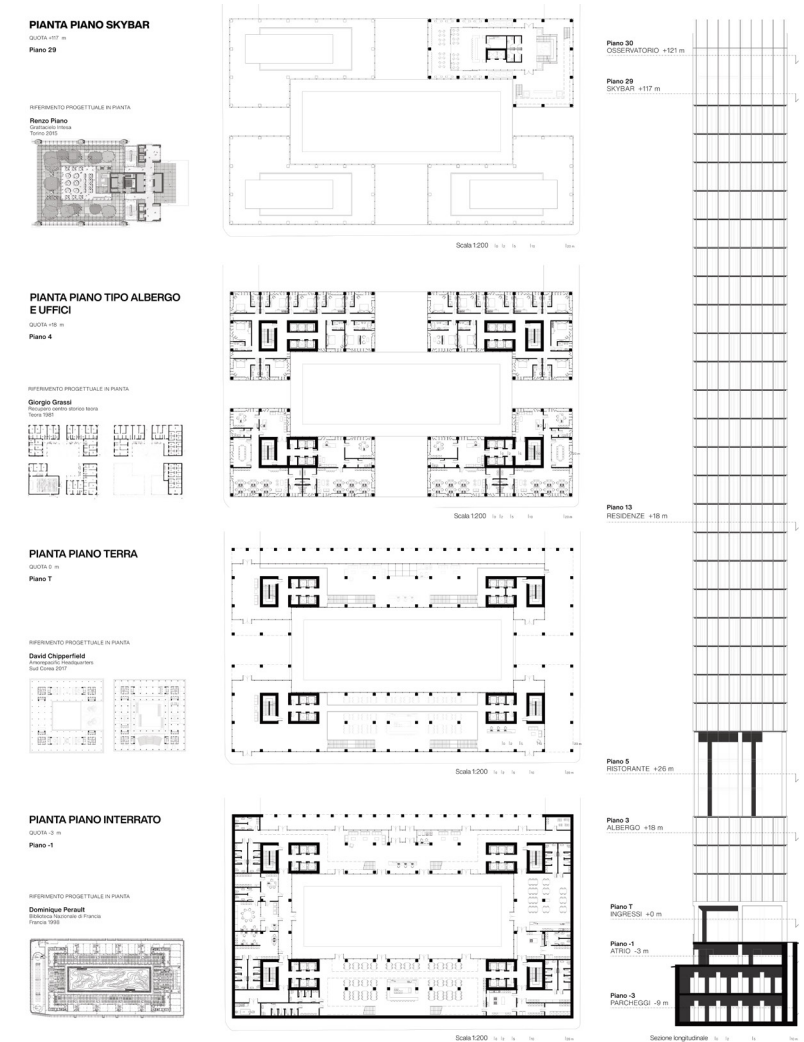
Da un lato, Giraffe rappresenta un notevole progresso nella pianificazione urbana, grazie alla sua capacità di utilizzare intelligenza artificiale e simulazioni avanzate per migliorare la progettazione. Le sue funzioni di visualizzazione 3D e rendering di alta qualità facilitano la comprensione dei progetti e migliorano la comunicazione tra progettisti, clienti e stakeholder. Inoltre, la piattaforma permette di integrare dati provenienti da diverse fonti, arricchendo il processo progettuale e migliorando la qualità delle decisioni. Gli strumenti di collaborazione e gestione delle revisioni semplificano il lavoro di squadra, promuovendo un flusso di lavoro più coordinato ed efficiente.

Tuttavia, ci sono alcune criticità da considerare. Gli utenti potrebbero incontrare una curva di apprendimento significativa, soprattutto se non hanno familiarità con tecnologie avanzate o con l'uso dell'intelligenza artificiale nella pianificazione urbana. L'efficacia di Giraffe dipende dalla qualità e dalla completezza dei dati di input; dati imprecisi o incompleti possono influenzare negativamente i risultati delle simulazioni e la precisione della progettazione. Sebbene Giraffe sia molto efficace per progetti urbani prevedibili e standardizzati, potrebbe avere difficoltà a gestire progetti complessi o non convenzionali che richiedono soluzioni su misura o innovazioni architettoniche avanzate. Inoltre, l'affidamento su strumenti automatizzati e algoritmi potrebbe ridurre il ruolo creativo e il giudizio umano nel processo di progettazione. Infine, l'implementazione di tecnologie avanzate come quelle offerte da Giraffe può comportare costi elevati e richiedere risorse significative, limitando così l'accessibilità per piccole aziende o studi di progettazione con budget ridotti.

### 3.2.3

## FASE PROGETTUALE: APPLICATIVI GENERATIVI.

La fase preliminare avviene dopo la conclusione della definizione della macro-forma in pianta. In questa fase avviene la definizione e lo studio preliminare delle sezioni e dei prospetti nelle due dimensioni, focalizzandosi sul guscio della struttura, mentre l'inserimento delle funzioni in pianta viene lasciato per ultimo. Infatti, questa fase richiede la maggior parte del tempo a disposizione a causa delle difficoltà nel progettare le variazioni di destinazione d'uso e le relative distribuzioni sia verticali che orizzontali.



3.2.3

# Giraffe Technology ArchiGAN

## AI Generative Design

ACCESIBILITA' / OPEN SOURCE

AMBIENTE DI LAVORO / WEB BROWSER

INTEROPERABILITA' / NULLA

SVILUPPATORE / STANIS CHAINLOU

SITO / [HTTPS://STANISLASCHAILLOU.COM/THESIS/GAN](https://stanislascaillo.com/thesis/gan)

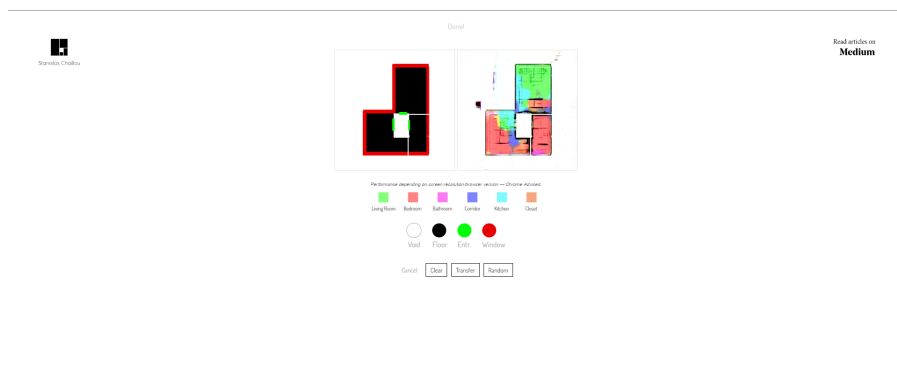
INPUT / PLANIMETRIA SEMPLIFICATA

OUTPUT / GENERAZIONE DI PLANIMETRIE

### INTRODUZIONE

Il software di Stanis Chainlou è uno dei primi prototipi di intelligenza artificiale a introdurre l'uso delle reti neurali in architettura, sviluppando un programma capace di generare planimetrie basate su un dataset limitato di planimetrie esistenti, creato appositamente da lui. Nonostante sia un prototipo, il programma fornisce soluzioni planimetriche valide inserendo solamente il perimetro, le entrate e le aperture. Questo software non è soltanto un precursore dei nuovi software che implementano l'IA, ma va oltre lo sviluppo di una semplice pipeline di generazione. L'obiettivo è dimostrare il potenziale delle GAN (Generative Adversarial Networks) per qualsiasi processo di progettazione. Annidando i modelli GAN e consentendo l'input dell'utente tra di essi, Chainlou cerca di realizzare un'interazione tra uomo e macchina, combinando intuizione disciplinare e innovazione tecnica.

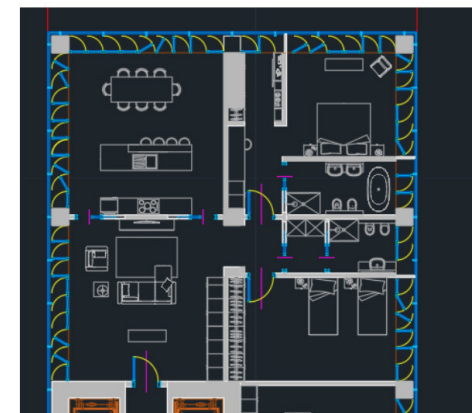
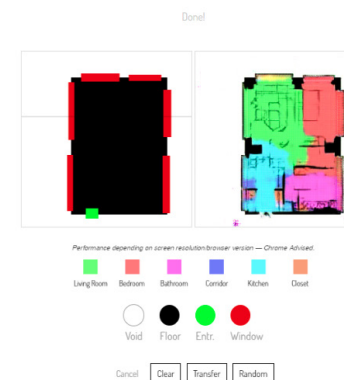
### INTERFACCIA



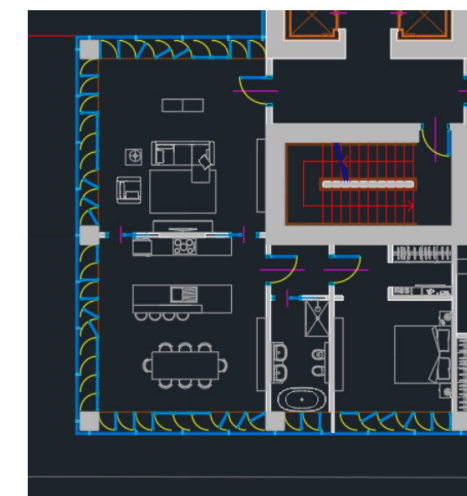
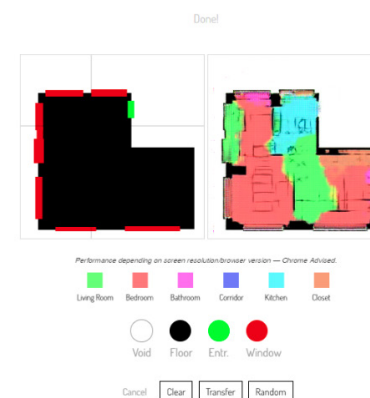
Chainlou fornisce all'utente un'interfaccia semplice per ogni fase della progettazione. A sinistra, l'utente può inserire una serie di vincoli e confini per generare

il piano risultante a destra. Il progettista può quindi modificare iterativamente l'input a sinistra per perfezionare il risultato a destra.

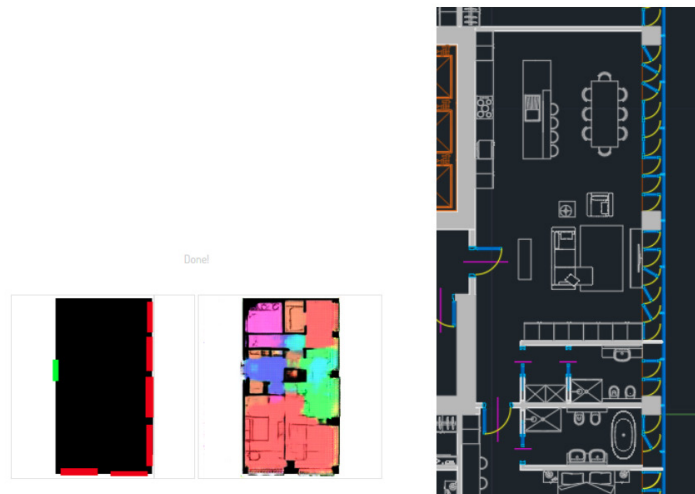
Appartamenti blocco SUD, confronto tra planimetria redatta e studiata via CAD e tra planimetria generata in meno di 5 secondi. La disposizione è molto simile.



Appartamenti blocco NORD-EST



Appartamenti blocco NORD-OVEST



### OSSERVAZIONI

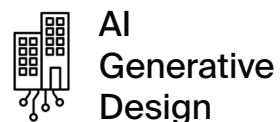
Anche se si tratta di un software a puro scopo dimostrativo delle potenzialità che può offrire l'Intelligenza artificiale, la generazione si fonda su un dataset di planimetrie già esistenti fornendo soluzioni adeguate e consone. Nonostante ciò per essere utilizzato al pieno delle sue potenzialità, il codice non tiene conto delle misure reali, dell'orientamento del sole e della ventilazione cruciale nella progettazione di una planimetria. A livello tecnico, anche se le reti GAN potrebbero non essere in grado di creare soluzioni di design completamente adeguate, a causa del dataset su cui si basa, molto spesso si ispira a dataset di planimetrie nord-americane che prediligono ampi spazi esagerati rispetto a una soluzione europea nella quale la questione dello spazio è limitata. La loro capacità di intuire soluzioni è considerata rivoluzionaria. I risultati generati dalle GAN possono fungere da eccellente punto di partenza per ulteriori ottimizzazioni mediante tecniche standard. Unendo i risultati delle GAN con algoritmi di ottimizzazione, si può ottenere il massimo in termini di qualità architettonica ed efficienza.



## 3.2.3

# A-space AI

## A-space



ACCESIBILITA' / ISCRIZIONE ALLA WAITLIST

AMBIENTE DI LAVORO / WEB BROWSER

INTEROPERABILITA' / ESPORTAZIONE CAD/SVG

SVILUPPATORE / A SPACE AI

SITO / [HTTPS://WWW.A-SPACE.AI/](https://www.a-space.ai/)

INPUT / PLANIMETRIA CAD

OUTPUT / GENERAZIONE DI PLANIMETRIE

### INTRODUZIONE

“Renovation without frustration”

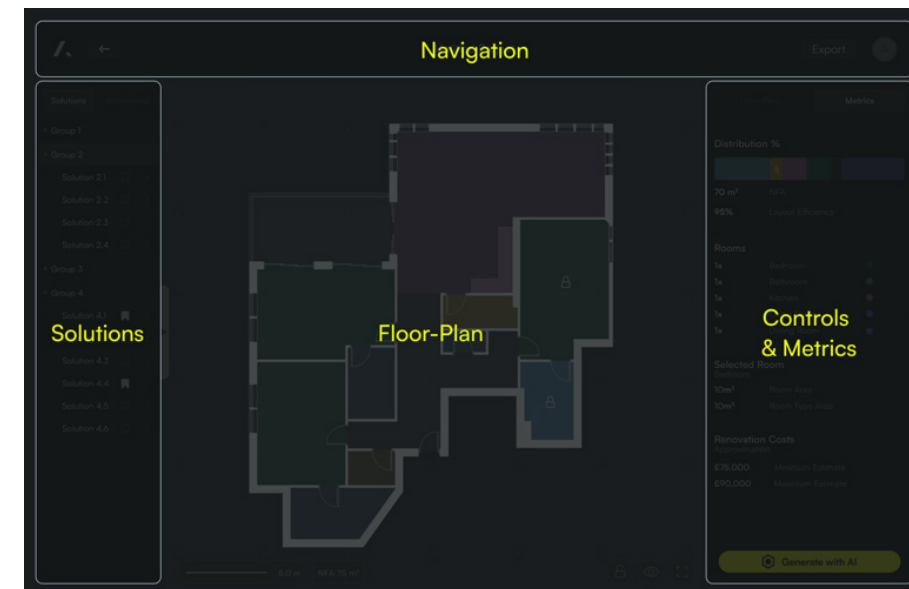
L'ottimizzazione di una planimetria è un processo iterativo che mira a migliorare il massimo possibile le caratteristiche degli ambienti come lo spazio utile, la luminosità e il flusso d'aria, creando allo stesso tempo un naturale passaggio tra le stanze. A-space consente esattamente di fare ciò di migliorare gli ambienti attraverso la generazione di planimetrie attraverso reti neurali avversarie fornendo un vasto numero di soluzioni planimetriche in base all'input preferito.

Considerando che l'applicazione è limitata alla generazione di planimetrie residenziali di dimensioni fino a 200 metri quadrati, verrà esaminato un appartamento privato corrispondente al piano tipo delle residenze del grattacielo, nello specifico l'unità situata sul lato Nord della struttura.



### INTERFACCIA

L'esperienza utente è molto semplice: a sinistra sono visualizzate le soluzioni generate come output, mentre a destra è presente il controllo dei parametri per regolare il prompt.



A-Space utilizza layer all'interno di file .DWG o .DXF per identificare diversi elementi architettonici. È necessario fornire in input un file CAD preimpostato contenente la nostra planimetria, con quattro diversi layer principali assegnati.

#### INTERNAL\_POLYGON

Livello che delimita l'area dell'ambiente preso in considerazione

#### DOOR\_EXTERNAL

Questo livello comprende tutte le porte esterne che consentono l'ingresso o l'uscita dalla proprietà, comprese le porte d'ingresso e le porte dei giardini/balconi.

#### WINDOW\_EXTERNAL

In questo livello verranno inserite tutte le finestre esterne.

#### ENTRANCE\_PRIMARY

Per indicare al modello di intelligenza artificiale qual è la porta d'ingresso, disegnare un cerchio all'interno di un livello denominato

I livelli opzionali forniscono informazioni aggiuntive, ma non sono obbligatori. Inoltre, consentono di visualizzare più edifici e i loro dintorni sull'applicazione A-Space durante la progettazione. Di seguito sono elencati i layer opzionali riconosciuti da A-Space:

**WINDOW\_SKYLIGHT:** Lucernario

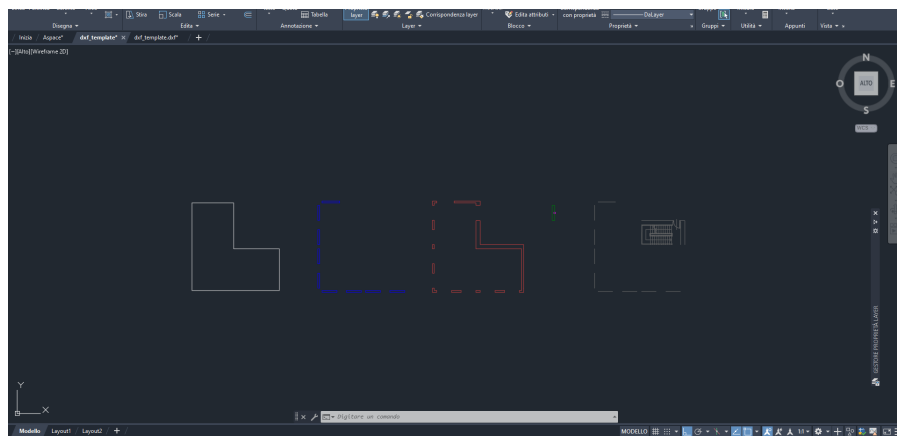
**WALL\_EXTERNAL\_STRUCTURAL:** Muro esterno

**WALL\_INTERNAL\_STRUCTURAL:** Muro interno

**DOOR\_OUTDOOR:** Porta esterna

**DOOR\_SWING:** Angolo di apertura della porta

**DECORATIVE:** Tutti gli altri elementi del file utili per il contesto del progetto.



Una volta configurati i layer nel software CAD, sarà sufficiente caricare il file e il software leggerà automaticamente le porte d'ingresso, le aperture, i muri, i pilastri e i limiti. In base alle nostre preferenze e al prompt, genererà gli ambienti.



Il software genererà 25 soluzioni suddivise in Gruppi determinati dai set di prompt iniziali inseriti nella colonna di destra. Un rapido strumento di selezione consentirà di scartare le varianti meno adatte e di mantenere quelle più favorevoli.

### OSSERVAZIONI

A-Space non è compatibile con planimetrie di dimensioni inferiori a 37 mq o superiori a 200 mq e, attualmente, risulta poco accessibile a causa del suo sviluppo ancora in corso. Inoltre, la generazione delle soluzioni planimetriche non si basa ancora su un dataset solido, il che non permette di evitare errori comuni, come spazi di transito eccessivi o bagni senza finestre. Nonostante le difficoltà tipiche di un software nelle prime fasi di sviluppo, il potenziale di A-Space nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale, similmente a quanto accaduto con ArchiGAN, sarà decisamente cruciale. La generazione automatizzata di planimetrie, ottimizzate attraverso parametri semplificati e selezionate in base alle preferenze, permetterà di risparmiare tempo prezioso nella fase di studio e progettazione degli spazi. Inoltre, la possibilità di esportare le planimetrie in formato DWG o DXF rappresenta una funzionalità importante, che potrebbe essere integrata in futuro nel Building Information Modeling (BIM), rendendo A-Space uno strumento estremamente potente. Tuttavia, in un contesto dove la forma precede la funzione (come accade nella maggior parte dei casi), questo strumento risulta particolarmente efficace per il suo scopo. D'altro canto, una planimetria concepita con spazi organizzati in base a fattori funzionali, come illuminazione e orientamento, potrebbe non trarre pieno vantaggio da questo approccio.

# Finch AI Finch 3D

AI  
Generative  
Design

ACCESIBILITA' / ISCRIZIONE ALLA WAITLIST

AMBIENTE DI LAVORO / APPLICATIVO PROPRIETARIO

INTEROPERABILITA' / SOFTWARE BIM (RVT, ARCHICAD)

SVILUPPATORE / FINCH AI

SITO / [HTTPS://WWW.FINCH3D.COM/](https://www.finch3d.com/)

INPUT / PLANIMETRIA CAD

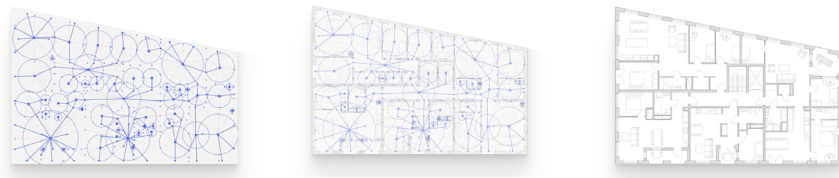
OUTPUT / GENERAZIONE DI PLANIMETRIE

## INTRODUZIONE

“Where architects and AI design together.”

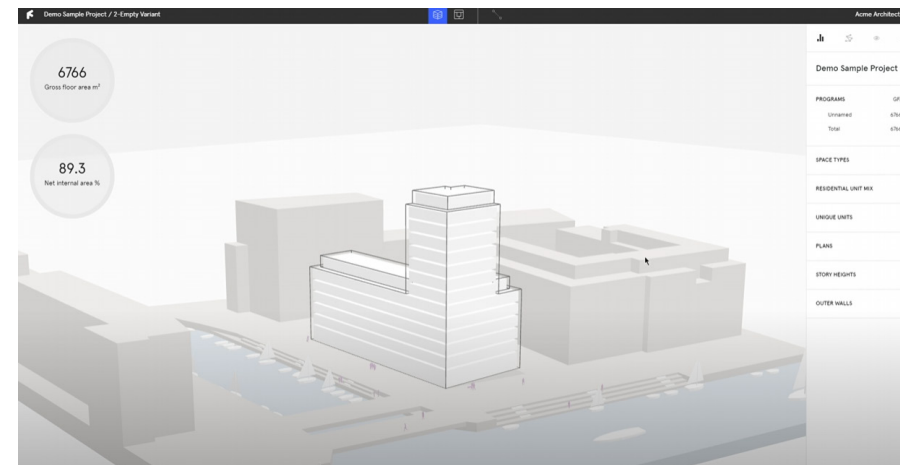
Finch 3D è un'applicazione software progettata per semplificare la modellazione 3D, rendendo accessibile la creazione di modelli tridimensionali in vari settori come l'architettura, il design industriale e il modellismo. Offre un'interfaccia utente intuitiva che permette agli utenti di costruire e manipolare modelli 3D senza necessità di una vasta esperienza pregressa in modellazione.

Il software fornisce una serie di strumenti per la modellazione, tra cui la creazione di forme geometriche, l'estrusione, la suddivisione e la modifica di mesh, consentendo una personalizzazione dettagliata dei modelli. Finch utilizza l'intelligenza artificiale, la tecnologia dei grafi e algoritmi avanzati per migliorare e sfidare il lavoro di progettazione. Il software ottimizza continuamente gli input, permettendo di raggiungere il design esatto che l'utente desidera, in modo ottimizzato.

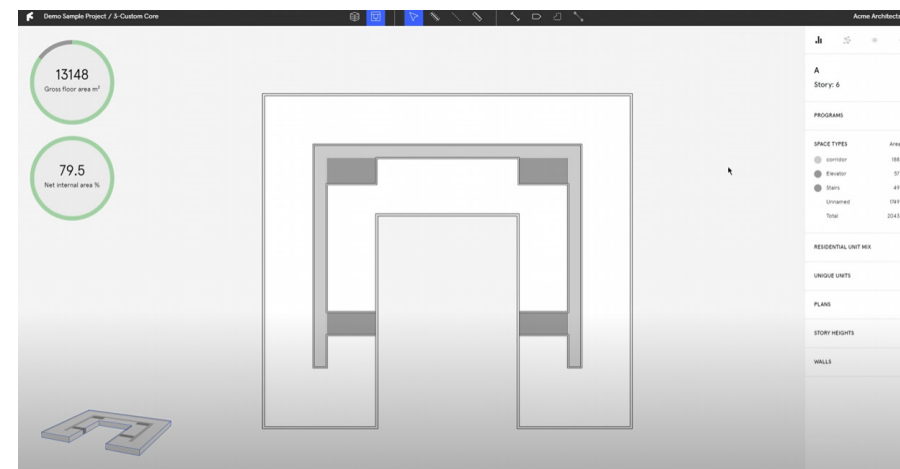


Supporta diversi formati di file, facilitando l'importazione e l'esportazione dei modelli verso e da altri software di progettazione e modellazione come il BIM. Grazie alla sua versatilità, Finch 3D è utilizzato per prototipazione, progettazione di prodotti, visualizzazioni architettoniche e simulazioni, rendendolo uno strumento utile tanto per principianti quanto per professionisti.

## UI INTERFACCIA

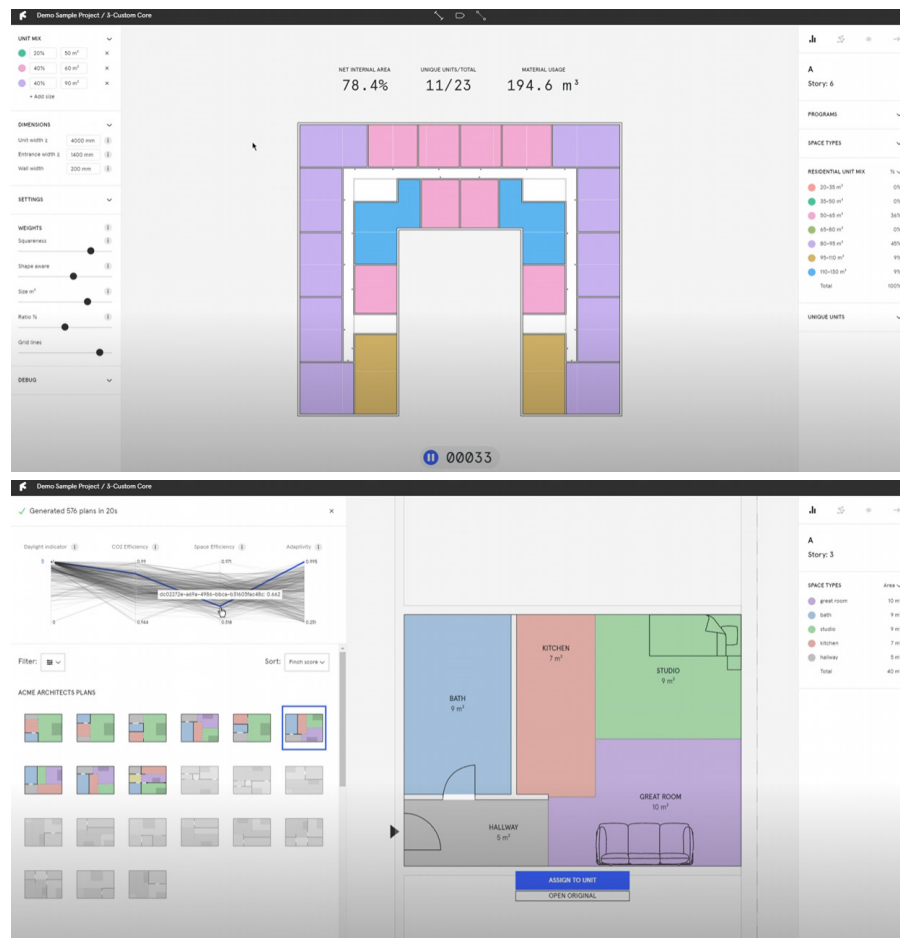


Quando si inizia a utilizzare Finch 3D, si interagisce con un'interfaccia utente progettata per facilitare la modellazione 3D. L'interfaccia è composta da una finestra di visualizzazione centrale, pannelli degli strumenti e pannelli delle proprietà. Gli utenti possono caricare modelli 3D esistenti o iniziare da zero utilizzando strumenti di creazione e modifica.



Una volta selezionato il piano tipo bisogna preparare la planimetria in modo che l'IA possa generare soluzioni secondo alcuni limiti come core, muri portanti o elementi di distribuzione.

La tecnologia dei grafi viene utilizzata per gestire e visualizzare le relazioni tra le diverse parti di un modello 3D. Questa tecnologia consente di rappresentare le connessioni e le dipendenze tra vari elementi del design, facilitando la navigazione e la modifica di strutture complesse. Attraverso grafi, Finch 3D è in grado di analizzare e visualizzare come le modifiche a una parte del modello influenzano il resto.

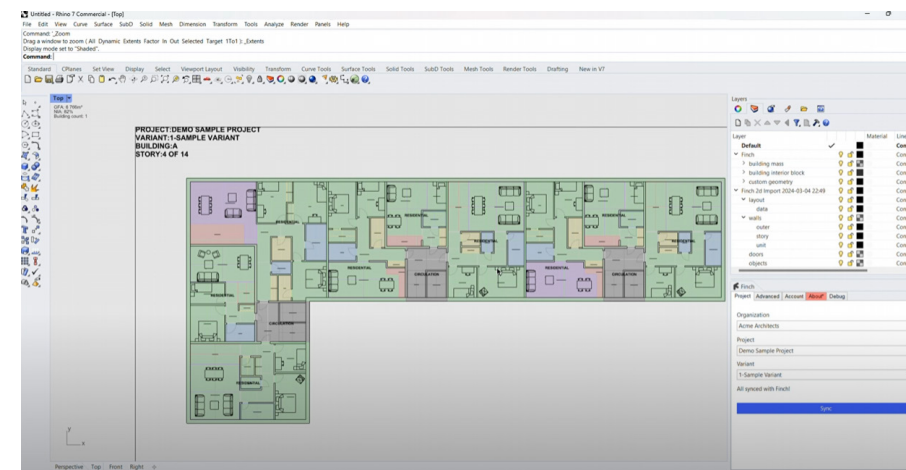


L'intelligenza artificiale di Finch 3D è integrata per migliorare e ottimizzare i modelli 3D:

**Ottimizzazione Automatizzata:** L'IA analizza il design in tempo reale e fornisce suggerimenti per ottimizzare il modello secondo i parametri stabiliti. Questo può includere la riduzione del numero di poligoni, l'ottimizzazione della geometria per la stampa 3D o la miglioramento della disposizione degli elementi.

**Suggerimenti Intelligenti:** L' algoritmo fornisce raccomandazioni su come modificare il modello per raggiungere obiettivi specifici, come migliorare l'estetica o la funzionalità del design.

Finch 3D fornisce un feedback continuo durante il processo di modellazione. Man mano che si apportano modifiche al modello, il software valuta le modifiche e propone ulteriori ottimizzazioni per migliorare il design. Questo ciclo di feedback e ottimizzazione aiuta a perfezionare il modello e a ottenere risultati di alta qualità.



In questo caso, l'unità abitativa è stata progettata seguendo la disposizione iniziale programmata con i grafi, che ha considerato elementi fissi come il core e la distribuzione orizzontale, nonché le facciate ben areate consigliando la miglior disposizione.

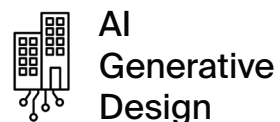
Una volta completato il modello, Finch 3D consente di esportarlo in diversi formati compatibili con altri software di progettazione e modellazione, facilitando l'integrazione con altri strumenti e flussi di lavoro. In questo caso l'interoperabilità con Revit e Grasshopper è diretta nel software tramite un plugin rendendolo perfetto con gli attuali processi di progettazione.

## OSSERVAZIONI

Finch 3D presenta una serie di punti di forza e aree di miglioramento. Tra le osservazioni positive, si nota che il software integra intelligenza artificiale e tecnologia dei grafi per ottimizzare i modelli 3D, migliorando così l'efficienza e la qualità del design. L'interfaccia è progettata per essere user-friendly, con strumenti e pannelli ben organizzati, facilitando l'accesso alle funzionalità principali. Inoltre, Finch 3D supporta vari formati di file, permettendo una flessibile importazione ed esportazione dei modelli, e offre un feedback continuo durante la modellazione, aiutando gli utenti a perfezionare i modelli. Gli strumenti per la visualizzazione e il rendering avanzato permettono di creare immagini fotorealistiche e presentazioni dettagliate.

Tuttavia, ci sono anche delle criticità. L'uso intensivo di intelligenza artificiale e algoritmi avanzati può richiedere una notevole potenza di calcolo, il che potrebbe causare rallentamenti sui sistemi con risorse limitate. Sebbene l'interfaccia sia intuitiva, alcune delle funzionalità avanzate possono richiedere un tempo di apprendimento per essere comprese e utilizzate efficacemente. Inoltre, sebbene il software supporti vari formati di file, potrebbero sorgere problemi di compatibilità con alcune applicazioni di terze parti o versioni specifiche di formati di file. Il costo e l'accessibilità delle funzionalità avanzate potrebbero essere limitati dalla versione del software o dai requisiti di licenza. Anche l'intelligenza artificiale, pur essendo avanzata, potrebbe non sempre offrire suggerimenti perfetti per ogni tipo di progetto, richiedendo interventi manuali per affinare i risultati. Infine, essendo una piattaforma in continua evoluzione, gli utenti potrebbero dover affrontare aggiornamenti frequenti a causa di cambiamenti nelle funzionalità o nell'interfaccia.

## 3.2.3



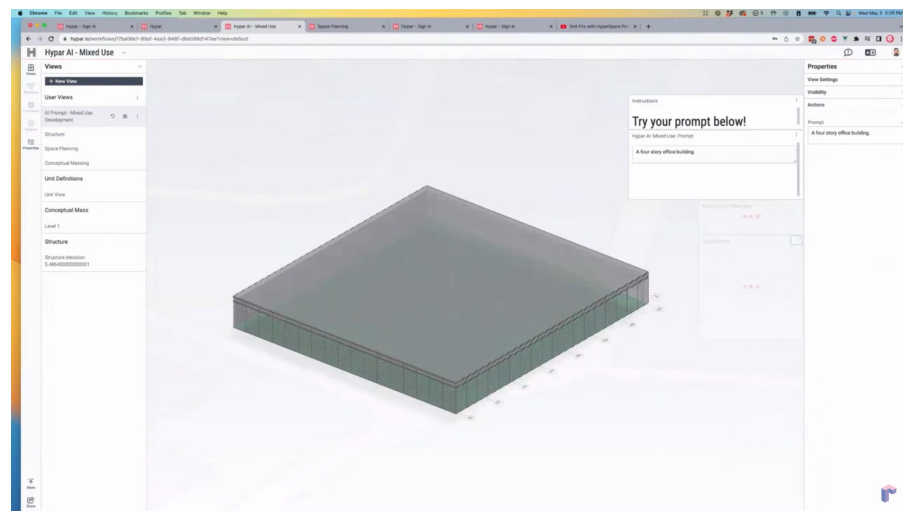
**ACCESIBILITA' /** ISCRIZIONE ALLA WAITLIST  
**AMBIENTE DI LAVORO /** APPLICATIVO PROPRIETARIO  
**INTEROPERABILITA' /** SOFTWARE BIM (RVT, ARCHICAD)  
**SVILUPPATORE /** HYPAR AI  
**SITO /** [HTTPS://HYPAR.IO/](https://hypar.io/)

**INPUT /** PROMPT DI TESTO  
**OUTPUT /** GENERAZIONE DI MODELLI BIM

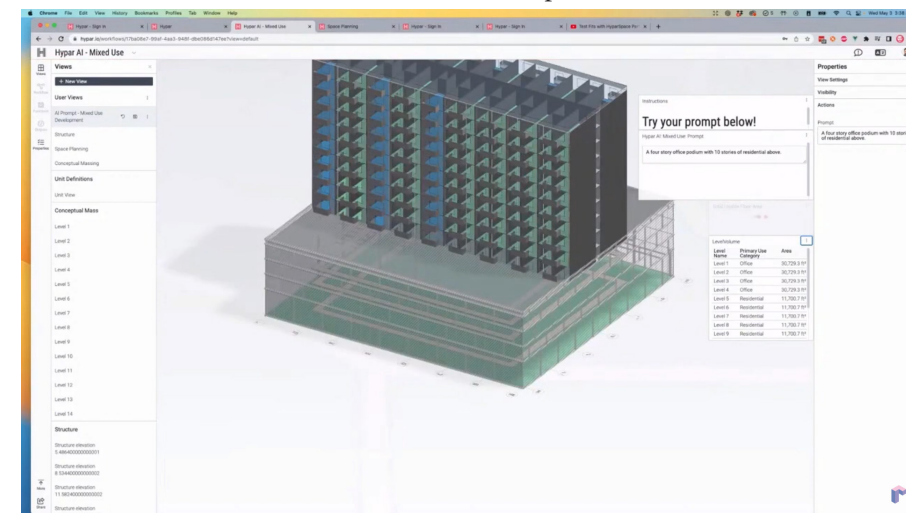
### INTRODUZIONE

Hypar è una piattaforma basata su cloud che sfrutta l'intelligenza artificiale e il design generativo per automatizzare e ottimizzare il processo di progettazione architettonica. Questa piattaforma è progettata per semplificare e accelerare la creazione di soluzioni progettuali, generando automaticamente opzioni di design in base a parametri e requisiti specifici. Hypar offre automazione del design utilizzando algoritmi di design generativo per creare e ottimizzare progetti architettonici e ingegneristici. Gli utenti inseriscono i requisiti e i vincoli del progetto, e la piattaforma produce diverse soluzioni basate su questi input. La piattaforma si basa su un sistema modulare che permette di assemblare e combinare vari componenti e modelli di design, consentendo la creazione di moduli predefiniti o personalizzati per soddisfare esigenze specifiche.

### INTERFACCIA



L'interfaccia di Hypar è progettata per essere intuitiva e accessibile, permettendo agli utenti di interagire facilmente con gli strumenti di design generativo e ottimizzazione. Quando l'utente accede alla piattaforma, viene accolto da una dashboard che offre una visione complessiva dei progetti disponibili, con la possibilità di avviare nuovi progetti o continuare quelli esistenti. Da qui, gli utenti possono inserire i requisiti e i vincoli del progetto, specificando dettagli come dimensioni, materiali e normative attraverso una serie di input testuali in una chatbox.



La piattaforma funziona su un sistema modulare che consente di selezionare e combinare vari moduli di design, come spazi, strutture e finiture, assemblando questi componenti in base alle esigenze del progetto. Dopo aver definito i parametri e selezionato i moduli, Hypar genera diverse varianti di design tramite algoritmi generativi. Le soluzioni progettuali possono essere visualizzate e analizzate in tempo reale, consentendo agli utenti di scegliere le opzioni più adatte e ottimizzarle ulteriormente favorendo una sinergia tra IA e utente permettendogli di parametrizzare ulteriormente il progetto.

Hypar offre strumenti di visualizzazione che permettono agli utenti di esaminare i modelli in 3D e piante dettagliate, oltre a fornire la possibilità di eseguire simulazioni per valutare le prestazioni delle soluzioni generate. La piattaforma automatizza anche la creazione di documentazione progettuale, come piante e dettagli costruttivi, che possono essere personalizzati e esportati in vari formati.

### OSSERVAZIONI

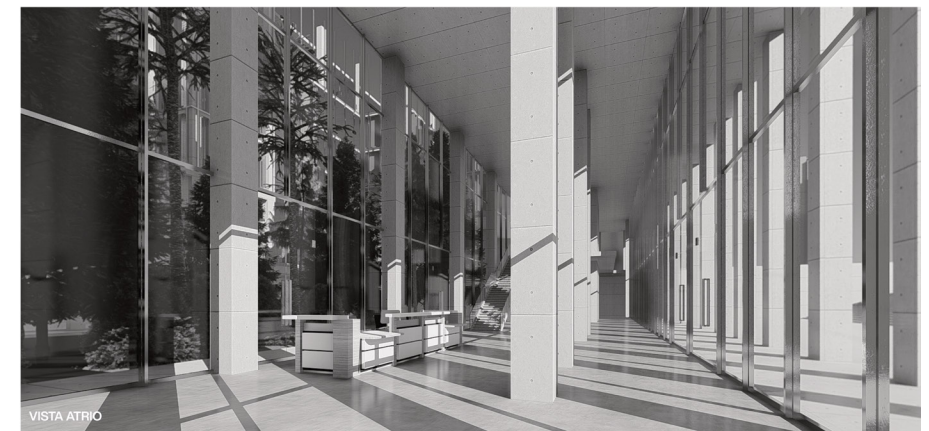
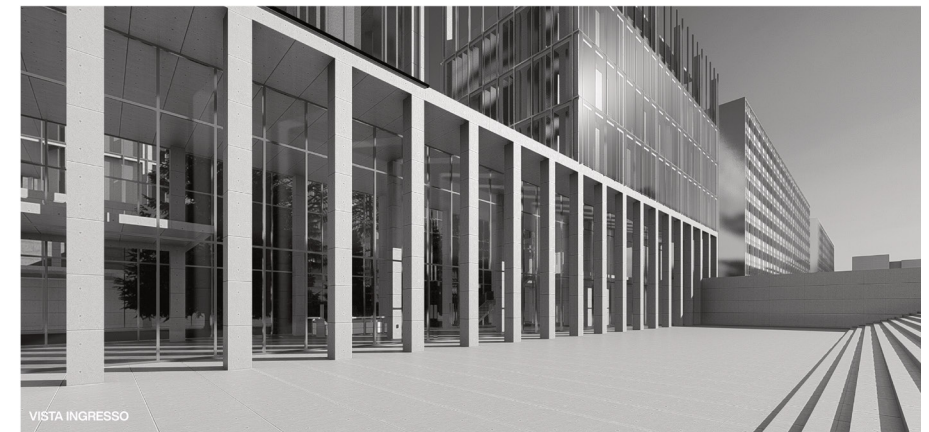
Le osservazioni su Hypar evidenziano diversi punti di forza e alcune criticità. Uno dei principali vantaggi è l'automazione del processo di progettazione architettonica e ingegneristica. Hypar accelera la creazione di soluzioni progettuali grazie all'intelligenza artificiale e al design generativo, riducendo i tempi e semplificando la gestione delle complessità. La modularità del sistema consente un'elevata flessibilità nel combinare componenti e modelli, e la capacità di integrare la piattaforma con software come Revit e Rhino la rende estremamente versatile. Anche la collaborazione in tempo reale tra i membri del team è un altro punto di forza, poiché facilita il lavoro condiviso e migliora il processo decisionale.

Tuttavia, ci sono alcune criticità da considerare. La qualità delle soluzioni generate da Hypar dipende fortemente dai parametri iniziali inseriti dagli utenti, e questo richiede un livello di competenza tecnica per ottenere risultati ottimali. Inoltre, essendo una piattaforma basata su cloud, l'efficienza di Hypar può essere limitata dalla connessione a internet e dalla potenza di calcolo disponibile. Un'altra potenziale limitazione è che Hypar si adatta meglio a progetti che possono essere facilmente parametrizzati e automatizzati, ma potrebbe non essere altrettanto efficace per progetti architettonici complessi e unici che richiedono un alto grado di personalizzazione. Infine, come molte piattaforme di nuova generazione, l'adozione di Hypar può richiedere un tempo di apprendimento significativo per coloro che non sono ancora familiari con l'intelligenza artificiale e il design generativo.

## 3.2.4

## FASE DI PRESENTAZIONE: APPLICATIVI IMAGE TO IMAGING.

Una volta completati tutti gli elaborati, si passa alla fase di presentazione. In questa fase, il progetto ha già acquisito una forma definita e una sua finalità, con la maggior parte degli elaborati pronti, comprese planimetrie, sezioni e un modello tridimensionale ben sviluppato. Durante questa fase, il progetto viene mostrato nella sua completezza, presentando gli elaborati finali, tra cui anche render, viste e immagini, per garantire una comprensione chiara e completa del progetto.



## 3.2.4



**ACCESIBILITA' / ABBONAMENTO**

**AMBIENTE DI LAVORO / PLUGIN PHOTOSHOP**

**INTEROPERABILITA' / SUITE ADOBE**

**SVILUPPATORE / ADOBE**

**SITO / [HTTPS://WWW.ADOBE.COM](https://www.adobe.com)**

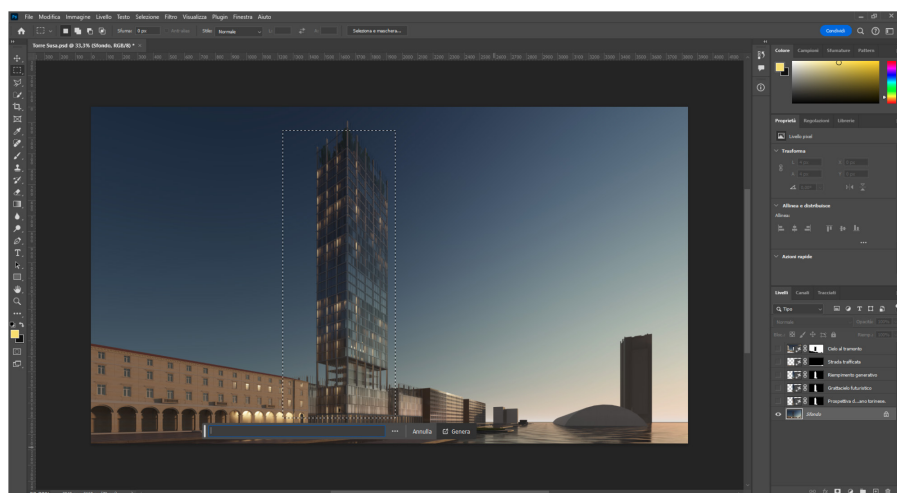
**INPUT / PROMPT DI TESTO**

**OUTPUT / GENERAZIONE DI RITOCCHI/IMMAGINI**

### INTRODUZIONE

Adobe Firefly è una serie di modelli di intelligenza artificiale generativa sviluppati da Adobe, progettati per semplificare e migliorare i flussi di lavoro creativi. Firefly può creare vari contenuti visivi, come immagini, grafiche e illustrazioni, partendo da un'immagine di base e da prompt testuali forniti dall'utente. Questo avviene grazie a un processo di machine learning che consente al modello di comprendere il testo e trasformarlo in contenuti visivi. Adobe Firefly è uno strumento potente che combina l'arte della creatività umana con la potenza della tecnologia AI, rendendo possibile la creazione rapida ed efficiente di contenuti visivi di alta qualità.

### INTERFACCIA



Adobe Firefly è integrato all'interno di varie applicazioni Adobe Creative Cloud, come Photoshop e Illustrator, permettendo agli utenti di accedere facilmente agli strumenti di AI direttamente dalle interfacce di queste applicazioni. Firefly as-

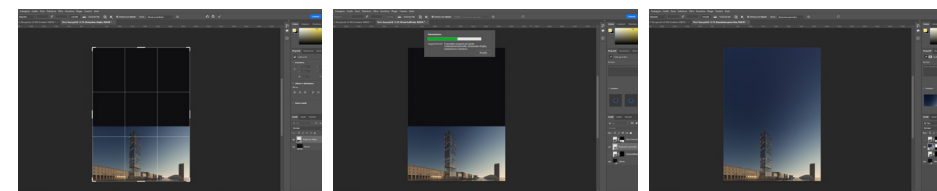
sisterà l'utente tramite una finestra in cui è possibile inserire il prompt, dopo aver selezionato l'area su cui si desidera intervenire con le modifiche.

Firefly permette di eseguire principalmente cinque azioni: Modifica cielo, Riempimento generativo, Rimozione oggetti, Variazioni oggetti, Variazione terreno in modo totalmente automatico.

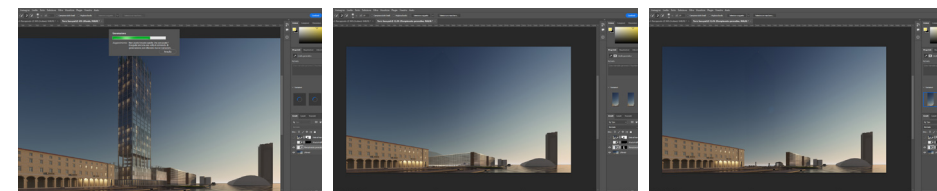
#### GENERAZIONE DEL CIELO



#### RIEMPIMENTO GENERATIVO



#### RIMOZIONE OGGETTI



#### MODIFICA DEL TERRENO



## VARIAZIONE OGGETTI


 OSSERVAZIONI

Utilizzare Adobe Firefly per ritoccare un'immagine architettonica offre numerosi vantaggi. Permette di apportare modifiche rapide e precise senza dover ricorrere a strumenti manuali complessi, grazie all'intelligenza artificiale che riconosce e corregge automaticamente elementi come prospettive, linee e difetti, migliorando la qualità dell'immagine. L'interfaccia user-friendly consente anche ai meno esperti di effettuare ritocchi professionali, mentre gli strumenti avanzati offrono la possibilità di creare effetti visivi unici e personalizzati, aggiungendo creatività e originalità ai progetti architettonici. Inoltre, l'integrazione con altre applicazioni Adobe Creative Cloud facilita un flusso di lavoro continuo e senza interruzioni, riducendo la necessità di esternalizzare il lavoro di ritocco e consentendo un risparmio sui costi di produzione.

Tuttavia, ci sono anche alcuni svantaggi da considerare. Può essere necessario un periodo di apprendimento per utilizzare efficacemente tutte le funzionalità avanzate di Firefly. Sebbene avanzata, l'intelligenza artificiale potrebbe non interpretare sempre correttamente tutte le sfumature architettoniche complesse, richiedendo comunque un intervento manuale. Affidarsi eccessivamente all'AI potrebbe ridurre le competenze manuali e artistiche del ritoccatore. Inoltre, l'accesso a Adobe Firefly e altre applicazioni Creative Cloud può essere costoso, soprattutto per i piccoli studi di architettura o i liberi professionisti. Richiede un computer con elevate prestazioni per funzionare al meglio, il che potrebbe comportare ulteriori investimenti in hardware. Infine, potrebbero sorgere problemi di compatibilità con file di versioni precedenti o necessità di aggiornamenti frequenti per mantenere la compatibilità con altri software e plugin.



# Replicate Spacely AI



**ACCESIBILITA' / ABBONAMENTO**

**AMBIENTE DI LAVORO / WEB BROWSER**

**INTEROPERABILITA' / LIMITATA, INTEGRAZIONE API**

**SVILUPPATORE / REPLICATE**

**SITO / HTTPS://WWW.ADOBE.COM**

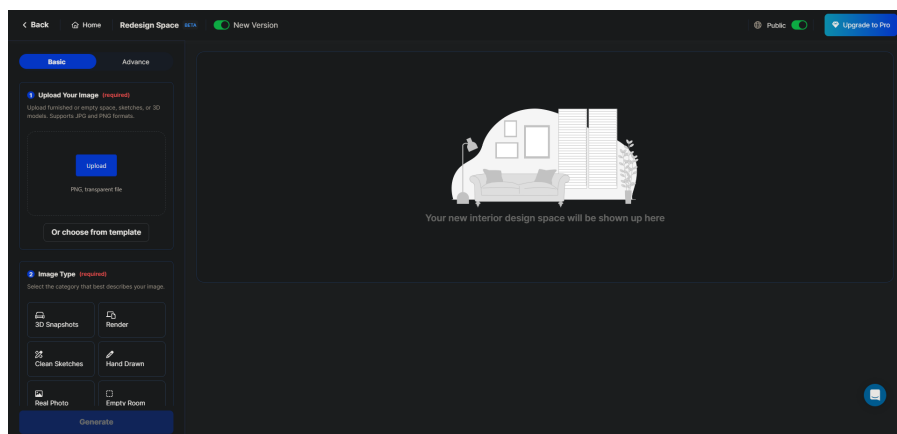
**INPUT / VISTA A TRATTO**

**OUTPUT / GENERAZIONE DI IMMAGINI RENDERIZZATE**

## INTRODUZIONE

Spacely AI è una piattaforma di renderizzazione che utilizza l'intelligenza artificiale generativa per aiutare interior designer e studi ad aumentare la produttività su larga scala. Spacely AI riunisce un team di fondatori con una profonda esperienza in e-commerce, real estate, interior design e intelligenza artificiale generativa. Spacely AI sfrutta le competenze del team di sviluppo per creare soluzioni che migliorano i processi di progettazione e l'efficienza nel campo dell'interior design.

## INTERFACCIA



L'interfaccia di Spacely AI è progettata per facilitare la creazione e la gestione di contenuti generati dall'intelligenza artificiale, principalmente per l'industria del design degli interni. Generalmente, l'interfaccia ha un aspetto intuitivo con diverse funzionalità chiave:

**Dashboard Laterale:** Fornisce una visione d'insieme dei progetti, strumenti e risorse disponibili.

**Sezione di Generazione di Contenuti:** Qui puoi inserire input come testi o para-

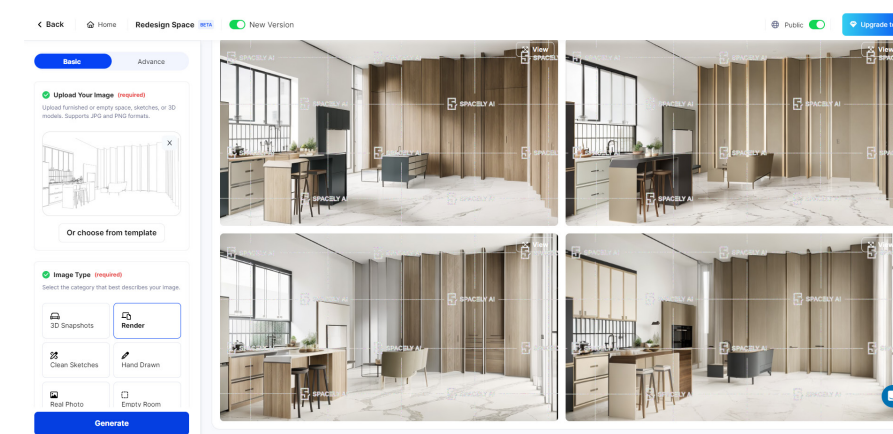
metri per generare immagini. Puoi anche utilizzare modelli predefiniti o personalizzare le tue creazioni.

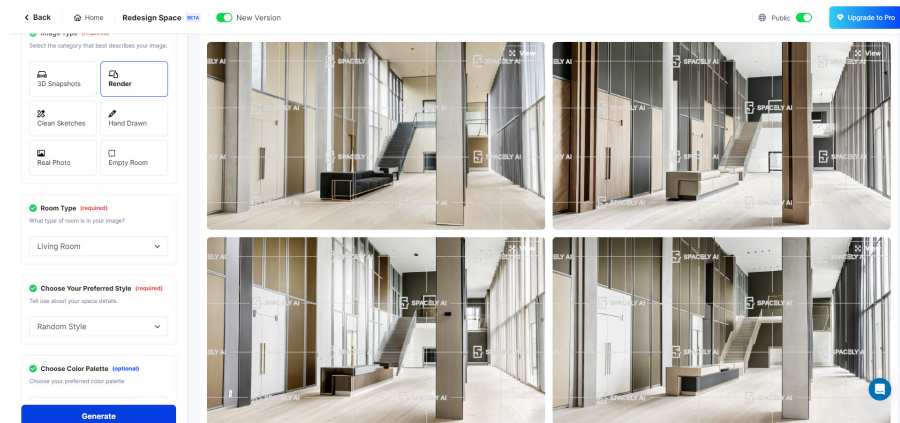
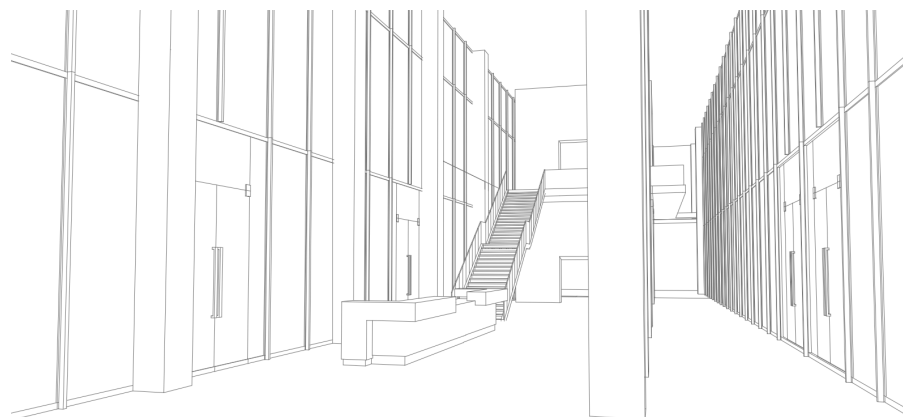
**Editor Interattivo:** Ti permette di rifinire i contenuti generati, con funzionalità di editing. Puoi modificare dettagli visivi, aggiungere effetti, e cambiare parametri di output.

**Collaborazione:** Permette di lavorare in team, con strumenti per commenti e revisioni.

**Integrazione API:** Può integrarsi con altre piattaforme tramite API, per importare o esportare contenuti in vari formati.

Le opzioni variano a seconda del piano di utilizzo scelto, quindi le funzionalità più avanzate potrebbero richiedere un piano premium.





### 🔍 OSSERVAZIONI

L'applicativo di rendering d'interni di Spacely AI presenta diversi aspetti critici. Uno dei principali limiti risiede nella creatività del design generato dall'intelligenza artificiale. Anche se le proposte risultano visivamente accattivanti, tendono a essere ripetitive e standardizzate, aderendo a modelli predefiniti che lasciano poco spazio all'innovazione e alla personalizzazione. Questo può risultare problematico per designer che cercano soluzioni fuori dagli schemi o che desiderano differenziare il proprio stile.

Inoltre, la qualità dei rendering può essere variabile. Se paragonata a software di rendering più specializzati come V-Ray o Corona Renderer, l'intelligenza artificiale di Spacely AI può non raggiungere un livello di fotorealismo desiderato. La mancanza di un controllo preciso su parametri come l'illuminazione o i materiali rende difficile ottenere risultati di alta qualità, soprattutto in progetti di interior design complessi.

La performance dell'applicativo è fortemente dipendente dalla potenza di calcolo disponibile. Su dispositivi meno performanti, i tempi di elaborazione dei rendering possono essere piuttosto lunghi, rallentando la produttività, specialmente

quando ci sono scadenze stringenti da rispettare.

Un altro aspetto da considerare è il supporto limitato a determinati stili di design. Anche se Spacely AI offre una gamma piuttosto ampia di modelli predefiniti, non tutti i tipi di design d'interni sono ben rappresentati. I designer che lavorano su progetti specifici o di nicchia potrebbero non trovare soluzioni sufficientemente dettagliate o adeguate alle loro necessità.

Un ulteriore svantaggio è il costo delle funzionalità più avanzate. Sebbene Spacely AI offra molte opzioni, l'accesso a strumenti di livello superiore, come l'integrazione di modelli 3D complessi o l'esportazione di contenuti di altissima qualità, richiede abbonamenti premium costosi. Questo può renderlo meno accessibile per freelance o piccole imprese con budget limitati.

Infine, l'integrazione con altri software di design e architettura non è sempre perfetta. Sebbene alcune opzioni di integrazione siano disponibili, la compatibilità con tutti i software più utilizzati sul mercato può essere limitata, riducendo la flessibilità del workflow per molti professionisti.

3.2.4

# Trimble Skp Diffusion

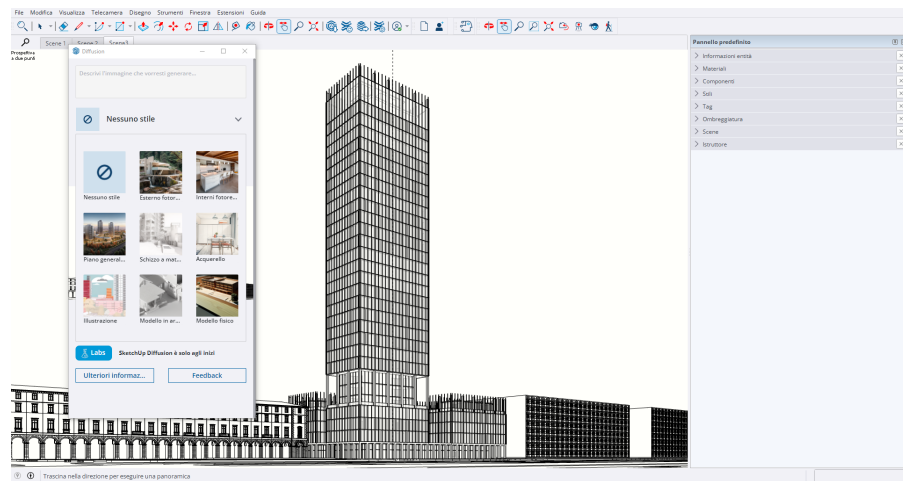


- ACCESIBILITA' / ABBONAMENTO
- AMBIENTE DI LAVORO / PLUGIN SKETCHUP
- INTEROPERABILITA' / SUITE TRIMBLE
- SVILUPPATORE / TRIMBLE
- SITO / [HTTPS://SKETCHUP-DIFFUSION](https://sketchup-diffusion.com)
- INPUT / MODELLO 3D
- OUTPUT / GENERAZIONE DI IMMAGINI RENDERIZZATE

## INTRODUZIONE

SketchUp Diffusion è un plugin che integra l'intelligenza artificiale generativa nella tipica interfaccia di SketchUp, software molto utilizzato negli studi di progettazione di interni e dagli studenti nonostante l'avvento del BIM. L'estensione Diffusion aiuta il progettista a contestualizzare il progetto in modo più accurato e completo attraverso rappresentazioni fotorealistiche, oppure semplicemente a esprimere in dettaglio una visione creativa unica attraverso viste con stilizzazioni diverse.

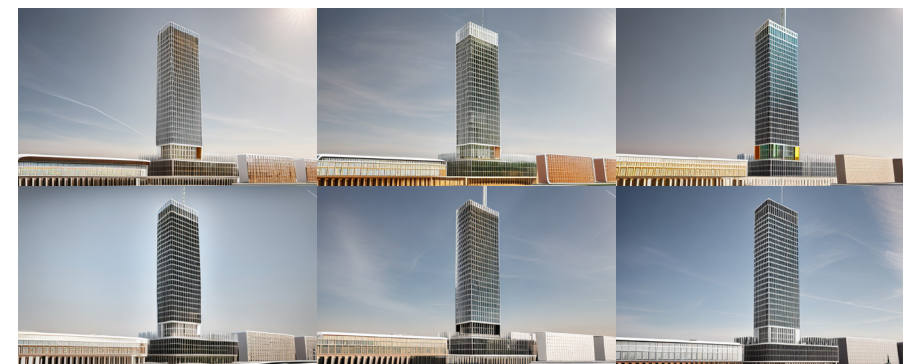
## UI INTERFACCIA



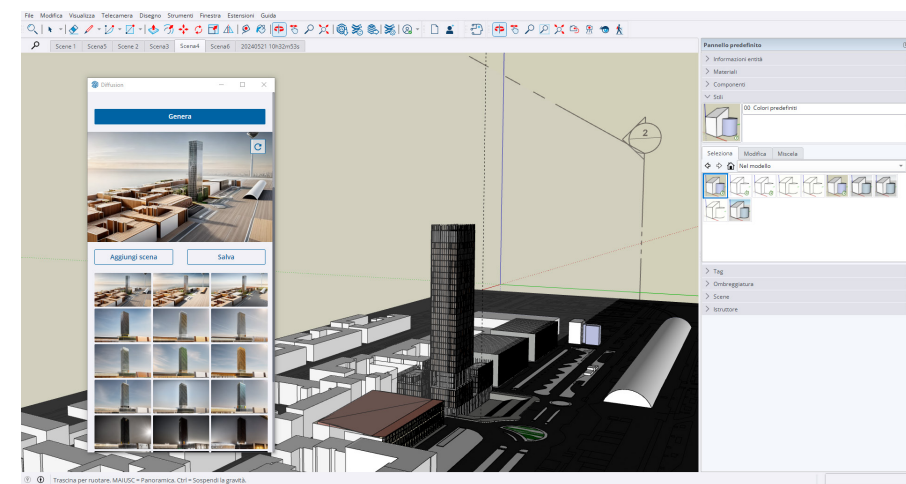
L'estensione rispetto alle altre concorrenti è molto essenziale e semplice; le opzioni disponibili in Diffusion consentono di inserire il prompt di testo, definire lo stile grafico delle immagini generate con le reti neurali avversarie scegliendo tra masterplan, esterni ed interni fotorealistici, schizzi e modellini plastici. Inoltre l'estensione consente di controllare il grado di influenza del prompt di testo

sull'output, sovrapporre l'output generato dall'intelligenza artificiale al tuo modello di SketchUp per creare una scena che potrà essere utile in seguito, e salvare e/o scaricare l'output generato dall'intelligenza artificiale per utilizzarlo in un secondo momento.

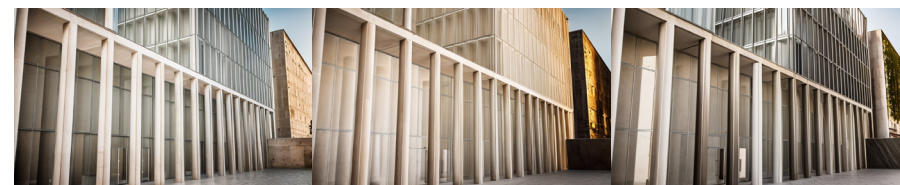
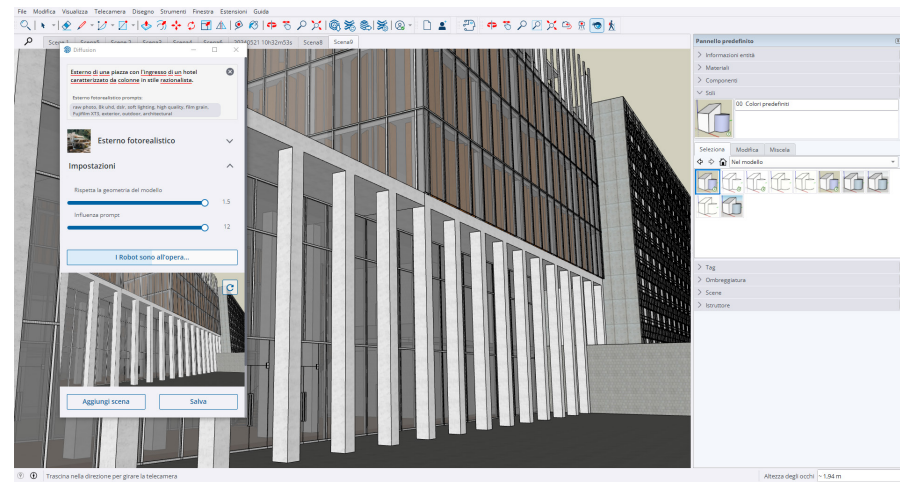
## IMMAGINI GENERATE CON LA FUNZIONE DI ESTERNI FOTOREALISTICI



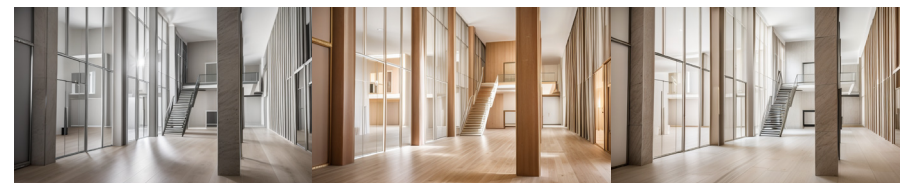
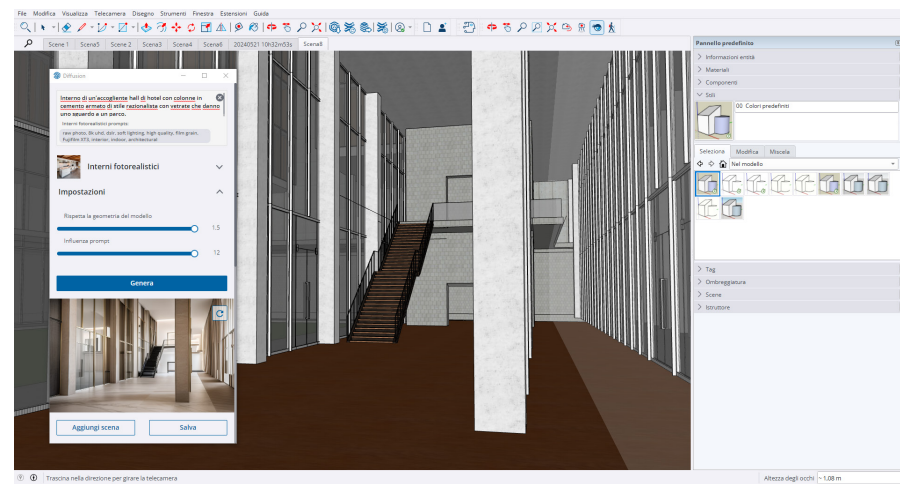
## IMMAGINI GENERATE CON LA FUNZIONE DEL "PIANO GENERALE"



### VISTA INGRESSO ESTERNO



### VISTA ATRIO



### OSSERVAZIONI

Le soluzioni fornite da Diffusion possono offrire una rapida concettualizzazione finale attraverso la scelta dei materiali, grazie a un modello già esistente. Tuttavia, la rete neurale e il dataset su cui si basano le generazioni delle viste sono ancora embrionali, generando viste di bassa qualità e distorte, risultando in un prodotto di scarsa qualità per una presentazione finale. Solitamente, a questo livello di progettazione, con un modello già presente, le idee di scelta dei materiali sono già predefinite, rendendo i render prodotti dal software uno spunto per le ultime modifiche finali. La finalità cambia con un modello di base o uno schizzo, che è possibile inserire e non troppo elaborato, che nelle fasi iniziali del progetto possono essere molto utili, indirizzando una generazione di immagini già condizionata dalle linee e forme a cui il progettista sta già riflettendo. Il risultato ottenuto per gli interni dimostra grandi opportunità e scelte, attribuendo uno stile desiderato nel prompt.

## 3.2.4



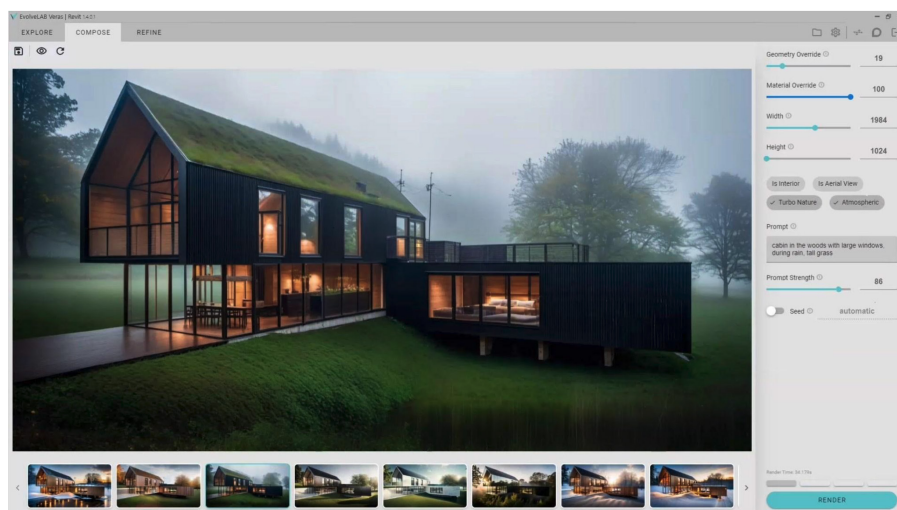
**ACCESIBILITA' /** ABBONAMENTO  
**AMBIENTE DI LAVORO /** APPLICATIVO PROPRIETARIO  
**INTEROPERABILITA' /** LIMITATA  
**SVILUPPATORE /** EVOLVE LAB  
**SITO /** [HTTPS://WWW.EVOLVELAB.IO/VERAS](https://www.evolve-lab.io/veras)

**INPUT /** MODELLO 3D  
**OUTPUT /** GENERAZIONE DI IMMAGINI RENDERIZZATE

### INTRODUZIONE

Veras è un software di rendering basato sull'intelligenza artificiale, sviluppato da EvolveLAB. È progettato per migliorare e automatizzare il processo di visualizzazione architettonica, consentendo agli utenti di generare immagini fotorealistiche dei loro modelli 3D in modo rapido ed efficiente. Veras si distingue per la sua capacità di prendere modelli BIM (Building Information Modeling) da software come Revit e di applicare automaticamente materiali, luci e altre caratteristiche visive, riducendo notevolmente il tempo necessario per creare rendering di alta qualità.

### INTERFACCIA



L'interfaccia di Veras è stata progettata per essere semplice e user-friendly, rendendo il processo di rendering accessibile anche a chi non ha esperienza con

software complessi di visualizzazione. Ecco come funziona:

Quando l'utente carica un modello 3D, Veras analizza automaticamente i dati BIM, estraendo informazioni come materiali, geometrie, luci e ombre. La sua interfaccia permette di selezionare rapidamente le opzioni di rendering desiderate tramite un layout intuitivo.



L'utente può scegliere tra diverse impostazioni di scena, luci e materiali, senza dover configurare manualmente parametri complessi. Veras applica automaticamente questi elementi al modello 3D, utilizzando l'intelligenza artificiale per ottimizzare la qualità dell'immagine. È possibile visualizzare l'anteprima del rendering in tempo reale, apportare modifiche rapide e generare rendering fotorealistici in pochi passaggi.

L'interfaccia include anche opzioni per l'esportazione del rendering finale, con possibilità di scegliere tra vari formati di output. Il tutto avviene in modo semplificato, riducendo il tempo necessario per creare visualizzazioni di alta qualità rispetto ai metodi di rendering tradizionali.

La forza di Veras risiede nella sua capacità di semplificare il processo di rendering, trasformando modelli BIM tecnici in visualizzazioni realistiche senza richiedere una conoscenza approfondita del rendering tradizionale. L'intelligenza artificiale

gioca un ruolo cruciale, interpretando il modello 3D e applicando in modo intelligente texture, illuminazioni e altre impostazioni di scena per ottenere risultati realistici. Veras è particolarmente utile per gli architetti e i progettisti che desiderano visualizzare rapidamente i loro progetti e condividere rappresentazioni di alta qualità con i clienti o i team di lavoro.



dalle linee e forme a cui il progettista sta già riflettendo. Il risultato ottenuto per gli interni dimostra grandi opportunità e scelte, attribuendo uno stile desiderato nel prompt.

#### OSSERVAZIONI

Le soluzioni fornite da Diffusion possono offrire una rapida concettualizzazione finale attraverso la scelta dei materiali, grazie a un modello già esistente. Tuttavia, la rete neurale e il dataset su cui si basano le generazioni delle viste sono ancora embrionali, generando viste di bassa qualità e distorte, risultando in un prodotto di scarsa qualità per una presentazione finale. Solitamente, a questo livello di progettazione, con un modello già presente, le idee di scelta dei materiali sono già predefinite, rendendo i render prodotti dal software uno spunto per le ultime modifiche finali. La finalità cambia con un modello di base o uno schizzo, che è possibile inserire e non troppo elaborato, che nelle fasi iniziali del progetto possono essere molto utili, indirizzando una generazione di immagini già condizionata

3.2.4



- ACCESIBILITA' / LIMITATA, FASE BETA
- AMBIENTE DI LAVORO / WEB BROWSER
- INTEROPERABILITA' / CON SOFTWARE BIM
- SVILUPPATORE / SWAPP AI
- SITO / [HTTPS://WWW.SWAPP.AI/](https://www.swapp.ai/)
- INPUT / MODELLO BIM
- OUTPUT / GENERAZIONE DI ELABORATI ARCHITETTONICI

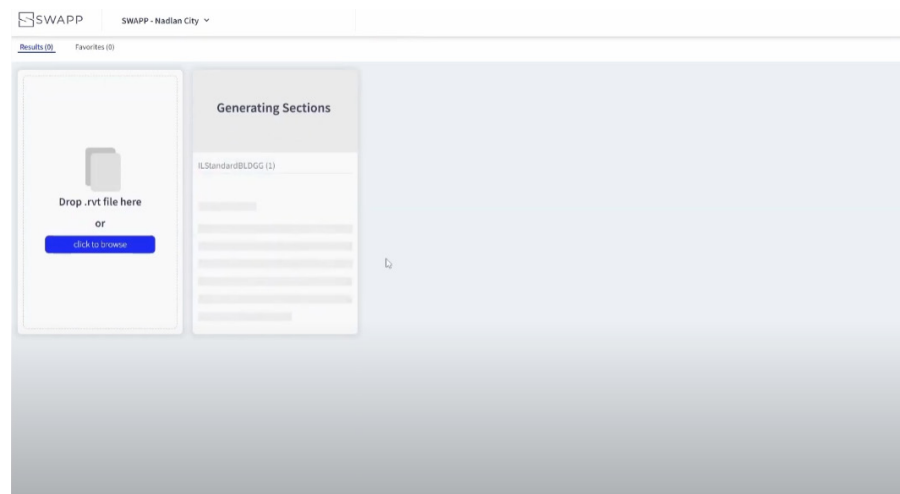
INTRODUZIONE

Swapp è una piattaforma di progettazione architettonica basata sull'intelligenza artificiale e sull'analisi dei dati, progettata per ottimizzare il processo di intavolazione degli elaborati.

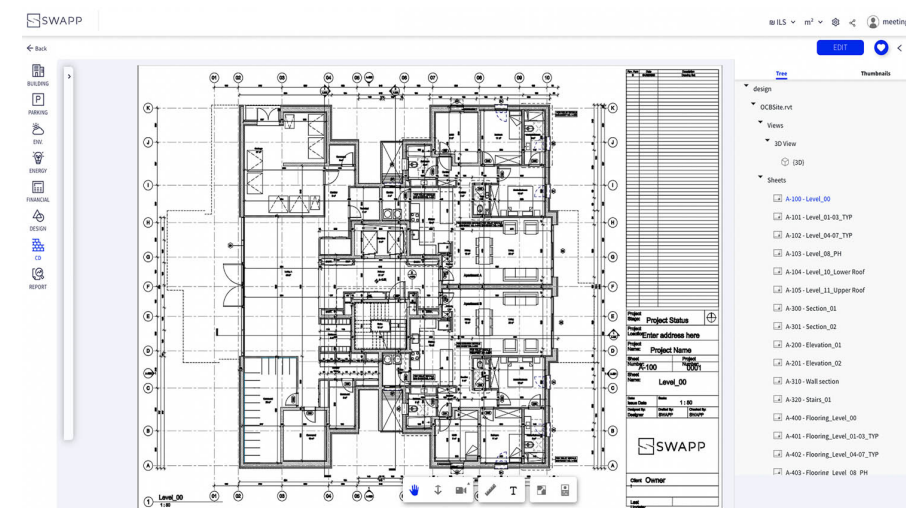
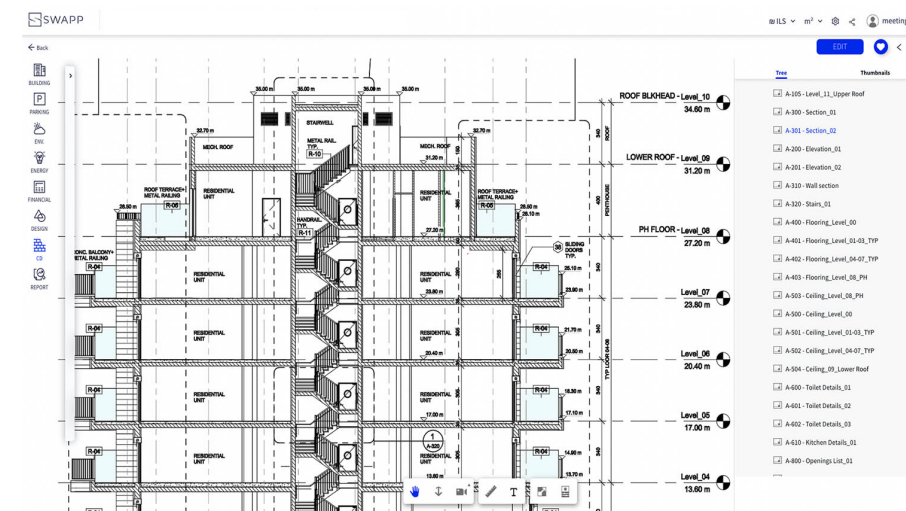
Swapp analizza il portafoglio progetti di uno studio di architettura, estrae le abitudini di design e le pratiche di annotazione dai documenti. Questi dati vengono utilizzati per sviluppare e mantenere set di regole e algoritmi personalizzati. I sistemi di Swapp applicano queste regole per automatizzare la creazione e l'annotazione della documentazione architettonica per i nuovi progetti, raggiungendo il massimo livello di dettaglio.

In sintesi l'applicativo mira a semplificare e migliorare il processo finale di produzione della documentazione architettonica attraverso l'uso di algoritmi intelligenti e modelli predittivi.

UI INTERFACCIA



Tra tutti gli applicativi probabilmente Swapp ha l'interfaccia più intuitiva e semplice anche in relazione all'output che deve svolgere, ovvero la creazione di file pdf. Attraverso il web browser è necessario importare il file revit e Swapp analizzerà automaticamente il modello esportando la documentazione richiesta.



OSSERVAZIONI

Sebbene Swapp possa non essere adatto per progetti complessi come quelli di architetti di fama mondiale, è altamente efficace per edifici più prevedibili e regolari, come unità residenziali, alloggi per studenti e alcuni uffici. Per questi tipi di edifici, Swapp può completare in pochi minuti quello che potrebbe richiedere giorni o settimane con metodi tradizionali. Dall'altro lato, Swapp esporta con stili di stampa predefiniti, adottando un approccio più tecnico e pratico, e riducendo la varietà di elaborati rispetto a quelli più complessi, come le tavole di concorso.

3.3.0

# In SINTESI

## APPLICATIVI TEXT TO IMAGE



APPLICATIVO	SOFTWARE HOUSE	DESCRIZIONE	INTEROPERABILITÀ	VANTAGGI	SVANTAGGI	OUTPUT
DALL-E 3	Open AI	Generazione immagini tramite prompt di testo	Limitata, è compatibile con una varietà di strumenti e formati, ma potrebbe necessitare di ulteriori passaggi per una completa integrazione nei flussi di lavoro professionali.	Genera immagini uniche a "allucinate" partire da descrizioni testuali, è facile da usare e produce risultati rapidi in una vasta gamma di stili.	Qualità variabile delle immagini, controllo limitato sui dettagli, risultati imprevedibili, prompt difficile da maneggiare, restrizioni sui temi sensibili, dipendenza dalla connessione internet, costi elevati per usi intensivi, e problemi con la riproduzione di stili protetti da copyright.	
MIDJOURNEY	Leap Motion	Generazione immagini tramite co-pilota	Nulla, è ben integrato con Discord e offre un'agevole esportazione delle immagini, ma ha limitazioni all'integrazione diretta con altri strumenti professionali e può non essere ideale per tutti gli utenti.	Crea immagini artistiche e dettagliate basate su descrizioni testuali, è particolarmente efficace per stili visivi unici e creativi, e offre un'interfaccia intuitiva con un co-pilota che segue l'utente e accessibile tramite Discord.	La qualità delle immagini può variare, servizio a pagamento, il controllo sui dettagli specifici è limitato, e il servizio è accessibile principalmente tramite Discord, che può non essere ideale per tutti gli utenti.	
STABLE DIFFUSION	CompVis group LMU Munich	Generazione immagini tramite prompt	Stable Diffusion è altamente interoperabile grazie alla sua natura open-source e alla capacità di integrarsi con vari strumenti e flussi di lavoro, anche se richiede risorse locali per l'esecuzione.	Genera immagini ad alta qualità, personalizzabili da descrizioni testuali e incredibilmente realistici, è open-source e può essere eseguito localmente, offrendo maggiore controllo e flessibilità.	Richiede risorse computazionali elevate, può avere una curva di apprendimento ripida, e i risultati possono variare in base alla configurazione e ai dati di addestramento e all'abilità dell'utente di interpolare i dati.	

PARTE TRE | APPLICATIVI IA

PARTE TRE | APPLICATIVI IA



## APPLICATIVI AI DRIVEN SIMULATION TOOLS

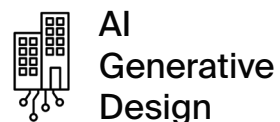


APPLICATIVO	SOFTWARE HOUSE	DESCRIZIONE	INTEROPERABILITÀ	VANTAGGI	SVANTAGGI	OUTPUT
FORMA	Autodesk Inc.	<p>Piattaforma di progettazione architettonica che utilizza l'intelligenza artificiale e la modellazione generativa per ottimizzare il design degli edifici, migliorando l'efficienza, la sostenibilità e l'integrazione con altri strumenti Autodesk.</p>	<p>Autodesk Forma è progettato per lavorare in modo fluido con altri strumenti Autodesk e supporta formati di file comuni, facilitando l'integrazione e la collaborazione in progetti complessi.</p>	<p>Ottimizza il design architettonico con strumenti avanzati di modellazione e analisi basati su AI, migliora l'efficienza progettuale e la sostenibilità, e offre integrazione fluida con altri software Autodesk.</p>	<p>Può richiedere una curva di apprendimento significativa, potrebbe essere costoso per piccole aziende o studi, e le sue funzionalità avanzate potrebbero non essere necessarie per tutti i progetti.</p>	
PROJECT REFINERY	Autodesk Inc.	<p>Project Refinery è un'estensione di Autodesk per Dynamo che utilizza algoritmi generativi per ottimizzare i progetti architettonici e ingegneristici. Permette di esplorare e migliorare automaticamente varie soluzioni progettuali, basate su criteri come efficienza e costi, per aiutare a prendere decisioni più informate.</p>	<p>Refinery è fortemente interoperabile con altri strumenti Autodesk, in particolare Dynamo e Revit, ma la sua integrazione con software esterni potrebbe richiedere processi intermedi.</p>	<p>Project Refinery consente di esplorare numerose soluzioni progettuali grazie alla sua capacità di ottimizzazione generativa. Utilizza algoritmi evolutivi per migliorare le prestazioni del design basandosi su criteri definiti dall'utente, permettendo di ottenere soluzioni ottimali in meno tempo. Facilita inoltre la sperimentazione creativa e aiuta a prendere decisioni più informate, basate su dati concreti e simulazioni.</p>	<p>Non è immediato da utilizzare, richiedendo competenze in Dynamo e programmazione visiva per sfruttare appieno le sue funzionalità. Per utenti non esperti, la curva di apprendimento può essere ripida. Inoltre, l'implementazione di algoritmi evolutivi può risultare complessa e dispendiosa in termini di risorse computazionali.</p>	
GIRAFFE	Giraffe Technology Pty Ltd	<p>Giraffe AI è una piattaforma di urban planning che utilizza intelligenza artificiale per creare e simulare rapidamente progetti urbani, facilitando la collaborazione e ottimizzando il processo di progettazione e decisionale.</p>	<p>Giraffe AI garantisce interoperabilità grazie alla compatibilità con formati standard come DWG e DXF, consentendo l'integrazione con software come AutoCAD e Revit. La piattaforma cloud facilita la collaborazione in tempo reale e l'integrazione nei flussi di lavoro esistenti.</p>	<p>Giraffe AI facilita la progettazione urbana con l'uso di intelligenza artificiale, migliorando l'efficienza e la precisione nella creazione e simulazione di progetti urbani. Supporta la collaborazione in tempo reale e l'integrazione con strumenti di design esistenti grazie alla compatibilità con formati standard come DWG e DXF.</p>	<p>Potrebbe richiedere una curva di apprendimento per gli utenti nuovi e potrebbe non essere adatta per progetti molto complessi o specifici che richiedono personalizzazioni dettagliate. La dipendenza dalla piattaforma cloud può anche rappresentare un problema in ambienti con connettività limitata.</p>	

PARTE TRE | APPLICATIVI IA

PARTE TRE | APPLICATIVI IA

## APPLICATIVI AI GENERATIVE DESIGN



APPLICATIVO	SOFTWARE HOUSE	DESCRIZIONE	INTEROPERABILITÀ	VANTAGGI	SVANTAGGI	OUTPUT
ARCHIGAN	Stanis Chainlou	Strumento di design generativo che utilizza GAN per generare planimetrie architettoniche basate su dati di input.	Limitata, può richiedere passaggi intermedi per l'integrazione completa.	Genera soluzioni innovative e ottimizzate; basato su intelligenza artificiale avanzata.	Limitato da dataset e modelli predefiniti; dipende dalla qualità dei dati di addestramento.	
A-SPACE	Aspace.co	Strumento per la generazione automatica di planimetrie che ottimizza la disposizione degli spazi in base a parametri e preferenze definite.	Non compatibile con planimetrie molto piccole o grandi; esporta in formati DWG o DXF.	Ottimizza la distribuzione degli spazi e permette un risparmio di tempo; esporta facilmente in formati comuni.	limitato a determinate dimensioni di planimetrie; mancanza di dataset per evitare errori comuni.	
FINCH 3D	Finch IA	Piattaforma di design che utilizza AI e grafi per ottimizzare e migliorare i progetti architettonici, con focus su flessibilità e personalizzazione.	Supporta l'esportazione di file in formati comuni; si integra con strumenti di design tramite API.	Elevata personalizzazione e ottimizzazione dei progetti; supporta vari formati di file e API.	Richiede risorse computazionali elevate; può avere una curva di apprendimento per nuove funzionalità.	
HYPAR	Hypar IA	Piattaforma di design generativo che automatizza la creazione di modelli architettonici e offre ottimizzazione per vari parametri di design.	Compatibile con software BIM e CAD tramite API; supporta l'esportazione di modelli in formati standard.	Facilita la creazione automatica di modelli; utilizza un sistema basato su cloud per accesso e collaborazione.	Dipendenza dalla connessione internet; può essere complesso da configurare per utenti inesperti.	

PARTE TRE | APPLICATIVI IA

PARTE TRE | APPLICATIVI IA

## APPLICATIVI IMAGE TO IMAGE



APPLICATIVO	SOFTWARE HOUSE	DESCRIZIONE	INTEROPERABILITÀ	VANTAGGI	SVANTAGGI	OUTPUT
ADOBE FIREFLY	Adobe	Strumento di generazione creativa basato su intelligenza artificiale per creare immagini, video, e altri contenuti digitali.	Si integra bene con la suite Adobe e supporta i principali formati di file di design.	Grande integrazione con gli strumenti Adobe; facile da usare; adatto per creativi.	Limitato al contesto della suite Adobe; prestazioni dipendenti dalle risorse computazionali.	
SPACELY AI	Replicate	Applicativo AI per generare soluzioni di interior design ottimizzate in base a spazi e preferenze.	Esporta in formati di file comuni come DWG e DXF; compatibile con software di progettazione.	Automatizza la progettazione di interni; risparmio di tempo; supporta l'ottimizzazione dello spazio.	Limitato nelle funzionalità rispetto ad applicazioni di design più avanzate.	
SKETCHUP DIFFUSION	Trimble	Strumento di design generativo integrato con SketchUp che utilizza AI per generare modelli architettonici.	Integra perfettamente con SketchUp e supporta i principali formati 3D e CAD.	Utilizza AI per generare e ottimizzare rapidamente modelli 3D; facilità d'uso grazie all'integrazione con SketchUp.	Richiede competenze AI e una buona conoscenza di SketchUp per sfruttarne appieno le funzionalità.	
VERAS	Evolve Lab	Strumento di rendering basato su AI che aiuta a creare visualizzazioni architettoniche fotorealistiche.	Supporta l'esportazione in formati di file di rendering comuni; si integra con vari software di rendering.	Genera rendering realistici rapidamente; sfrutta l'intelligenza artificiale per migliorare i risultati visivi.	Potenziale dipendente da hardware potente; può avere costi elevati per licenze professionali.	
SWAPP	Swapp	Piattaforma che utilizza AI per automatizzare la creazione di documentazione architettonica basata su progetti precedenti.	Si integra con Revit e altri strumenti BIM, esporta in formati di progettazione standard.	Automatizza la produzione di documentazione dettagliata; ottimizza i flussi di lavoro architettonici.	Limitato a progetti standard; potrebbe non essere adatto per progetti complessi e unici.	

PARTE TRE | APPLICATIVI IA

PARTE TRE | APPLICATIVI IA

# 04.

## Conclusioni

PARTE QUATTRO/  
CONCLUSIONI

PAGINE/  
4

SOTTOCAPITOLI/  
//



# Controversie

Durante il mio percorso di ricerca in questo ambito, ho esaminato numerosi articoli e testi accademici che mi hanno esposto a diverse riflessioni critiche sul tema, dando vita a un dibattito significativo tra i sostenitori e i detrattori dell'uso dell'IA. L'introduzione dell'apprendimento profondo e delle reti neurali, capaci di generare contenuti illimitati in pochi secondi e di automatizzare processi lavorativi, ha suscitato una vasta gamma di opinioni, sollevando questioni di natura etica, sociale e tecnologica.

Una delle principali preoccupazioni riguarda l'impatto sull'economia, con il rischio che l'automazione possa causare la perdita di posti di lavoro e amplificare le disuguaglianze.

La questione della privacy è altrettanto centrale, poiché l'IA spesso richiede grandi quantità di dati, sollevando interrogativi sulla loro gestione e sul controllo sociale. Inoltre, l'impatto dell'IA sulla creatività e sull'autenticità è oggetto di dibattito, con il timore che possa sostituire o banalizzare la creatività umana. Anche l'uso dell'IA per creare contenuti falsi e ingannevoli, come i deepfake, e lo sviluppo di armi autonome contribuiscono ad alimentare queste preoccupazioni.

Esistono anche discussioni sulla vera natura dell'IA e sul suo ruolo nei processi decisionali, con alcuni timori riguardo lo sviluppo di un'IA autonoma che potrebbe superare l'intelligenza umana. L'aumento dell'interazione tra IA e esseri umani potrebbe portare a una maggiore dipendenza tecnologica, influenzando la capacità di decisione e comunicazione delle persone.

L'IA offre grandi opportunità, ma presenta anche notevoli rischi. La controversia deriva dalla necessità di bilanciare i benefici con le sfide etiche, sociali ed economiche, garantendo un uso responsabile e vantaggioso per tutti.

## ANALOGIE CON IL PASSATO

L'intelligenza artificiale (IA) presenta alcune analogie con tecnologie del passato che hanno attraversato fasi di controversia simili, superandole nel tempo. All'inizio del XX secolo, l'automazione e la meccanizzazione dei processi produttivi, con l'introduzione delle macchine a vapore e dei nastri trasportatori, suscitavano timori di disoccupazione e di drastici cambiamenti nel lavoro. Come avviene oggi con l'IA, queste innovazioni erano percepite come minacce per l'occupazione e potenziali cause di disuguaglianza economica. Tuttavia, nel tempo, l'automazione ha portato a nuove opportunità lavorative, incrementando la produttività e trasformando il panorama lavorativo con la creazione di nuove forme di impiego e industrie.

Negli anni '90 e nei primi anni 2000, l'espansione di Internet e la digitalizzazione provocarono timori riguardo alla privacy, alla sicurezza dei dati e agli effetti sulla comunicazione umana. Le stesse preoccupazioni etiche e di sicurezza che emergono oggi con l'IA erano al centro dei dibattiti sul cambiamento sociale indotto da Internet. Con il passare del tempo, si è assistito all'implementazione di regolamentazioni e strumenti volti a proteggere la privacy e migliorare la sicurezza, con Internet che è diventato una componente essenziale della vita quotidiana.

L'avvento della televisione suscitò preoccupazioni riguardo alla qualità dei conte-

nuti, alla manipolazione dell'opinione pubblica e all'impatto sulla cultura. L'introduzione di questa tecnologia portò a timori di passività culturale e manipolazione dei consumatori. Col tempo, meccanismi di regolamentazione e di educazione mediatica sono stati sviluppati per affrontare questi problemi, trasformando la televisione in una piattaforma cruciale per l'informazione e l'intrattenimento.

Le scoperte nel campo della genetica e delle biotecnologie, come il sequenziamento del DNA e la clonazione, hanno sollevato questioni etiche e morali, riguardanti la privacy genetica e i potenziali usi impropri di tali tecnologie. Con l'evoluzione delle biotecnologie, normative e linee guida sono state adottate per garantire un uso etico e sicuro di queste innovazioni, con un crescente impegno sulla regolamentazione e l'etica.

In tutti questi casi, le tecnologie inizialmente controverse sono state integrate gradualmente nella società attraverso l'adozione di regolamentazioni, miglioramenti tecnologici e una maggiore comprensione dei loro effetti. L'IA, come queste tecnologie precedenti, potrebbe superare le sue fasi di controversia attraverso un'attenta regolamentazione che molti paesi stanno già adottando.

## LIMITAZIONI E REGOLAMENTAZIONI

L'Unione Europea (UE) ha una posizione articolata sull'uso dell'intelligenza artificiale (IA), concentrandosi sulla promozione di un'IA etica, trasparente e incentrata sull'uomo. Le istituzioni europee riconoscono l'importanza dell'IA per l'innovazione, la crescita economica e la competitività globale, ma sono anche consapevoli dei rischi associati alla sua adozione, come le potenziali violazioni della privacy, i bias algoritmici e gli impatti sul mercato del lavoro. Uno degli elementi chiave della politica europea è la proposta di regolamento sull'IA, conosciuta come "AI Act", presentata dalla Commissione Europea nell'aprile 2021. Questo regolamento mira a stabilire un quadro normativo per l'IA, classificando le applicazioni dell'IA in base al rischio. Le applicazioni a rischio elevato, come quelle utilizzate in ambiti critici come la sanità, i trasporti e la giustizia, saranno soggette a requisiti più stringenti in termini di trasparenza, sicurezza e supervisione umana. Al contrario, le applicazioni a basso rischio saranno soggette a meno regolamentazioni. L'UE cerca di mantenere un equilibrio tra regolamentazione e innovazione, cercando di evitare che norme troppo rigide possano soffocare lo sviluppo tecnologico. L'obiettivo è creare un ambiente in cui l'IA possa prosperare in modo responsabile, fornendo benefici alla società europea nel suo complesso senza compromettere i diritti fondamentali e i valori democratici.

Come avviene con ogni progresso tecnologico, non esiste una risposta univoca su un uso giusto o sbagliato; è fondamentale prendere consapevolezza dei rischi e dei vantaggi, adottando un approccio responsabile e senza eccessi. Non dobbiamo considerare l'Intelligenza Artificiale come una nuova forma di vita esoterica che sfugge alle questioni morali. Dovremmo invece trattarla per ciò che realmente è: "uno strumento che, per ogni settore, dovrebbe essere valutato serenamente, considerando quanto migliora il nostro modo di operare rispetto ai metodi tradizionali"<sup>81</sup>.

CRITICITÀ  
SULL'USO

POSIZIONE  
DELL'UE

GIUSTO O  
SBAGLIATO

LA STORIA SI  
RIPETE

[80.] «AI Act: il regolamento europeo 1689/2024 in Gazzetta Ufficiale», 12 luglio 2024, <https://www.diritto.it/regolamento-ia-approvato-accordo-provisorio-ue/>.

[81.] «Intelligenza artificiale (Stefano Quintarelli, Claudia Giulia Ferrauto etc.).pdf», s.d.

## OBSOLESCENZA.

Un'altro aspetto importante che ho riscontrato è la velocità con la quale questa tecnologia sta progredendo in modo tale che con il ritmo di ogni mese vengono scoperti nuovi modelli e architetture dalle grandi aziende come NVIDIA e OpenAI. Alcune reti neurali stanno già diventando obsoleti rapidamente per una serie di ragioni legate alla velocità dell'innovazione tecnologica e ai limiti intrinseci delle attuali architetture. Il campo dell'IA è in continua evoluzione, con nuove tecniche, modelli e algoritmi che si sviluppano a un ritmo accelerato, il che comporta che le tecnologie all'avanguardia oggi possano rapidamente diventare superate con l'emergere di soluzioni più efficienti o sofisticate. I modelli di IA, in particolare quelli basati sull'apprendimento profondo, richiedono una potenza computazionale sempre maggiore; di conseguenza, le infrastrutture esistenti possono diventare inadeguate o troppo costose da mantenere, spingendo verso l'adozione di tecnologie più recenti. L'efficacia di molti modelli di IA è strettamente legata alla qualità e all'aggiornamento continuo dei dati su cui si basano. Tuttavia, con il rapido cambiamento dei contesti sociali, economici e tecnologici, i dati possono diventare obsoleti, riducendo l'efficacia dei modelli. Inoltre, l'emergere di nuovi paradigmi, come il quantum computing e l'intelligenza artificiale basata su reti neurali più avanzate o su approcci innovativi, potrebbe rendere obsolete le soluzioni attuali, promettendo miglioramenti significativi in termini di velocità, efficienza e capacità. A tutto ciò si aggiunge il crescente scrutinio etico e regolamentare cui l'IA è sottoposta; i modelli che non soddisfano gli standard etici o le normative emergenti rischiano di diventare rapidamente inaccettabili o obsoleti dal punto di vista legale e sociale. Infine è fondamentale rimanere aggiornati sulle ultime tendenze e sviluppi, poiché il campo dell'IA in architettura continua a evolversi con nuove tecnologie e approcci emergenti in modo esponenziale rendendo ben presto obsolete tecnologie odierne e il mio operato finora.

## RIFLESSIONI FINALI.

Gli strumenti di IA basati sul Machine Learning, a esclusione delle Artificial General Intelligence, sono destinati ad accelerare l'impiego di evidenze basate sui dati per migliorare la precisione del disegno. Questi strumenti offrono agli architetti una comprensione più profonda delle prestazioni progettuali in tutte le loro dimensioni, innalzando le aspettative sui risultati. Di conseguenza, è possibile dedicare una parte maggiore del processo progettuale dedicandola agli aspetti più creativi, come discusso nei capitoli precedenti. La professione ha la possibilità di considerare queste opportunità come un vantaggio o una minaccia per la propria autonomia<sup>82</sup>. Nonostante la mia formazione accademica tradizionale, che mi ha permesso di maturare un pensiero consolidato, accolgo con favore il cambiamento e il progresso, riconoscendo il valore di questa nuova e controversa tecnologia. Tuttavia, ne rifiuto l'impiego nella fase ideativa, la quale attualmente viene ampiamente utilizzata da molti progettisti. Prediligo invece un approccio simile a quello dei Coop Himmelblau, che mira a creare una sinergia tra l'intelligenza umana e quella artificiale, piuttosto che affidarsi esclusivamente all'automazione. L'uso delle GAN o di applicativi di "text to image", che generano una miriade di immagini di architetture "allucinate", mi ha spinto a una riflessione critica che ritengo importante far emergere. Osservando questa moltitudine di immagini, mi sono trovato di fronte a gusci vuoti, privi di quell'interesse che solitamente si accende in me quando leggo articoli o esamino tavole di concorsi relativi a edifici architettonici reali. Questa introspezione mi ha riportato, almeno in parte, alla domanda fondamentale su cosa sia la bellezza di un'opera. Durante la stesura del testo, mi sono imbattuto in una frase di un capitolo di un libro intitolato "Twenty Buildings Every Architect Should Understand (20 Edifici che ogni architetto dovrebbe comprendere)", dove nell'introduzione è spiegato come comprendere e apprezzare l'architettura. "You cannot understand architecture merely by looking at photographs. You cannot understand architecture by only reading words. Yet many books on architecture have only words or photographs. The only way to understand architecture is through the medium used in its creation-drawing"<sup>83</sup>. La frase di Simon Unwin cattura l'essenza della bellezza nell'opera architettonica: non è l'edificio in sé a renderlo bello, ma piuttosto il pensiero che lo sottende, il disegno e i processi logici che conducono alla creazione di quella forma. E se la bellezza di un'opera risiedesse più nel suo processo che nel risultato finale? Forse è questa la ragione per cui quelle migliaia di immagini generate ci appaiono come gusci vuoti, privi della profondità propria delle vere opere architettoniche. Il progetto del grattacielo è il frutto di una ricerca incessante che, durante l'atelier, ha perseguito la riscoperta di quelle forme perdute della città attraverso la ripetuta iterazione del disegno. Un esempio emblematico di tale approccio è Casa Aurora di Aldo Rossi: una casa concepita per la città di Torino, che rievoca elementi della tradizione architettonica, come la continuità del porticato, l'angolo secato di Palazzo Trucchi e le suggestioni del Theatrum Sabaudiae, seguendo le lezioni dei suoi maestri<sup>84</sup>. Tutti questi processi, attraverso disegni e schizzi, conferiscono unicità alla struttura finale. Non è l'architettura in sé che ci affascina, ma piuttosto il pensiero logico che ha condotto alla sua creazione; ci innamoriamo dell'ingegno che ha dato vita a quella specifica forma architettonica, "è il procedimento stesso che fa

l'opera"<sup>85</sup>. È dunque cruciale riconoscere che, per quanto avanzata, l'intelligenza artificiale non può mai soppiantare l'umanità intrinseca del processo progettuale. La sua autentica potenzialità si manifesta nel momento in cui si integra in modo armonioso con la visione e l'intuizione dell'uomo, potenziando le capacità creative degli architetti senza mai sostituirle. La sfida futura non sarà solo quella di padroneggiare le tecnologie emergenti, ma di utilizzarle in modo consapevole e responsabile, rispettando l'etica e il contesto culturale in cui operiamo. L'intelligenza artificiale sarà il futuro del disegno come ormai lo è già in altre discipline che lo si voglia o meno. È un avvenimento che si ripete nella storia, inevitabile come è accaduto con il passaggio dal tecnografo al CAD e dal CAD al BIM con la differenza che questo cambiamento sarà sempre più un dialogo dinamico tra uomo e macchina. Sarà un'architettura che non solo risponde alle esigenze funzionali e estetiche, ma che anticipa e risponde alle sfide globali, dall'efficienza energetica alla sostenibilità ambientale. In questo contesto, l'intelligenza artificiale rappresenta un potente alleato nella ricerca di soluzioni innovative, ma il vero progresso risiederà nella nostra capacità di coniugare tecnologia e sensibilità umana, creando spazi che non solo rispondano alle esigenze del presente, ma che ispirino e arricchiscano le generazioni future. L'architettura, dunque, continua ad evolversi, e con essa la nostra comprensione e applicazione dell'IA. È un viaggio affascinante e complesso, che promette di trasformare il modo in cui viviamo e interagiamo con il mondo costruito. Resta ora a noi, come architetti e ricercatori, guidare questo cambiamento con saggezza e visione, affinché il futuro dell'architettura non sia solo tecnologicamente avanzato, ma profondamente umano e ispirato.



[83.] «Twenty Buildings Every Architect Should Understand (Simon Unwin).pdf», s.d., 21.

[84.] Aldo Rossi, «L'architettura della città (1966)», in Anthologie zum Städtebau. Band III: Vom Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg bis zur zeitgenössischen Stadt, a c. di Vittorio Magnago Lampugnani, Katia Frey, e Eliana Perotti (Gebr. Mann Verlag, 2023), 31, <https://doi.org/10.5771/9783786175247-273>.

[85.] Carlo Ravagnati, Dimenticare la città: pratiche analitiche e costruzioni teoriche per una prospettiva geografica dell'architettura (FrancoAngeli, 2008, s.d.).

# Ringraziamenti

Desidero esprimere la mia più profonda gratitudine a tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione di questa tesi.

In primo luogo, un ringraziamento speciale al mio relatore, Massimiliano Lo Turco, per la sua pazienza e guida. Grazie per avermi dato l'opportunità di esplorare un argomento complesso, che potrebbe avere un impatto significativo non solo sul mio futuro, ma anche sul mio sviluppo professionale. Le sue intuizioni e il suo supporto sono stati fondamentali per la riuscita di questo lavoro.

Un sentito grazie va anche agli architetti Jacopo Bono e Andrea Tomalini, che mi hanno fornito un prezioso supporto attraverso confronti costruttivi e spunti di approfondimento, contribuendo così alla crescita del testo e allo sviluppo della mia ricerca. La vostra generosità e il tempo dedicato sono stati estremamente utili.

Un grazie di cuore alla mia famiglia, agli amici e agli zii che mi hanno sostenuto in ogni momento con il loro amore incondizionato e la loro presenza.

Infine, desidero esprimere la mia sincera gratitudine a mio padre, che mi ha permesso di arrivare fin qui e con i suoi sacrifici non mi ha mai fatto mancare nulla. Il tuo ricordo e il tuo influsso rimarranno sempre con me, e questa tesi è un tributo alla tua memoria, grazie papà.

*A tutti voi, va il mio più sincero e affettuoso ringraziamento.*



///

# BIBLIOGRAFIA.

«2023-02-Understanding-Mass-Influence---A-case-study-of-Cambridge-Analytica.pdf». Consultato 15 gennaio 2024. <https://www.unsw.edu.au/content/dam/pdfs/unsw-adobe-websites/canberra/research/defence-research-institute/2023-02-Understanding-Mass-Influence---A-case-study-of-Cambridge-Analytica.pdf>.

Agkathidis, Asterios. *Generative Design. Form + Technique*. London: Laurence King Publishing, 2015.

«AI Act: il regolamento europeo 1689/2024 in Gazzetta Ufficiale», 12 luglio 2024. <https://www.diritto.it/regolamento-ia-approvato-accordo-provvisorio-ue/>.

Amaratunga, Thimira. *Understanding Large Language Models: Learning Their Underlying Concepts and Technologies*. Berkeley, CA: Apress, 2023. <https://doi.org/10.1007/979-8-8688-0017-7>.

«Architecture in the Age of Artificial Intelligence An introduction to AI for architects (Neil Leach).pdf», s.d.

Barrett, Enda, e Stephen Linder. «Autonomous HVAC Control, A Reinforcement Learning Approach». In *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases*, a cura di Albert Bifet, Michael May, Bianca Zadrozny, Ricard Gavaldà, Dino Pedreschi, Francesco Bonchi, Jaime Cardoso, e Myra Spiliopoulou, 9286:3-19. *Lecture Notes in Computer Science*. Cham: Springer International Publishing, 2015. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-23461-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-23461-8_1).

Bernstein, Phil. *Machine Learning: Architecture in the Age of Artificial Intelligence*. 1a ed. London: RIBA Publishing, 2022. <https://doi.org/10.4324/9781003297192>.

Biennale Tecnologia. «Costruire il futuro: l'Intelligenza Artificiale dalla teoria alla pratica». Consultato 12 luglio 2024. <https://www.biennaletecnologia.it/evento/costruire-il-futuro-lintelligenza-artificiale-dalla-teoria-alla-pratica/>.

Campo, Matias del, e Neil Leach, a c. di. *Machine Hallucinations: Architecture and Artificial Intelligence*. *Architectural Design Profile*, no 277. Oxford: John Wiley & Sons, 2022.

Casadei, Cristiano. «Reti convoluzionali». *maggiolidevelopers (blog)*, 4 novembre 2019. <https://www.developersmaggioli.it/blog/reti-convoluzionali/>.

Copeland, Michael. «What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning?» *NVIDIA Blog*, 29 luglio 2016. <https://blogs.nvidia.com/blog/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>.

«Cosa sono le reti neurali? | IBM». Consultato 18 febbraio 2024. <https://www.ibm.com/it-it/topics/neural-networks>.

«Cos'è il deep learning? | IBM». Consultato 22 gennaio 2024. <https://www.ibm.com/it-it/topics/deep-learning>.

Daniel Cardoso Llach & Fredy Fortich\_#07 & 08 ACC Lectures 2024 | FRONTIERS OF AI IN ARCHITECTURE, 2024. <https://www.youtube.com/watch?v=GdPsbqWBpkU>.

Dezeen. «Zaha Hadid Architects Developing “Most” Projects Using AI Images Says Patrik Schumacher», 26 aprile 2023. <https://www.dezeen.com/2023/04/26/zaha-hadid-architects-patrik-schumacher-ai-dalle-midjourney/>.

Econopoly. «Blog | Intelligenza artificiale, è partita la corsa ai profitti. Come investire?» *Econopoly*, 30 novembre 2023. <https://www.econopoly.ilsole24ore.com/2023/11/30/intelligenza-artificiale-come-investire/>.

«Enterprise AI For Dummies (Zachary Jarvinen).pdf», s.d.

European Commission. Directorate General for Communications Networks, Content and Technology. *Study on Quality in 3D Digitisation of Tangible Cultural Heritage: Mapping Parameters, Formats, Standards, Benchmarks, Methodologies, and Guidelines : Final Study Report*. LU: Publications Office, 2022. <https://data.europa.eu/doi/10.2759/471776>.

Gartner. «Gartner Hype Cycle Research Methodology». Consultato 7 agosto 2024. <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>.

Himmelb(l)au, Coop. «Method». *Coop Himmelb(l)au*. Consultato 29 giugno 2024. <https://coop-himmelblau.at/method/>.

«How the Brain Works», s.d.

«Huang e Zheng - 2018 - Architectural Drawings Recognition and Generation .pdf», s.d.

«Intelligenza artificiale (Stefano Quintarelli, Claudia Giulia Ferrauto etc.).pdf», s.d.

«Introduction to the Microclimate Analysis | Autodesk Forma Help Center». Consultato 11 aprile 2024. <https://help.autodeskforma.com/en/articles/6932531-introduction-to-the-microclimate-analysis>.

Jabi, Wassim. *Parametric Design for Architecture*. London: Laurence King Publishing, 2013.

Kabošová, Lenka, Angelos Chronis, Theodoros Galanos, e Dušan Katunský. «Leveraging Urban Configurations for Achieving Wind Comfort in Cities». In *Blucher Design Proceedings*, 79-90. online: Editora Blucher, 2021. <https://doi.org/10.5151/sigradi2021-70>.

Klingler, Nico. «Large Action Models: Beyond Language, Into Action». *viso.ai*, 24 maggio 2024. <https://viso.ai/deep-learning/large-action-models-beyond-language-into-action/>.

«Koehler - 2022 - Building Synthetic Data Sets or How to Learn from .pdf», s.d.

«Koehler - 2023 - More than anything Advocating for synthetic archi.pdf», s.d.

Liu, Faqiang, Hao Zheng, Songchen Ma, Weihao Zhang, Xue Liu, Yansong Chua, Luping Shi, e Rong Zhao. «Advancing Brain-Inspired Computing with Hybrid Neural Networks». *National Science Review* 11, fasc. 5 (3 aprile 2024): nwa066. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwae066>.

Lo Turco, Massimiliano. *Il BIM e la rappresentazione infografica nel processo edilizio : dieci anni di ricerche e applicazioni*. Ariccia (RM) : Aracne , 2015, s.d.

Lorenzo-Eiroa, Pablo, e Aaron Sprecher. «ARCHITECTURE IN FORMATION: ON THE NATURE OF INFORMATION IN DIGITAL ARCHITECTURE», s.d.

Mancini, Matteo Flavio, e Sofia Menconero. «AI-aided Design? Processi text-to-image per il disegno di architettura». *disegno*, fasc. 13 (31 dicembre 2023): 57-70. <https://doi.org/10.26375/disegno.13.2023.8>.

Mucci, Tim. «Getting Ready for Artificial General Intelligence with Examples». *IBM Blog*, 18 aprile 2024. <https://www.ibm.com/blog/artificial-general-intelligence-examples/www.ibm.com/blog/artificial-general-intelligence-examples>.

Patrik Schumacher. «Parametric Semiology – The Design of Information Rich Environments», 8 gennaio 2024. <https://patrikschumacher.com/2024/01/08/719/>.

Ploennigs, Joern, e Markus Berger. «AI Art in Architecture». *AI in Civil Engineering* 2, fasc. 1 (17 agosto 2023): 8. <https://doi.org/10.1007/s43503-023-00018-y>.

Ratti, Carlo, e Matthew Claudel. «The City of Tomorrow», s.d.

Ravagnati, Carlo. *Dimenticare la città: pratiche analitiche e costruzioni teoriche per una prospettiva geografica dell'architettura*. FrancoAngeli, 2008, s.d.

Refik Anadol Studio. «Architecting the Metaverse». Consultato 20 giugno 2024. <https://refikanadolstudio.com/projects/architecting-the-metaverse/>.

Rossi, Aldo. «L'architettura della città (1966)». In *Anthologie zum Städtebau. Band III: Vom Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg bis zur zeitgenössischen Stadt*, a cura di Vittorio Magnago Lampugnani, Katia Frey, e Eliana Perotti, 273-80. Gebr. Mann Verlag, 2023. <https://doi.org/10.5771/9783786175247-273>.

Shortliffe, Edward Hance. *Computer-Based Medical Consultations, MYCIN. Artificial Intelligence Series. 2*. New York: Elsevier, 1976.

«Stamhuis Designs Entire Stores in Minutes with Generative Design | Autodesk». Consultato 19 febbraio 2024. <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design/architecture-engineering-construction/stamhuis>.

Stinson, Liz. «AR App Turns 3D Models into Life-Size Building Instructions».

Curbed, 7 gennaio 2019. <https://archive.curbed.com/2019/1/7/18171095/fologram-ar-app-brick-wall>.

Tematiche | Parlamento europeo. «Che cos'è l'intelligenza artificiale?», 3 settembre 2020. <https://www.europarl.europa.eu/topics/it/article/20200827STO85804/che-cos-e-l-intelligenza-artificiale-e-come-viene-usata>.

«The State of AI in Architecture, Chaos and Architizer.pdf», s.d.

Töugu, Enn. *Algorithms and Architectures of Artificial Intelligence. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol. 159. Amsterdam: IOS Press, 2007.

«Twenty Buildings Every Architect Should Understand (Simon Unwin).pdf», s.d.

Vaswani, Ashish, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Lukasz Kaiser, e Illia Polosukhin. «Attention Is All You Need». *arXiv*, 1 agosto 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>.

Vilar, Elisângela, Ernesto Filgueiras, e Francisco Rebelo. *Virtual and Augmented Reality for Architecture and Design*. 1a ed. New York: CRC Press, 2022. <https://doi.org/10.1201/9781003051381>.

Warwick, Kevin. «INTELLIGENZA ARTIFICIALE LE BASI», s.d.

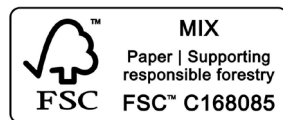
«What Is Reinforcement Learning? | IBM», 29 febbraio 2024. <https://www.ibm.com/topics/reinforcement-learning>.

«Zaha Hadid Architects: “Digitali Si Nasce”». Consultato 20 giugno 2024. <https://www.domusweb.it/it/speciali/domus-air/2024/shajay-bhooshan---digitali-si-nasce.html>.

«Zero to Deep Learning with Keras and Tensorflow (Francesco Mosconi).pdf»,

L'IMPATTO DELL'INTELLIGENZA  
ARTIFICIALE NEI PROCESSI DI ROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:  
ANALISI CRITICA DEGLI APPLICATIVI A SUPPORTO DEL PROGETTISTA

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE:  
CRISTIAN PORQUEDDU



LICENZA CREATIVE COMMONS: BY-NC-ND



TESI 2024



TESI 2024