



Università degli Studi di Napoli “Federico II”
DiARC Dipartimento di Architettura

Dicembre 2018

Dottorato di Ricerca in Architettura
XXXI ciclo

AREA TEMATICA

Tecnologie Sostenibili, Recupero e
Rappresentazione dell’Architettura e dell’Ambiente

Coordinatore del Dottorato di Ricerca
Prof. arch. Michelangelo Russo

Data, Digital & Design

**Produzione del progetto digitale e processi decisionali:
la progettazione “flessibile” nell’Era dello Scripting e del Building
Information Modelling come nuovo paradigma tecnologico**

KEYWORDS: BIM, Data Informed Design, Algorithms Aided Design, Computational Design,
Computational BIM, Digital culture, Coding

Ph.D. Candidate
arch. Luciano Ambrosini

Relatore
prof. arch. Sergio Russo Ermolli

Anno Accademico 2016 - 2018

“ Chi riceve un'idea da me,
ricava conoscenza senza diminuire la mia;
come chi accende la sua candela con la mia
riceve luce senza lasciarmi al buio. ”

- Thomas Jefferson

INDICE

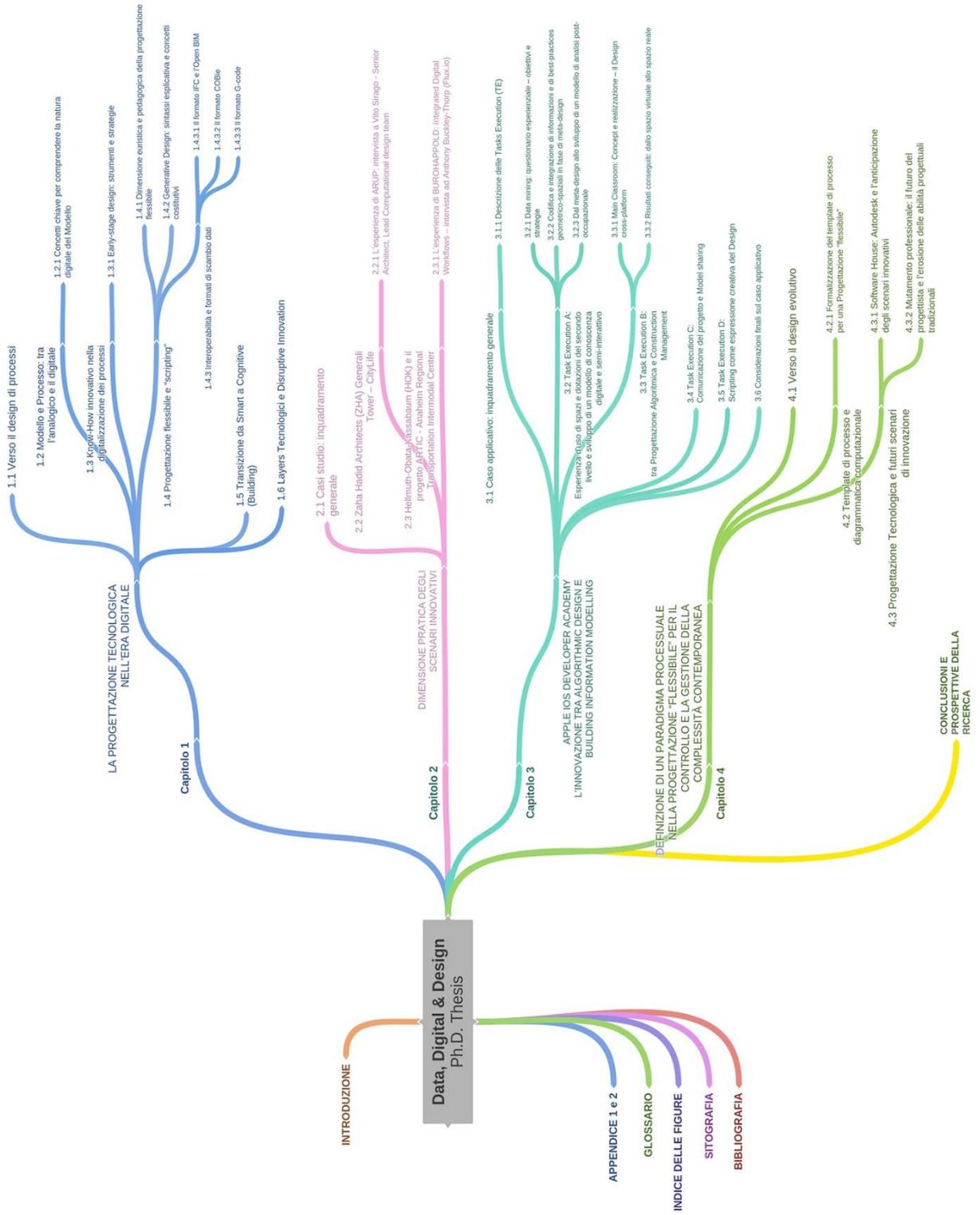
INTRODUZIONE	I
CAPITOLO 1	
LA PROGETTAZIONE TECNOLOGICA NELL'ERA DIGITALE	1
1.1 VERSO IL DESIGN DI PROCESSI	1
1.2 MODELLO E PROCESSO: TRA L'ANALOGICO E IL DIGITALE.....	4
1.2.1 <i>Concetti chiave per comprendere la natura digitale del Modello</i>	10
1.3 KNOW-HOW INNOVATIVO NELLA DIGITALIZZAZIONE DEI PROCESSI	13
1.3.1 <i>Early-stage design: strumenti e strategie</i>	24
1.4 PROGETTAZIONE FLESSIBILE E "SCRIPTING"	33
1.4.1 <i>Dimensione euristica e pedagogica della progettazione flessibile</i>	45
1.4.2 <i>Generative Design: sintassi esplicativa e concetti costitutivi</i>	49
1.4.3 <i>Interoperabilità e formati di scambio dati</i>	52
1.4.3.1 Il formato IFC e l'Open BIM.....	54
1.4.3.2 Il formato COBie.....	57
1.4.3.3 Il formato G-code.....	58
1.5 TRANSIZIONE DA SMART A COGNITIVE (BUILDING).....	60
1.6 LAYERS TECNOLOGICI E DISRUPTIVE INNOVATION.....	69
CAPITOLO 2	
DIMENSIONE PRATICA E PROFESSIONALE DELLA PRODUZIONE	
DIGITALE DEL PROGETTO.....	89
2.1 CASI STUDIO: INQUADRAMENTO GENERALE.....	89
2.2 ZAHA HADID ARCHITECTS (ZHA) GENERALI TOWER – CITYLIFE	92
2.2.1 <i>L'esperienza di ARUP: intervista a Vito Sirago - Senior Architect, Lead Computational design team</i>	96
2.3 HELLMUTH-OBATA-KASSABAUM (HOK) E IL PROGETTO ARTIC - ANAHEIM REGIONAL	
TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER	104
2.3.1 <i>L'esperienza di BUROHAPPOLD: Integrated Digital Workflows – intervista ad Anthony Buckley-Thorp (Flux.io)</i>	107
CAPITOLO 3	
APPLE IOS DEVELOPER ACADEMY L'INNOVAZIONE TRA	
ALGORITHMIC DESIGN E BUILDING INFORMATION MODELLING	115
3.1 CASO APPLICATIVO: INQUADRAMENTO GENERALE.....	115
3.1.1 <i>Descrizione delle Tasks Execution (TE)</i>	116
3.2 TASK EXECUTION A: ESPERIENZA D'USO DI SPAZI E DOTAZIONI DEL SECONDO LIVELLO E	
SVILUPPO DI UN MODELLO DI CONOSCENZA DIGITALE E SEMI-INTERATTIVO	117
3.2.1 <i>Data mining: questionario esperienziale – obiettivi e strategie</i>	121
3.2.2 <i>Codifica e integrazione di informazioni e di best-practices geometrico-spaziali in fase di meta-design</i>	132
3.2.3 <i>Dal meta-design allo sviluppo di un modello di analisi post-occupativo</i>	140
3.3 TASK EXECUTION B: TRA PROGETTAZIONE ALGORITMICA E CONSTRUCTION MANAGEMENT	
.....	148
3.3.1 <i>Main Classroom: Concept e realizzazione – il Design cross-platform</i>	154

3.3.2	<i>Risultati conseguiti: dallo spazio virtuale allo spazio reale</i>	163
3.4	TASK EXECUTION C: COMUNICAZIONE DEL PROGETTO E MODEL SHARING.....	167
3.5	TASK EXECUTION D: SCRIPTING COME ESPRESSIONE CREATIVA DEL DESIGN.....	171
3.6	CONSIDERAZIONI FINALI SUL CASO APPLICATIVO.....	179

CAPITOLO 4

DEFINIZIONE DI UN PARADIGMA PROCESSUALE NELLA PROGETTAZIONE “FLESSIBILE” PER IL CONTROLLO E LA GESTIONE DELLA COMPLESSITÀ CONTEMPORANEA		183
4.1	VERSO IL DESIGN EVOLUTIVO.....	183
4.2	TEMPLATE DI PROCESSO E DIAGRAMMATICA COMPUTAZIONALE.....	187
4.2.1	<i>Formalizzazione del template di processo per una Progettazione “flessibile”</i>	195
4.3	PROGETTAZIONE TECNOLOGICA E FUTURI SCENARI DI INNOVAZIONE.....	200
4.3.1	<i>Software House: Autodesk e l’anticipazione degli scenari innovativi</i>	207
4.3.2	<i>Mutamento professionale: il futuro del progettista e l’erosione delle competenze progettuali tradizionali</i>	213
CONCLUSIONI E PROSPETTIVE DELLA RICERCA		223
APPENDICE 1.....		229
A-1.1	TEMPORARY APPLE SETTLEMENT EXPERIENCE SURVEY FOR STUDENTS.....	229
A-1.2	TEMPORARY APPLE SETTLEMENT EXPERIENCE SURVEY FOR TEACHERS.....	235
APPENDICE 2.....		241
A-2.1	WORDCLOUD, SCRIPTING ED “EASTER EGG”.....	241
A-2.2	APPLE IOS DEVELOPER ACADEMY OPENING: LABS CONCEPT RENDERS.....	243
GLOSSARIO.....		253
INDICE DELLE FIGURE.....		261
SITOGRAFIA.....		269
INDICE DEI QUICK RESPONSIVE CODE (QRC).....		272
BIBLIOGRAFIA		273

Diagramma struttura INDICE



INTRODUZIONE

Il presente lavoro di Ricerca si propone di affrontare in termini sperimentali ed innovativi (approccio “flessibile”) la progettazione tecnologica ed il *design* di processo attraverso le potenzialità offerte dal progresso tecnologico-informatico nell’ambito dell’*AEC Industry*. Tale progresso sta fortemente caratterizzando la professione dell’architetto-designer e, più in generale, la cultura della progettazione tecnologica nell’Era Digitale.

L’aspetto sperimentale proposto non è volto a convalidare leggi universali, come di consueto accade per gli esperimenti scientifici ma, piuttosto, a contribuire al rinnovo dei metodi e dei processi (anche decisionali) relativi alla produzione teorica e pratica del progetto digitale. L’aspetto innovativo ed originale, invece, sottende il concetto di *paradigm-shift* (cambio di paradigma nell’ambito della progettazione tecnologica) ed è il risultato dell’integrazione “simbiotica” di due discipline, l’informatica e la progettazione architettonica. I relativi *corpus* scientifici presentano una formalizzazione ben distinta, dunque il terreno comune di incontro tra queste discipline è ivi rappresentato dall’approccio computazionale alla progettazione (*Computational Design*) ed in particolar modo alla trasposizione sul piano tecnico ed esecutivo degli assunti teorici formulati in fase meta-progettuale.

L’approccio sperimentato è orientato alla progettazione algoritmica e parametrica (*Algorithm Aided Design*) consentita dall’integrazione nel *workflow* progettuale di piattaforme informatiche di *Visual Programming Language* (VPL). Queste ultime, integrando ed affiancando i software di modellazione, sono in grado di interfacciarsi con le piattaforme di *Building Information Modelling* (BIM), con strumenti di modellazione tridimensionale pura (*Free Form*) e con quelli dedicati all’ottimizzazione del progetto stesso. Attraverso tali strumentazioni importanti studi di progettazione e di ingegnerizzazione (ZHA, HOK, ARUP, BUROHAPPOLD tra quelli citati nel presente contributo), affrontano i peculiari aspetti meta-progettuali e di gestione informativa dell’intero progetto di architettura in ogni singolo aspetto. L’intento è di descrivere ed attuare una modalità di approccio alla progettazione in cui i mondi della programmazione e dell’informatica si incontrano con quello della progettazione e da questo connubio si cercherà di far emergere nuove forme di creatività capaci di interpretare le “informazioni” con procedure e regole per il progetto.

Un primo concetto di cambio paradigmatico che si evincerà dal presente contributo è relativo all’interpretazione dello *spazio come informazione*. L’informazione è nuova materia e materiale per il progetto la cui concretizzazione, il prender forma, passa attraverso gli

“strumenti” offerti dall’informatica. Questo prender forma si traduce in modellazione ed in modellizzazione entrambe azioni attorno le quali si articola il progetto digitale. L’integrazione della programmazione informatica (*scripting*) orientata al design ed all’architettura apre quest’ultima a nuovi ambiti e a nuovi scenari prefigurando un tipo di progettazione strutturalmente flessibile e sempre più adeguata al controllo e alla gestione di sistemi complessi come oramai risultano essere gli ambienti e gli spazi che abitiamo.

I Sistemi complessi si configurano attraverso flussi costanti di informazione che intercorrono osmoticamente tra lo Spazio Mentale, lo Spazio Virtuale e lo Spazio Reale e il rapporto che ne risulta è inevitabilmente frutto di azioni e reazioni di sistemi di interfaccia con i quali si interagisce quotidianamente (smartphone, tablet, etc.). Il secondo concetto di cambio paradigmatico, deducibile da una critica a consuntivo del presente contributo, si evince nella definizione delle strategie operative e la domestichezza del progettista con le tecnologie, ovvero, l’aspetto informatico e digitale è qui interpretato non come il fine da perseguire nel progetto ma, piuttosto, come una strategia operativa della progettazione che inevitabilmente implica ed impone una notevole “confidenza” con il mondo dell’*Information Technology* e l’utilizzo in forma dialogica e non passiva del software.

Parallelamente al presente percorso di ricerca si è dedicata un’ulteriore attenzione alla organizzazione di semplici interfacce grafiche a supporto della definizione di un nuovo concetto di progettazione flessibile. In tal proposito la metodologia sperimentale approfondita è stata potenziata dalla realizzazione di un apposito spazio virtuale (spazio web) raggiungibile all’indirizzo *phdthesis.lucianoambrosini.it*. Nei casi operativi analizzati, mediante collegamenti ipertestuali creati *ad hoc* - *Quick Response Codes* (QRcode), si è arricchito l’aspetto descrittivo computazionale con l’esecuzione di videoclip dei principali algoritmi codificati.

Metodologia e obiettivi

Di seguito le domande alle quali la presente Ricerca si propone di dare risposta:

1. *È possibile informare il progetto digitale (modello e processo) in modo autonomo e svincolato dai limiti imposti dalle strumentazioni informatiche (piattaforme BIM e di modellazione 3D)?*
2. *È possibile definire un cambio paradigmatico nell’approccio culturale e strumentale alla progettazione tecnologica come conseguenza della rivoluzione informatica in architettura?*
3. *In che termini il ruolo e le responsabilità del progettista mutano con l’avvento dell’Era Digitale?*

Lo sviluppo del percorso di Ricerca ha parallelamente seguito l’evoluzione e la realizzazione del caso studio, qui definito “caso applicativo”, relativo al contratto di cooperazione scientifica e tecnologica stipulato tra Apple International Distribution e l’Università di Napoli “Federico II”, attraverso la consulenza progettuale tecnologica fornita dal DiARC (Dipartimento di Architettura) per la realizzazione ed ottimizzazione degli spazi laboratoriali e collaborativi della Apple iOS Developer Academy presso il Polo Universitario federiciano di San Giovanni a Teduccio, quartiere della periferia orientale di

Napoli. A valle della premessa operativa di cui sopra, la metodologia esperita rientra nella classificazione di tipo riduzionistico-induttiva, ovvero, attraverso la definizione, analisi e risoluzione di *tasks* progettuali specifiche e contestualmente affrontate sul piano esecutivo, si è proceduto alla messa a sistema di un processo che si fa metodo per la gestione e formalizzazione dei contenuti culturali intrinseci all’atto progettuale in ambiente digitale.

L’obiettivo generale è quello di individuare gli elementi chiave, nonché strumentali, attorno cui è possibile articolare il progetto digitale sia esso di prodotto, architettonico e decisionale nei limiti definiti dalla filosofia dell’*Information Modelling* e dell’interoperabilità strumentale tra le principali piattaforme informatiche adoperate nel settore dell’architettura, dell’ingegneria e delle costruzioni.

Audience

Questo lavoro di Ricerca si rivolge principalmente al comitato di dissertazione interdisciplinare comprendente membri di aree specializzate afferenti alle tematiche culturali trattate nel presente percorso di Ricerca - *Tecnologie sostenibili, recupero e rappresentazione dell’architettura e dell’ambiente* – proiettandosi verso il futuro della Progettazione e della Ricerca in ambito architettonico nonché del design. In tal senso si vuole testimoniare una forma di *cutting-edge knowledge* progressivamente richiesta nelle realtà professionali di respiro internazionale (società di architettura e servizi di ingegnerizzazione). L’immediata applicabilità della metodologia sperimentata fornisce un contributo tangibile per un approfondimento teorico e pratico delle tematiche computazionali rispetto alla formazione del profilo scientifico caratterizzante il progettista digitale dell’epoca contemporanea. Un profilo orientato all’*information modeling* in ogni sua astrazione che intende riflettere e far riflettere sui confini della dimensione pratica e processuale della progettazione tecnologica (delineandone una ridefinizione) teoricamente e formalmente motivata nelle pagine che seguiranno.

Struttura della Tesi

La struttura della tesi si sviluppa su quattro capitoli con triplice livello di approfondimento. Nel **Primo Capitolo** si delinea lo scenario contemporaneo all’interno del quale si muove la progettazione tecnologica individuandone i concetti chiave utili per comprendere la natura ed il significato del Progetto e del Modello nell’Era Digitale – con una breve trasposizione nel contesto culturale contemporaneo del significato che l’Alberti e il Brunelleschi hanno attribuito al significato di Modello. Nei paragrafi che caratterizzano il primo capitolo si indicano le principali conoscenze strumentali e culturali che definiscono le diverse fasi di approccio alla progettazione – il *digital know-how* è strettamente legato all’efficacia e all’efficienza dei risultati programmati.

Si procede poi con l’assunto teorico rispetto al quale, in epoca contemporanea, assume notevole importanza l’adozione di un approccio “flessibile” alla progettazione basato sull’integrazione della programmazione informatica a partire dalle prime fasi di sviluppo

del progetto fino alla sua attuazione. Questo assunto permette di focalizzare l'attenzione sull'operato del presente contributo in chiave euristica piuttosto che meramente strumentale, svincolandosi dalla visione tecnicista degli strumenti informatici ad uso speculativo dell'atto progettuale. Interoperabilità è una delle parole chiave descritte nel corso del primo capitolo attraverso la quale si approfondisce l'importanza di alcuni dei principali formati di scambio dati nell'ottica della diffusione della politica Open BIM.

Gli ultimi due paragrafi, infine, introducono gli argomenti che caratterizzeranno gli scenari tecnologici futuribili. La transizione da *Smart Buildings* a *Cognitive Buildings* e l'introduzione degli aspetti *disruptive* intrinseci ai *layers* tecnologici descritti da studiosi futurologi come Kevin KELLY, Vinge VERNOR *et al.*, rendono possibile proporre una visione più ampia e leggermente distaccata dagli aspetti puramente progettuali legati all'evoluzione-progresso delle nuove tecnologie (ampliamento del dominio culturale della progettazione).

Nel **Secondo Capitolo** si propone una lettura sperimentale di due casi studio opportunamente selezionati. I due esempi proposti in apertura inquadrano le metodologie operative con le quali, due dei principali studi di architettura internazionali (ZHA, HOK) affrontano importanti sfide progettuali (Generali Tower, Milano e l'ARTIC Center, Anaheim) mettendo in pratica un approccio multidisciplinare e fortemente interoperabile attraverso l'uso congiunto di strumentazioni informatiche in continua evoluzione. Ponendo l'accento sul ruolo e le responsabilità del progettista digitale all'interno dei casi studio affrontati si riportano importanti contributi relativi alle esperienze professionali del *senior Architect* Vito SIRAGO (ARUP) e del *General Manager Solution Development* Anthony BUCKLEY-THORP (Flux.io) raccolte mediante interviste¹.

Seguendo gli aspetti processuali e metodologici evidenziati nei casi appena citati si inserisce il contenuto del **Terzo Capitolo**, ovvero, il caso applicativo articolato per chiarezza espositiva e di metodo in quattro esperienze progettuali denominate *tasks execution* (A, B, C e D) come reale rispondenza alle richieste espresse dalla Apple International Distribution per la sede formativa di Napoli. Ciascuna *task* fa emergere precise parole chiave che inquadrano l'approccio progettuale sia in senso culturale (approccio al *problem-solving*) sia in quello strumentale (approccio al *software/tool*). Ad esempio, nella Task A si ricorre ad una strategia operativa di *data mining* mediante definizione di un originale sondaggio esperienziale somministrato ai primi 150 studenti della Apple Academy. L'obiettivo è analizzare criticamente l'uso degli spazi e delle dotazioni del secondo livello della struttura universitaria per poi sviluppare un modello di conoscenza digitale e semi-interattivo (*data visualization*) definendo, per una futura implementazione, una *baseline* per un modello POE (*Post Occupancy Evaluation*). Nella Task B la strategia progettuale si costruisce sull'approccio algoritmico finalizzato al *construction management* dell'aula rappresentativa dell'Academy, la Main Classroom,

¹ Intervista fisica per l'arch. V. Sirago, mentre per A. Buckley-Thorp a mezzo corrispondenza e-mail.

integrando la piattaforma BIM Revit con strumentazioni VPL per la definizione di un *design cross-platform* (svincolato dai limiti imposti dal software). Parole chiave: *data design* e *algorithm aided design* (AAD). La Task C si focalizza sugli aspetti comunicativi e di condivisione del modello digitale (*model sharing*) relativi alla definizione concettuale, e poi esecutiva, di un dispositivo analogico-digitale, detto “Totem”, come supporto alla didattica innovativa promossa nell’Academy. Infine, nella Task D mediante la pratica dello *scripting* come espressione creativa del design, si definisce una modalità innovativa per la produzione di dispositivi grafici tipo *stickers* da apporre agli elementi divisorii posti tra gli spazi laboratoriali e quelli collettivi (in particolare quelli attigui alla Main Classroom).

Nel **Quarto Capitolo** si cercherà di definire un paradigma processuale della progettazione “flessibile” per il controllo e la gestione della complessità contemporanea. L’operazione culturale che si tenta di eseguire è strutturata attorno al pensiero computazionale (*computational thinking*) e le implicazioni che il *design* generativo (*Generative Design*) rifletterà sulla dimensione pratica professionale. Tale struttura concettuale porterà alla formalizzazione di un *template di processo* nel quale si individueranno le strategie e le tecniche mediante le quali sarà possibile definire la struttura culturale ed operativa (ad esempio nella esplicitazione della logica algoritmica) della progettazione “flessibile”. Il capitolo illustrerà i principali scenari di innovazione futuribili e validerà l’ipotesi di un futuro digitale che è già una realtà professionale consolidata (si rimanda alle testimonianze raccolte all’Autodesk Forum di Milano). In questa ottica il rapporto tra il futuro professionale, in progressivo *mutamento*, e la realtà accademica, soggetta a costante erosione delle tradizionali competenze progettuali, sarà affrontato con una lettura critica di recenti report internazionali in particolare *The future for architects?* commissionato nel 2011 dal RIBA (Royal Institute of British Architects), e l’interessante indagine del ricercatore Dominik HOLZER sul delicato rapporto tra il BIM e il *Parametric Design* nelle accademie e nella pratica professionale.

Nota alla lettura

La tesi proposta in lingua italiana ricorrerà sovente nella sua articolazione a termini tecnici e concettuali mutuati dalla cultura anglosassone. Il contributo verte su tematiche molto specifiche nonché espressione di strategie ed azioni di “processo” inerenti alla Progettazione ed alla Costruzione. L’appropriatezza terminologica è un tema fondamentale in tutte le discipline scientifiche e tecnologiche proprio perché a tutela della chiarezza sostanziale del messaggio condiviso. In tal senso si riporta di seguito l’acuta (e attualissima) osservazione che il professore Duccio TURIN scriveva nel suo *Building as a Process*² e successivamente riproposta da Nicola SINOPOLI ne “Le parole del processo” capitolo di apertura del libro *La tecnologia invisibile*:

² Turin D.A., (1969). *Building as a Process*, Ed.: University College, Building Economica Research Unit, London.

«La complessità dei problemi che stanno oggi di fronte all'industria edilizia è ulteriormente aggravata dall'inadeguatezza dei termini usati per descrivere i cambiamenti che avvengono continuamente sotto i nostri occhi e per formulare ipotesi sul futuro immediato. Ciò è dovuto solo in parte al fatto che molti dei termini che impieghiamo correntemente si sono modificati nei loro significati e non possono più essere impiegati per analizzare le nuove situazioni e i nuovi rapporti. [...] le difficoltà semantiche spesso sono rivelatrici di più profondi problemi concettuali. Nel caso dell'industria edilizia bisogna tenere conto del fatto che molte delle discussioni in corso in Europa e in America girano attorno a tre aspetti del problema tra loro diversi, anche se strettamente collegati: i cambiamenti nella natura stessa del prodotto; i cambiamenti nella funzione delle professioni; i cambiamenti nelle relazioni contrattuali tra i diversi partecipanti»³

Nell'Era Digitale e con la Rivoluzione Informatica in Architettura questa necessità di chiarezza espositiva è strettamente richiesta (ivi proposta negli affondi tecnici) e, dunque, necessita dell'uso di termini in lingua inglese che eludono i problemi concettuali a cui TURIN fa riferimento. Infine, laddove esistesse semanticamente l'omologo termine in lingua italiana l'efficacia e l'efficienza espressa dal termine anglosassone nel configurare il "retroscena" culturale sotteso risulterebbe storicamente e bibliograficamente più adeguato. Senza ampliare ulteriormente la digressione posta come nota introduttiva alla lettura a titolo speculativo basterebbe riflettere sul significato e le possibili declinazioni che in lingua italiana si attribuiscono alla parola *design*. Affermava WITTGENSTEIN: "i limiti del mio linguaggio significano i limiti del mio mondo".

³ Sinopoli N., (1997). *La Tecnologia Invisibile: Il Processo Di Produzione Dell'architettura e Le Sue Regie*. [3a ed.]. Milano: F. Angeli, p. 20.

CAPITOLO 1

LA PROGETTAZIONE TECNOLOGICA NELL’ERA DIGITALE

1.1 Verso il design di processi

La progettazione è intesa oggi come uno specifico percorso metodologico attivato da più attori e al contempo *mediato digitalmente*; essa si caratterizza da una intenzionalità programmatica in grado di gestire la “complessità” dell’epoca moderna con il fine di fornire una effettiva rispondenza alle specifiche esigenze e requisiti del contesto in cui tale *praxis* è esplicitata. Il riconoscimento della mediazione digitale, come fatto imprescindibile dell’atto progettuale, è un noto *leitmotiv* della studiosa Rivka OXMAN (ma anche di molti altri: MITCHELL, Greg LYNN, Chris ANDERSON, Frank O. GEHRY, etc.) la quale, sostenendo la profonda natura metodologica del design digitale ne riconosce, di fatto, una identità unica e dunque una forma di *design* vera e propria. Ancora OXMAN:

«define [*scilicet* digital design] the characteristics and unique properties of design that are emerging in new forms of digital design processes»⁴

in pratica la nuova processualità che caratterizza l’Era Digitale è un concetto che restringe considerevolmente quel *gap* tecnico tra *concept* (meta-progetto) e fabbricazione (produzione).

I caratteri fondanti che oggi potenziano il significato di “modello”, sostiene Giacomo CHIESA, sono sostanzialmente due: *parametro* e *algoritmo*. Essi rappresentano la vera riscoperta della pratica progettuale e di quella costruttiva. Non va dimenticato che uno dei primi prodotti digitali, in riferimento alla rappresentazione e al disegno assistito al computer, fu la produzione del primo sistema CAD proposto nel 1963 dalla tesi di dottorato di Ivan SUTHERLAND (Massachusetts Institute of Technology) chiamato *Sketchpad*, un vero e proprio sistema di rappresentazione basato sul concetto parametrico associato al disegno tecnico. Il concetto parametrico venne successivamente sdoganato da molteplici studi ed applicazioni nel campo dell’architettura in particolare, ci ricorda Alberto SDEGNO in *Computer Aided Architecture: origins and development*⁵, il riferimento al

⁴ Rivka Oxman, Theory and design in the first digital age, «Design Studies», vol. 27, n. 3 May 2006.

⁵ Alberto SDEGNO, “Computer Aided Architecture: origins and development” in *Le dimensioni del B.I.M.*, «DisegnareCon», volume 9, n.16 – Giugno, 2016.

gruppo di ricerca coordinato da Charles EASTMAN è doveroso. Quest'ultimo si occupò negli anni '70 dell'importanza che il rilievo della grafica informatica stava assumendo nel campo dell'architettura, CAAD⁶; tali studi produssero i primi prototipi di piattaforme BIM, tra cui il *Building Description System* (BDS), il *General Space Planner* (GSP), il *Coplanner*, l'*Urban5*, il *Building Optimization Program* (BOP), il *Build*. Ricerche che, sottolinea SDEGNO, avrebbero:

«[...] mutato il ruolo del disegno in favore di una maggiore automazione della rappresentazione del modello».

Il progresso tecnologico-informatico con la sua pervasività nella pratica quotidiana ha promosso una forte esigenza/richiesta di *computazionalità* che va ben oltre la mera automazione dei processi è ciò riguarda, nella pratica professionale, il semplice impiegato della P.A. quanto il designer visionario più utopico. Tale richiesta si fonda sulla necessità di stabilire connessioni e correlazioni tra molteplici e diversi elementi dell'ambiente costruito (soprattutto dell'ecosistema economico e sociale) la cui naturale conseguenza ha portato alla definizione di un secondo livello di sviluppo del progetto digitale, ovvero, quello algoritmico. Sinteticamente chiarisce CHIESA:

«L'approccio parametrico è legato strettamente allo sviluppo di soluzioni topologiche, alle geometrie associative, alla morfogenesi e all'animazione dei risultati, mentre l'algoritmico è maggiormente legato ad un approccio evolutivo, basato su un ordine sistemico capace di differenziare i risultati e dotato di tecniche auto-organizzative proprie di modelli generativi»⁷.

Ad ogni modo le possibilità progettuali e gli scenari simulabili mediante un uso incondizionato di tali tecnologie deve essere continuamente ponderato e bilanciato in quanto foriero di una forte componente *disruptiva*. In maniera provocatoria, sempre CHIESA, riporta l'affermazione di Martin SIMPOSON di ARUP ASSOCIATES: «architects may eventually become unnecessary». Affermazione molto forte, ma tuttavia ancora in linea e in scia con quella pronunciata da Reyner BANHAM nel 1960:

«[...] appare necessario comunque per l'architetto mantenersi alla pari con il progresso tecnologico onde non scoprire che “la cultura tecnologica ha già deciso di procedere senza di lui”»⁸.

Se il mondo in cui opera l'architetto designer è caratterizzato da una natura “complessa”, l'unico modo per gestire tutte le criticità che da essa ne derivano è quello di affinare e potenziare le proprie capacità cognitive attraverso opportuni “strumenti” in grado di gestire la complessità e di coordinare sistemicamente le potenzialità del contesto oggetto di studio adattando, di volta in volta, le soluzioni tecniche alle esigenze materiali e immateriali richieste. Si apre così una innata esigenza professionale di interagire con il mondo reale attraverso nuovi paradigmi tecnologici che permettono di analizzarlo

⁶ Acronimo di Computer Aided Architectural Design.

⁷ Chiesa G., (2015). Paradigmi, tecnologie ed ere digitali. Il dato come parametro di innovazione in architettura e urbanistica, A. U. Press ed., Torino, p. 15.

⁸ Banham R., (1967). *Theory and design in the first machine age.*, New York, Praeger, 2d ed..

secondo logiche “dinamiche” ed “evolutive”. Una visione di questo tipo è testimone della *multidimensionalità* dello spazio reale visibile solo alla lente del *know-how* digitale. In tal proposito aveva già profetizzato nel 1995 Nicholas NEGROPONTE nel suo *Essere Digitali*, ponendo l’attenzione sull’importanza che l’informatizzazione del progetto avrebbe assunto nell’immediato futuro un ruolo chiave nella visualizzazione, modulazione e valutazione del “messaggio” (output di progetto). In un certo senso, NEGROPONTE, sovvertiva la famosa asserzione di MCLUHAN che legava il messaggio al mezzo sostenendo che, in futuro, il messaggio sarà sempre più legato al “ricevitore” più che al “trasmettitore”. Leggasi come l’uso che si può trarre dalla strutturazione del dato in informazione per completare la rispondenza del modello virtuale alla realtà materiale.

CHIESA identifica il passaggio formale nella pratica tecnologica tra *Era industriale* ed *Era digitale*:

«Nell’era industriale la produzione di massa costituiva un linguaggio formale atto a rappresentare il quadro tecnologico, dove la tecnologia è uno strumento applicato al progetto in un contesto di operazione disciplinare delle competenze legate all’architettura. Nell’era digitale, invece, la tecnologia è parte integrante del processo progettuale permettendo, così una varietà formale (CAD, CAM, CAE, Mass Customization) in un contesto multidisciplinare e collaborativo in cui le diverse competenze si confrontano e si integrano»⁹.

Nell’*Era Digitale* si deve necessariamente parlare di *design di processi* ed è con essi che l’architetto dovrà confrontarsi, questo è il resoconto che si desume da quella che nella bibliografia scientifica è individuata come *I Era Digitale* introdotta dalla rivoluzione informatica dei software. Tuttavia, essendo già nella *II Era Digitale*, quella che al *design dei processi* fa seguire la sua materializzazione, famosa resta l’espressione «dai bits agli atomi»¹⁰, l’approccio alla progettazione tecnologica non sarà solo una prassi “informata” dei processi, ma tenderà a scrollarsi di dosso l’invalidante sinonimo di portatrice di *deriva tecnicista* di cui è da sempre tacciata. Oggi si è maggiormente disposti a riconoscere alla modellizzazione¹¹ digitale una naturale affinità con la produzione (fabbricazione), concordando con quanto asseriva nel XIX secolo, Julien GUADET in “1894”:

«L’architettura concepisce, poi studia, poi costruisce. Ma la costruzione è lo scopo finale della concezione e dello studio; si concepisce, si studia unicamente per poter costruire, La [sic] costruzione deve essere li pensiero costante dell’architetto; essa gli fornisce l’arsenale delle sue risorse e delimita anche il suo campo di azione. Ogni tentativo di architettura che non sia costruibile non ha senso, ogni forma architettonica che violi o falsi la costruzione è viziosa»¹².

Cultura materiale, diversificazione ed enorme disponibilità di tecniche e materiali restituiscono oggi, ancor più che nel passato, centralità al tema dell’*appropriatezza delle*

⁹ Op. cit.

¹⁰ Cit. Anderson C., (2012). *Makers: the new industrial revolution*, New York, Crown Business, 1st ed.

¹¹ Def. trarre da una realtà fisica o concettuale complessa un modello che la rappresenti descrivendone gli aspetti sostanziali e le relazioni funzionali - ZINGARELLI 2016.

¹² Cit. Guadet J., “1894”, *Leçon ouverte au cours de Theorie de l’architecture*, Ecole des Beaux Art, Paris, p. 24.

tecnologie nonché al ruolo dell'architetto-designer nella pratica professionale che si appresta a varcare le soglie del XXI secolo.

1.2 Modello e Processo: tra l'analogico e il digitale

Ricorrendo alla buona prassi di attingere dalle fonti risulta importante richiamare alla mente il significato che la lingua italiana attribuisce alla parola (lemma) *modello*¹³:

Modello: è qualsiasi oggetto reale che l'artista si propone di ritrarre, o che un artigiano, un operaio abbia dinanzi a sé per costruirne un altro uguale o simile, nelle stesse dimensioni o in dimensioni diverse; più specificamente è l'esemplare di opera realizzato dall'artista stesso in preparazione dell'opera finale; in particolare in architettura, m. è la costruzione che riproduce, di solito in scala notevolmente ridotta, le forme esatte e le caratteristiche di un'opera in fase di progettazione, a scopo illustrativo o sperimentale.

A partire da tale definizione Piero BARLOZZINI¹⁴ pone l'attenzione su come il significato di modello contenga intrinsecamente un alto valore evocativo di natura virtuale. Il rimando all'etimo latino *modellus* (diminutivo di *modulus*) è di natura materica e proporzionale ma, al contempo, la rispondenza più appropriata in senso operativo è quella di *exemplar*, ovvero, del modello che precede l'opera (plastico e *maquette*) e la sua copia che lo sussegue nel reale. *Modellus* e *modulus* si soffermano sul soggetto che modella (modellatore) ed esaltano l'aspetto dimostrativo e didattico dell'oggetto riprodotto e ridotto in scala. Sempre BARLOZZINI sintetizza come segue:

«[...] processo aperto dove si realizza il primo incontro tra la necessaria manualità della ricerca ed il mondo delle cose fisiche e tramite queste, con la necessaria, simbolica materialità dell'architettura»¹⁵.

Si ritiene doveroso, nell'ottica globale di trasformazione digitale che la cultura progettuale architettonica sta affrontando, richiamare alcuni passaggi emblematici affrontati da figure storiche importanti quali Leon Battista ALBERTI e Filippo BRUNELLESCHI che, nella loro interpretazione del fare architettura e dell'essere architetti, fanno riscoprire i principi fondanti del *design* moderno e della fabbricazione digitale.

Scriveva ALBERTI:

«[...] Si facciano altresì dei modelli in scala dell'opera, sulla base dei quali è consigliabile riesaminare ogni parte dell'edificio da costruirsi, due, tre, quattro, sette, dieci volte, riprendendo l'esame a volta a volta dopo intervalli di tempo, finché nell'intera opera, dalla zona più bassa alla più alta tegola, non rimanga particolare riposto o scoperto, grande o piccolo, che non sia da noi lungamente e intensamente soppesato e stabilito, e non sia

¹³ Cfr. def. nel Vocabolario della Lingua Italiana Treccani.

¹⁴ Cfr. Barlozzini P., (2013). *Il Modello in Architettura: Uno Strumento Di Rappresentazione Tanto Arcaico Quanto Attuale*, Aracne Editore, Roma.

¹⁵ Op. cit.

deciso con uguali caratteristiche, in quale posizione e in che ordine sia decoroso o utile disporlo»¹⁶.

Al periodo Rinascimento va riconosciuto, la *forma mentis* di ingegneri, architetti ed artisti in grado di abbattere tutte le barriere formali atte ad esaltare il distinguo tra le diverse figure professionali che gravitavano attorno alla realizzazione di un’opera architettonica (e non solo).

Seicento anni fa circa il *gap* professionale tra competenze teoriche e pratiche, definiva verosimilmente come oggi, la medesima distanza che sussiste tra il sapere intellettuale dell’architetto-designer tradizionale e il sapere esperienziale consolidato dal costruttore. Siamo in presenza di quello che gli studiosi definiscono “paradigma albertiano” nel quale il sapere teorico diviene oggetto di divulgazione scientifica nella prima metà del ‘400 grazie all’invenzione della stampa gutenberghiana. Non va dimenticato che tra i trattati più importanti dell’architettura ritroviamo proprio il *De re Aedificatoria* scritto in contrapposizione all’opera di VITRUVIO. Il lavoro di ALBERTI sottintendeva la visione più aulica del ruolo dell’architetto pensatore e, dunque, recependo le altre figure del processo costruttivo, vedi *capomastro* o *mastro costruttore*, come attori in grado solo di eseguire azioni visto che non disponevano della preparazione umanistica adeguata. Durante il XIV secolo era prassi consolidata per gli architetti più in auge quella di prestare i loro servizi da “remoto” e persino a livello internazionale. Il disegno e la documentazione cartacea rappresentavano il vero progetto. Il modello era per ALBERTI un ulteriore strumento di indagine per meglio controllare la proporzione tra le parti (componenti) ed il tutto (l’opera), proporzione che egli amava definire *concinntitas*, un concetto più profondo della “commisurazione” vitruviana.

Al “paradigma albertiano” va contrapposto, parimenti, il “paradigma brunelleschiano” in quanto ancor più emblematico ai fini della sovrapposizione della figura dell’architetto con quella del costruttore, concetto che fa da contrappunto al BIM *execution manager* ed al *Master Builder*.

La digitalizzazione del progetto in termini di virtualizzazione dei modelli è paradossalmente ripercorribile in senso analogico attraverso l’esperienza costruttiva brunelleschiana durante la realizzazione della cupola di Santa Maria in Fiore (1420-1436). Il sapere intellettuale e quello costruttivo nascono, a differenza dell’ALBERTI, da una contaminazione di conoscenze legate alle attività delle gilde di arti e mestieri. BRUNELLESCHI proveniva di fatto dalla gilda degli orafi e la sua visione programmatica e progettuale era necessariamente legata a quella strumentale del modello. Ci ricorda Frank D. PRAGER che le prime esperienze tecniche e tecnologiche di Filippo B. sono da attribuire all’ascendente che ebbero su di lui gli ingegneri della Scuola Romanico-Gotica come Arnolfo DI CAMBIO, NERI e GHINI, ascendente coadiuvato dall’interesse che lo stesso nutriva per gli studi del matematico Paolo DAL POZZO TOSCANELLI (secondo il

¹⁶ Alberti L. B., (1443). *De re aedificatoria* (libro IX, Cap. VIII), Firenze.

MANETTI). Il modello più imponente realizzato dall'architetto era alto circa 18 metri e fu costruito da 4 muratori ingaggiati dalla commissione costruttiva fiorentina¹⁷. Se per l'ALBERTI il modello doveva essere il più possibile poco attraente, proprio per non distrarre architetto e committente dall'uso tecnico per cui era stato realizzato, per BRUNELLESCHI esso assumeva il valore tetradimensionale attribuito oggi al BIM (4D – tempo), ossia uno strumento per la gestione cronologica della tipologia e della sequenza delle lavorazioni da effettuare in cantiere. L'uso che ne faceva quest'ultimo era più orientato ad una dimensione processuale del metaprogetto da trasferire sincronicamente al cantiere e, al contempo, validissimo strumento comunicativo della proposta progettuale da sottoporre al committente – l'equivalente del modello virtuale fatto di *bits* a cui oggi siamo abituati a rapportarci. La meta-progettazione diviene un tutt'uno con la fase produttiva/manifatturiera e riconosce nel lavoro per la Cupola del Duomo di Firenze un apparato fondato sul *coworking* e lo *sharing data* che alimentava la concezione ideativa del progetto con quella di coordinazione e condivisione degli avanzamenti delle maestranze coinvolte. Si riconosce in questa osservazione il palinsesto fondamentale dell'*Information Technology* tipico dell'architettura del nostro secolo.

Storicamente è ampiamente discussa l'importanza materica rappresentata dal modello, riportata all'interno dei libri contabili e dei diari di cantiere nelle diverse fabbriche di grande rilievo, come il fattore determinante per confutare l'operato della manovalanza ed espressione di una condizione dinamica dell'evolversi delle abilità esecutive della stessa. Il quadro che veniva dipinto in quel eccezionale contesto lavorativo fu la propensione all'innovazione e alla sperimentazione verso l'uso di materiali e strumenti presi in prestito dalla tradizione costruttiva per l'introduzione di elementi architettonici innovativi come previsti da BRUNELLESCHI.

Si conviene che la forza rappresentativa ed informativa del modello, mutuando gli studi rinascimentali di Ludwig H. HEYDENREICH che parzializza l'intero modello in “paradeigma, exemplar, typos”, è il risultato di tre possibili categorie interpretative ad esso attribuibili:

- *modello di studio creativo/ sperimentale*
- *modello tecnico per il cantiere*
- *modello di rappresentanza che prefigura la realtà in potenza*

In breve: si distingue una fase esplorativa caratterizzata dalla rapidità di esecuzione, molto spartana, ma con una flessibilità ideativa tale da contenere tutti gli elementi (requisiti) determinanti e identificativi del progetto stesso. La seconda tipologia è focalizzata sulla trasmissione delle informazioni alle maestranze impegnate in cantiere, principalmente adoperato per dettagliare il piano architettonico nonché per districare situazioni delicate o di stallo durante l'esecuzione dei lavori. La terza categoria interpretativa del modello è

¹⁷ Cfr. Prager F. D., *Brunelleschi's Inventions and the Renewal of Roman Masonry Work*, Osiris, Vol.9, March 1950.

quella che raccoglie tutti gli sforzi precedentemente compiuti per meglio comunicare l’idea progettuale al committente (solitamente ricca di dettagli e con un ventaglio di scale di rappresentazione ampio).

La presente dissertazione non ha l’obiettivo di ripercorrere l’evoluzione storica della “modellazione e rappresentazione” dell’architettura nel corso dei secoli ma, piuttosto, afferrare con decisione il significato esplorativo e comunicativo che fa oggi del modello digitale uno strumento completo e consapevole della progettazione integrata.

La natura virtuale del modello si lega alla consistenza materica durante la rivoluzione industriale abbandonando la straordinaria realtà delle fabbriche religiose per approdare in quella produttiva e manifatturiera a cui si è particolarmente legati in questa era di trasformazione culturale, sociale ed economica. A partire dall’Ecole National des Ponts et du Chaussées (E.N.P.C.), passando per i dinamismi floreali e le eleganti trasparenze dell’Art Nouveau, risulta lecito ipotizzare che i vari GUIMARD, HORTA, VAN DER VELDE, MACKINTOSH volessero cristallizzare gli intenti pianificatori dell’architettura andando oltre la bidimensionalità del pensiero volgendo lo sguardo verso l’*anticipazione della realtà costruttiva*.

L’evoluzione naturale dell’*Art Nouveau* porta, alle soglie del XX secolo, ad una rinnovata esigenza dell’uso della tridimensionalità esplorativa e rappresentativa attraverso l’esperienza sul campo dei vari Frank LLOYD WRIGHT, Walter GROPIUS, Pieter OUD, Theo VAN DOESBURG, Ludwig MIES VAN DER ROHE e LE CORBUSIER. Per GAUDÌ, ad esempio, il ricorso al modello si trasforma in una sorta di linea guida tangibile per la realtà e la coerenza bidimensionale dei suoi disegni, quasi a voler sottolineare l’inadeguatezza (o incompletezza) nella fase creativa e costruttiva del solo disegno nella definizione delle ipotesi spaziali innovative. Con la teorizzazione del “fare architettura alla Le Corbusier” in favore della forza espressiva dei 5 punti dell’architettura moderna le parti e gli elementi attraverso il loro dialogo concretizzano un nuovo concetto di *spazio architettonico*, ovvero, quello della *machine d’habitation*. La forma giustifica sempre la funzione e quest’ultima secondo una metrica cognitiva, quasi meccanica (quasi simulata al computer) garantisce l’effetto emotivo del fruitore finale.

Contemporaneamente la ricerca architettonica volgeva lo sguardo alla sperimentazione di soluzioni tecnologiche in grado di assicurare, sempre più spesso, un’ottimizzazione della qualità statica, igienica e microclimatica degli ambienti abitativi. Progressivamente nel tempo si è assistito alla transizione del modello materico a quello digitale in analogia al progredire della tecnologia informatica.

In tal proposito il richiamo all’esperienza meta-progettuale di Frank O. GEHRY è doveroso, perché è da ritenersi sostanzialmente una innovazione di metodo e poi di forma. La sua metodologia è presa in prestito dal settore dell’*automotive*, una vera e propria macchina di abitazione tanto nella teorica quanto nella pratica, filtrando l’intero

processo attraverso i *bits* del computer coadiuvati da un innovativo scambio simbiotico tra progettista-architetto e programmatore di software avanzati di modellazione. La forma liberamente plasmata è discretizzata attraverso l'uso di laser scanner per la successiva elaborazione del modello tridimensionale nonché delle rispettive sezioni tecniche promuovendo un'architettura quasi composta da soli pezzi speciali.

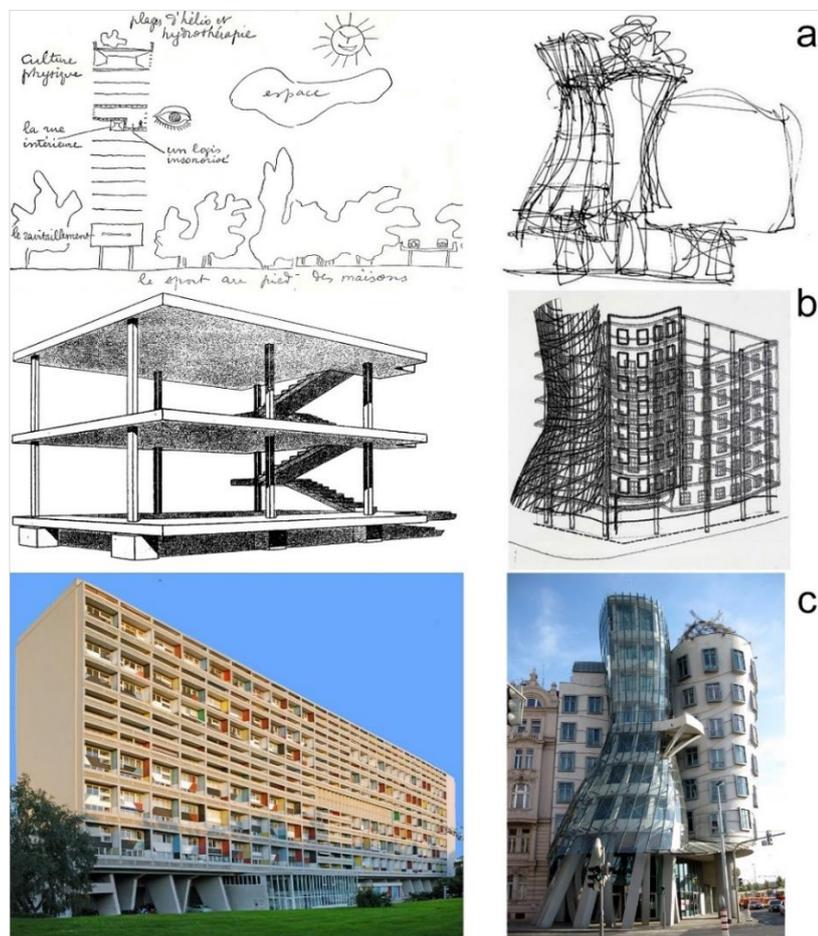


Fig. 1: Confronto visuale tra Unité d'habitation di Le Corbusier (sinistra) e uffici ING di Gehry (destra); a) schizzo b) modello c) opera reale

L'approccio di GEHRY alla modellazione, più specificamente alla progettazione architettonica, è sicuramente anacronistico e allo stesso tempo ha fatto da precursore agli scenari digitali oggi riconducibili alle tematiche dell'*industry 4.0*. Tale approccio favorisce una maggiore libertà espressiva riconoscendo nell'integrazione strumentale (software) una autonomia rappresentativa del prodotto difficilmente immaginabile. Un modello costruito sulle informazioni diviene un efficace strumento di verifica processuale della *praxis* progettuale.

GEHRY rappresenta un punto critico nella storia dell'architettura moderna in termini di progettazione integrata affiancata alla produzione industriale. Sebbene la progettazione assistita al computer fosse fatto noto agli inizi degli anni '70 (con tutti i limiti del contesto

storico), la lungimiranza di alcuni architetti è stata proprio nella “visione innovativa” dei metodi processuali applicati all’architettura. Nel 2002 diventa realtà il sodalizio progettista-computer con la fondazione della società *Gehry Technologies*, atta a promuovere l’innovativa ed avveniristica idea del progettare e costruire all’interno di un unico ambiente digitale 3D (piattaforma) mutuando le competenze tecniche e tecnologico-informatiche carpite dal settore industriale aeronautico¹⁸. Il famoso storico e studioso di progettazione digitale, John FRAZER, ha sottolineato quanto il metodo di GEHRY fosse rivoluzionario non tanto per le forme complesse prodotte ma, piuttosto, per il valore che attribuisce alle *datastructures* attorno alle quali si struttura il suo metodo.

Così mentre il “paradigma albertiano” imponeva una sorta di separazione tra il contributo annotativo da quello costruttivo oggi si assiste, a partire dal CAD e dal CAM, ad una progettazione che integra entrambe i contributi informativi. Riporta Mario CARPO in tal proposito:

«Acting almost like prosthetic extensions of the hands of the artisan, digital design and fabrication tools are creating a curiously high-tech analogy of preindustrial artisanal practices»¹⁹

È come se la sinergia del cantiere rinascimentale e le competenze delle maestranze fossero state trasposte su di un piano dimensionale e culturale differente senza però alterarne gli scopi e gli obiettivi. Una opportunità che potrebbe rivelarsi vitale per il futuro ruolo professionale dell’architetto.

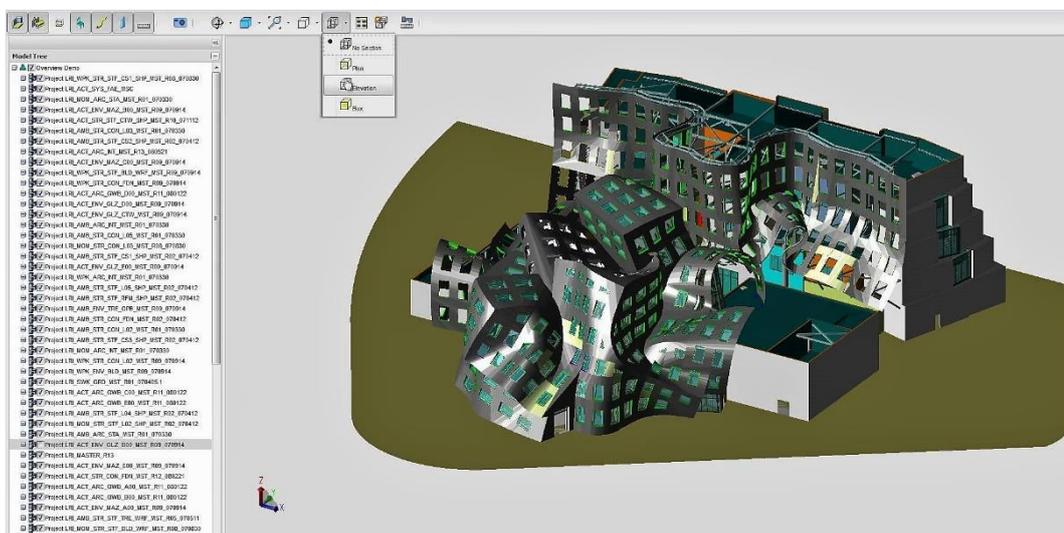


Fig. 2: User interface della piattaforma Gehry Technologies.

¹⁸ Gehry Technologies è dal 2014 parte del settore ingegneria e costruzioni della Trimble, compagnia all'avanguardia sui principali settori del AEC industry.

¹⁹ Carpo M., (2011). *The alphabet and the algorithm*, Cambridge, MIT Press, p. 44.

1.2.1 Concetti chiave per comprendere la natura digitale del Modello

La progettazione assistita al computer, a partire dall'accezione *Albertiana* e *Brunelleschiana*, ha dato forma e sostanza alla transizione del significato di “modello” ed al suo utilizzo attraverso la costruzione di una *Realtà Artificiale*, nella quale hanno assunto rilevante importanza e familiarità tre categorie di rappresentazione e comunicazione del progetto digitale: *modello a schermo*, *modello interattivo* e *modello immersivo*. Categorie che possono aiutarci a comprendere meglio la natura culturale del *Building Information Modelling*.

All'interno di questa *Realtà* l'oggetto ed il processo si fondono e ampliano gli orizzonti conoscitivi della natura progettuale e del mondo che abitiamo. Prima di illustrare alcune definizioni fondamentali che contribuiscono all'ampliamento del significato ed uso del *modello digitale*, è bene sottolineare come la progettazione tecnologica in architettura si orienti sempre più all'uso disparato di tecniche di *simulazione al computer* per poter meglio comprendere l'impatto dell'azione progettuale nel mondo reale.

Nel saggio “La manipolazione tecnologica della realtà fenomenica” Paolo D'ALESSANDRO, filosofo contemporaneo e studioso di tecnologia, riporta quanto segue:

«Il termine *simulazione* è di sua natura ambiguo. *Simulare* significa difatti senza alcun dubbio imitare, rappresentare, riprodurre, ma anche fingere, ingannare, mentire [...]»

Continua:

«Nella formulazione scientifica *simulare* ha poi un preciso significato, relativo alla possibilità di dare descrizione, a un determinato livello di astrazione, di un fenomeno, potendone anche calcolare la sua evoluzione»

Nella progettazione accade proprio questo; in fase di analisi non è interessante capire il perché dei fenomeni, ma piuttosto descrivere come essi accadano. La digitalizzazione consente di esplorare un universo sovrapponibile a quello esistente attraverso

«[...] un nuovo regime di figurazione, in cui vengono alterati i rapporti tradizionali tra immagine, oggetto e soggetto, protagonisti classici della rappresentazione cognitiva»²⁰.

L'esperienza cognitiva che il progettista esperisce attraverso il modello è una sorta di ossessiva azione gnoseologica nei confronti dell'atto progettuale che rende accessibile il mondo artificiale/virtuale in cui l'*eidòs* trova la sua concretizzazione in una processualità digitalizzata. Per un “addetto ai lavori” la natura ossimorica che a prima vista potrebbe essere associata alle parole *realtà* e *virtuale*, quasi come se fossero in antitesi la tangibilità dell'una con l'intangibilità dell'altra, è un concetto che trova le sue radici e validità nell'espressione: “ciò che è in potenza e che potrebbe essere in realtà”.

La comprensione della forza espressa ed inespressa del digitale è frutto della sovrapposizione erronea di significati che spesso si è soliti attribuire confondendo la *realtà virtuale* con la *realtà artificiale* ed il *cyberspazio*. Lungi dalla presente trattazione affrontare tematiche *Sci-Fi* trattate nella letteratura *cyberpunk* dei primi anni '80 che devierebbero

²⁰ D'Alessandro P., Op. cit.

fortemente dai propositi scientifici e divulgativi qui affrontati, potrebbe, tuttavia, risultare interessante fare alcune precisazioni in tal proposito.

Quando il termine *cyberspazio* fece la sua prima comparsa nella storia fu all’interno del romanzo *Neuromance* del 1984 di William GIBSON, con tale neologismo si intendeva definire una realtà che poteva essere sperimentata simultaneamente da più persone localizzate fisicamente in diverse aree del globo. L’obiettivo nobile era quello di mettere in comunicazione, in una sorta di realtà sostitutiva, tutti i popoli del mondo con culture e tecnologie differenti. Un anno prima, era il 1983, questa volontà di astrazione del reale era già stata analizzata da Myron KRUEGER nel libro *Artificial Reality*.

«L’idea centrale di questo libro è l’Ambiente Reattivo, un paradigma simile al modello del mondo considerato come enorme macchina di Hobbes²¹, che aiuta nella comprensione dell’essenza della nostra esperienza presente e futura. Tale esperienza sarà caratterizzata da sistemi informatici in grado di percepire i nostri bisogni e reagire ad essi».

In questa definizione si evince la caratterizzazione di un mondo in cui è possibile esprimersi senza alcun vincolo e con la massima libertà, talvolta, infrangendo anche le leggi della natura. Nel 1991 il sociologo e saggista statunitense, Howard RHEINGOLD, pubblica un interessantissimo testo dal titolo *Virtual Reality* in cui si affrontano tematiche culturali, filosofiche e tecnologiche inerenti ai mondi artificiali generati dai *computers* ed al loro potere di trasformare la società. Si riporta di seguito un passaggio denso di significati alle soglie del XXI secolo.

«Il problema centrale della progettazione dei sistemi interattivi è ciò che io definisco *virtualità* di un sistema. Il termine è inteso in senso generalissimo e abbraccia tutti i campi in cui la mente, gli effetti e le illusioni sono appropriate parti in gioco.

Per virtualità di una cosa intendo la sua apparenza, come qualcosa di distinto dalla sua più concreta “realtà”, che può non essere importante. Il termine alternativo più vicino che sono riuscito a trovare è “ambiente mentale”. I miei studenti mi hanno incoraggiato a mantenere il termine “virtualità”, benché possa essere motivo di confusione tra gli utenti dei cosiddetti “sistemi virtuali”, cioè sistemi reali configurati con una smisurata memoria virtuale.

Un sistema informatico interattivo è una serie di presentazioni atte ad influenzare la mente in un certo modo, proprio come un film. Non si tratta di un’analogia casuale; si tratta del problema centrale.

Utilizzo il termine “virtuale” nel suo senso tradizionale, come opposto a “reale”. La *realtà* di un film comprende come lo scenario è stato dipinto e dove gli attori sono stati riposizionati fra le riprese, ma a chi può interessare? La *virtualità* del film è *ciò che sembra esservi*. La *realtà* di un sistema interattivo comprende la sua struttura di dati e con quale linguaggio è stato programmato – ma ancora, a chi può interessare? Il problema importante è, *che cosa ha l’apparenza di essere?* Una “virtualità”, inoltre, è una struttura di apparenza – la sensazione concettuale di quello che è creato. In quale ambiente concettuale ci troviamo? È questo ambiente e la quantità e la percezione della sua reazione, che conta – non l’irrilevante “realtà” dei dettagli di attuazione. E creare questa apparenza,

²¹ Thomas HOBBS (Westport, 5 aprile 1588 – Hardwick Hall, 4 dicembre 1679) è stato un filosofo e matematico britannico, sostenitore del giusnaturalismo e autore nel 1651 dell’opera di filosofia politica *Leviatano*. Il richiamo di KRUEGER a HOBBS è legato alla visione meccanicistica e deterministica che quest’ultimo ha della realtà. Egli non riconosce l’esistenza di un’anima, ma riconosce una distinzione tra uomo e animale in quanto il primo ha “la capacità di congetturare eventi futuri sulla base di esperienze passate”.

come un insieme integrato, costituisce il vero lavoro di progettazione e realizzazione della virtualità. È tanto vero per un film quanto per un elaboratore di testi.»

Si tratta di un articolo del 1980 di Theodor NELSON “tecnoprofeta e stagionato protagonista della rivoluzione dei personal computer”, così lo definiva RHEINGOLD. Ma la cosa che fa riflettere è che l'articolo si trasformò nel discorso fondante della prima dimostrazione pubblica organizzata dall'allora nascente colosso Autodesk (*demo* Cyberia, 1989). Sul finire degli anni '70 era già d'interesse la virtualizzazione di ambienti ed edifici, nonché l'infrastrutturazione degli stessi per poter beneficiare dei nuovi orizzonti cognitivi prospettati. La compresenza storica alla *demo* di Autodesk di aziende, solo per citarne alcune, come: NASA, VPL (Wall Street), Apple, Lucasfilm e diverse Università tra cui l'immane MIT (principale sponsor e partner), era solo un piccolo dettaglio di cosa si stava prospettando quel giorno in termini di scenari futuri innovativi.

Il *Building Information Modeling* va inquadrato tecnicamente e culturalmente a partire proprio da quel fervente clima di condivisione d'intenti tra scienziati, utopisti, programmatori, imprenditori e ingegneri e non andrebbe posto in secondo piano. In tal proposito alla *Hackers' conference* del 1989 l'allora presidente dell'Autodesk nonché «riservatissimo programmatore», John WALKER, richiamava l'attenzione del parterre indicando l'esistenza di “un mercato non ancora sfruttato per gli strumenti che rendono possibile ad un maggior numero di persone, lavorare in maniera più intelligente immergendosi all'interno di modelli dei loro progetti”.

Cercando di fissare alcuni concetti si può dedurre che la realtà virtuale è assimilabile ad un mondo verosimile (che è dunque tangibile) che a differenza della artificialità della realtà di KRUEGER – secondo la tesi di RHEINGOLD - risponde a tutte le leggi della fisica che si sperimentano quotidianamente nel mondo reale.

Il saggio di Jarry ISDALE, dal titolo *What is Virtual Reality?*, esplora in modo puntuale tutta la fenomenologia tecnica che ruota attorno alla virtualità come manufatto principalmente comunicativo e ne individua tre condizioni *sine qua non*:

- *Tempo reale*: riproduzione continua delle visualizzazioni come accadimento di tempistiche reali;
- *Interattività*: libertà esplorativa del modello da parte dell'utente secondo principi di causa-effetto;
- *Immersività*: percezione cognitiva dell'ambiente virtuale come estensione di quello reale secondo una coerenza percettiva sensoriale.

Questi sono tre concetti chiave in grado di rendere la comprensione del modello informativo architettonico più acuta ed esaustiva. Sempre secondo ISDALE il concetto di virtuale (e di virtualizzazione dell'atto progettuale – *nda*) non è da considerarsi semplicemente l'esternazione di una:

«tecnologia, bensì un aggregato di tecnologie e branche del sapere assai diverse tra loro. La vera sfida da affrontare è farle, per la prima volta, lavorare, colloquiare, operare insieme. Il che non è per nulla facile, vista la lista parziale che segue: psicologia, più o meno

cognitiva, ergonomia, visual design, arte, architettura, tutta la branca delle scienze delle comunicazioni, oltre a quelle strettamente tecnologiche, senza dimenticare la filosofia»²²

si evince una profondità oggettiva e culturale perfettamente sovrapponibile a quella progettuale propria della modellizzazione nell’architettura e nel design. Alla luce di quanto puntualizzato in precedenza, è possibile distinguere:

- *Modello a schermo*: l’oggetto della rappresentazione è mostrato attraverso un dispositivo visivo di output (display o proiettore) che in tempo reale consentirà al fruitore di poter apprendere informazioni sullo stesso attraverso una *user interface* (UI) specifica. La temporalità è nella capacità dell’elaboratore informatico che trasforma i complessi calcoli matematici eseguiti in nano-secondi, in rappresentazioni tridimensionali dell’oggetto-modello.
- *Modello interattivo*: secondo un principio di azione-reazione l’utente è in grado di personalizzare la sua esperienza conoscitiva del modello (interattività); una modalità che oggi si sta affermando sempre di più nel mercato AEC.
- *Modello immersivo*: secondo le definizioni di realtà virtuale fornite, in questa tipologia di modello si coinvolgono, nel processo conoscitivo ed analitico, le percezioni sensoriali dell’utenza. Fermo restando la necessità di dotarsi di apposite attrezzature, che la democratizzazione tecnologica inizia a diffondere in maniera sempre più capillare verso un’utenza media, è forse il campo in cui le *Software House* stanno maggiormente investendo, parallelamente al loro impiego, nel settore delle costruzioni.

I concetti affrontati inducono ad accogliere con una certa naturalezza la necessità di prendere coscienza che l’Architettura, la disciplina storicamente dedicata allo studio degli spazi e della loro ottimizzazione secondo le esigenze dell’uomo, ha l’obbligo “spirituale” di condurre per mano questo cambio di paradigma culturale grazie alla possibilità offerta dal nuovo mondo artificiale per continuare a leggere ed interpretare lo spazio umano e l’ambiente costruito.

1.3 Know-How innovativo nella digitalizzazione dei processi

L’insieme delle conoscenze digitali attualmente in possesso degli attori del processo edilizio, congiuntamente alle innovazioni prospettate dalla crescente integrazione delle tecnologie ITC, stanno trasformando il modo in cui architetti e *designers* trasferiscono a livello tecnico le esigenze di committenti e produttori. Attori che intervengono nelle differenti fasi dell’intero processo edilizio motivando requisiti, validando congruenze, verificando aspetti qualitativi in *real time* e, dunque, efficientando tempistiche e profitti dell’intera “catena” di produzione. La stessa attenzione che si sta trasferendo sull’utenza

²² Isdale J., (1995). Che cos’è la realtà virtuale, Roma-Napoli: Theoria, p. 9.

finale ne è un esempio. Inizialmente essa era vista solo come il punto di arrivo dell'intero processo mentre la visione che si possiede oggi la trasforma in una incredibile fonte di informazioni fisiche e comportamentali che contribuiscono significativamente all'efficacia e all'efficienza del progetto. Le informazioni generate dall'utenza consentono di definire in maniera più accurata le azioni di ottimizzazione all'interno del processo edilizio, sempre più digitalizzato e interconnesso.

Gli attori del processo individuano due modalità di approccio all'innovazione, ovvero, un approccio *incrementale all'innovazione* ed uno *innovativo-visionario* (definito anche radicale), entrambe fanno riferimento al livello di profondità con cui ci si “affida” alle nuove strumentazioni al fine di assumere il controllo parziale, o pieno, dell'intera processualità dell'opera da costruire. Una chiara sistematizzazione del concetto di “innovazione” fu data nel 1983 dall'economista SCHUMPETER che ne ha identificato cinque tipologie: innovazione di “prodotto”, di “metodo di produzione”, di “apertura di un nuovo mercato”, di “fonti/approvvigionamento di materie prime o beni intermedi”, di “riorganizzazione di un ente economico”.

Sul piano tecnologico le indicazioni tipologiche di SCHUMPETER sono state tradotte nel Manuale di Oslo (OCDS, 1995) in campi di applicazione quali: *prodotto, tecnologia e componente tangibile/funzionale; estetica, design, immagine e comunicazione; servizi integrati ai prodotti; processo produttivo e dimensione organizzativa; sistema dell'offerta nel suo complesso; marketing, relazioni con clienti, fornitori e istituti di ricerca.*

Nel caso di innovazione incrementale si opta per un parziale controllo della processualità (nel senso di interoperabilità e integrazione delle strumentazioni) a vantaggio di un investimento con un minor rischio economico e produttivo che interessa i campi di applicazione poc'anzi descritti. Questa la strada che molte aziende italiane del settore edilizio, che è risaputo essere molto frammentato, stanno adottando. Nel caso di innovazione visionaria si punta ad una processualità totalmente digitalizzata, chiaramente valutando in maniera intelligente le singole strumentazioni a disposizione in grado di integrarsi totalmente in ciascun campo di applicazione come citato precedentemente. L'innovazione assume un carattere *proteiforme* nella misura in cui essa è capace di attraversare un campo di applicazione riducendone i rischi operativi accrescendone le performance globali mediante la trasposizione delle conoscenze acquisite in campi che differiscono molto tra loro. Una innovazione può intendersi tale quando è in grado di instaurare un equilibrio tra potenzialità prospettate e i rischi da intraprendere in base alla profondità dei “cambiamenti” che si è imposto di voler attuare all'intera filiere produttiva.

Risulta interessante la sistematizzazione dei campi di azione all'interno della progettazione tecnologica illustrata dall' *American Institute of Architects*, che individua sette categorie in cui il *digital know-how* sta generando processi innovativi virtuosi che interessano in prima persona proprio architetti, designers e organizzazioni. Le categorie di cui sopra sono: *Communication, Design Exploration and Facility Performance, Cost, Schedule, Safety, Project Delivery, Knowledge Management.*

Questa sistematizzazione è il risultato di un attento lavoro di ricerca sviluppato dal CIFE²³ all’interno di un vasto *framework* di ricerca sul BIM e il Virtual Design and Construction (VDC) orientato allo studio delle procedure di *decision making* (lato business objectives) nella gestione dell’innovazione tecnologica all’interno della AEC industry. Ancora una volta si sottolinea la natura *data-informed* di qualunque atto progettuale nei settori disciplinari che ruotano attorno a quello produttivo/costruttivo. Di seguito saranno proposte alcune delle definizioni legate alla strumentazione digitale, attorno le quali si sta strutturando la pratica professionale e la ricerca scientifica del settore, che costituiscono parte integrante dello *state of art* della progettazione tecnologica e tracciano il palinsesto culturale della *rivoluzione informatica* in Architettura.

3D Modelling

Rappresentazione virtuale tridimensionale di una superficie o forma di un oggetto geometrico. Le superfici 3D si materializzano virtualmente congiungendo il dominio di punti che le discretizzano; il congiungimento può avvenire mediante linee che formano maglie triangolari, in tal caso si definiscono *mesh* di superfici, oppure mediante superfici di tipo *Not Uniform Rational Béziere Splines* (NURBS²⁴). L’oggetto 3D finale può essere un solido (porta con sé le caratteristiche volumetriche) oppure una forma costituita da superfici-limite, “shell”.

4D Modelling

Al modello 3D, il progresso tecnologico ed informatico esperito dal *Building Information Modelling* aggiungerà via via più dimensioni (nD), nel caso specifico la quarta dimensione intende riferirsi alle fasi/sequenze di gestione e costruzione dell’opera/manufatto. Ad esempio, parlare di 5D e 6D vuol dire integrare nel pacchetto informativo, a corredo del modello tridimensionale, le caratteristiche dei costi e della gestione dei beni ad esso connessi (*Cost & Facility Management*).

Building Information Modelling (BIM)

Si riporta di seguito la definizione di BIM fornita dalla prima *Software House* che nel 1982 già sviluppava, per la piattaforma Apple Macintosh, il primo dei *Virtual Building concept* lanciata, poi, nel 1987 dalla ungherese GRAPHISOFT.

²³ Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) Stanford University

²⁴ Le geometrie NURBS hanno cinque importanti caratteristiche che le rendono una scelta ideale per la modellazione assistita dal computer. Esistono svariate soluzioni basate su standard industriali in grado di scambiare geometrie NURBS. Ciò consente ad un gran numero di utenti di poter intercambiare i loro modelli geometrici tra i vari programmi di modellazione, rendering, animazione ed analisi ingegneristica. Le informazioni memorizzate sulle geometrie possono essere riutilizzate in futuro. La quantità di informazioni richiesta per la rappresentazione NURBS di un elemento geometrico è di gran lunga inferiore alla quantità di informazioni necessaria per rappresentare la stessa geometria tramite approssimazioni mesh. (tratto da www.rhino3d.com/it/nurbs)

«BIM is an acronym that stands for Building Information Modeling. BIM is very much talked about these days in the building industry, but when asked you will receive more or less different definitions from different people? Some say BIM is a type of software. Some say BIM is the 3D virtual model of buildings. Others say BIM is a process or BIM is nothing more than the collection of all building data organized into a structure *database* easy to query both in a "visual" and a "numerical" way. It is safe to say that BIM is all the above and some more... Now let's see BIM explained in laymen's terms. When it comes to BIM everything starts with a 3D digital model of the building. This model, however, is way more than pure geometry and some nice textures cast over it for visualization. A true BIM model consists of the virtual equivalents of the actual building parts and pieces used to build a building. These elements have all the characteristics - both physical and logical - of their real counterparts. These intelligent elements are the digital prototype of the physical building elements such as walls, columns, windows, doors, stairs etc. that allow us to simulate the building and understand its behavior in a computer environment way before the actual construction starts»²⁵.

Si potrebbe in definitiva affermare che il BIM è un modello tridimensionale “informato”, nel senso che in esso prendono forma le informazioni di natura descrittiva e geometrica in una modalità parametrizzata che incrementa il valore concettuale del modello stesso attraverso la correlazione di “attributi” *alfa-numerico-geometrici* dei singoli “componenti” che lo costituiscono.



Fig. 3: Building Information Modelling (BIM) - immagini rappresentative del modello “informato”

Computer-Aided Design (CAD)

Sistemi *hardware* e applicazioni software che assistono il progettista/operatore CAD (fase di 3D drawing) nelle operazioni di progettazione e/o di rappresentazione grafica e di redazione della relativa documentazione.

²⁵ Tratto da *B.I.M. explained in laymen's term*,
[accesso web link 12/12/2016] [www.graphisoft.com/archicad/open_B.I.M./about_B.I.M./](http://www.graphisoft.com/archicad/open_B.I.M./about_B.I.M/)

Clash detection

Espressione per lo più adoperata dai *BIM managers* o *coordinators*, definisce una operazione di identificazione di conflitti geometrico-spaziali all’interno del modello unico tra le diverse discipline specifiche (architettonica, strutturistica, impiantistica). La *clash detection* è fortemente legata al “livello BIM” adottato e alla “profondità” e formato delle informazioni sovrapposte che definiscono il cosiddetto “modello federato” (modello informato che convoglia basi di dati multiple in un’unica base di dati condivisa, principale scopo della logica BIM).

Computer Numerical Controlled (CNC)

Le macchine a controllo numerico rappresentano il *trait-d’union* tra la fase realizzativa concettuale e quella produttiva industriale. Sono macchine in grado di leggere istruzioni (formati tipo: DWG, G-Code etc.) fornite dai modelli “informati” al fine di “manipolare” la materia per ottenere l’oggetto desiderato (tagliando, forando, fresando, asportando, etc.).

Integrated Concurrent Engineering (ICE)

«Integrated Concurrent Engineering (ICE) uses: a singularly rapid combination of expert designers; advanced modeling, visualization, and analysis tools; social processes, and a specialized design facility; to create preliminary designs for a complex system»²⁶.

In pratica *team* multidisciplinare che ha lo scopo di valutare e gestire le performance e l’efficacia delle diverse proposte progettuali in tutte le fasi del loro ciclo di vita per meglio rispondere alle richieste avanzate dai diversi *stakeholders*.

La digitalizzazione dei processi tende a definire un percorso operativo caratterizzato da differenti funzioni necessarie alla generazione, comunicazione e realizzazione del prodotto progettuale in funzione del livello di maturità operativa e del livello di integrazione strumentale raggiunto in ciascuno dei settori disciplinari. Il CIFE di Stanford articola tale percorso operativo in cinque categorie chiave ben note ad architetti, designer e operatori AEC: *Visualization, Documentation, Model-Based Analyses, Integrated Analyses e Automation and Optimization*.

Visualization

Tools per la visualizzazione concettuale e di dettaglio del prodotto dalla fase di concepimento, *early-stage design*, sino a quella di industrializzazione e produzione dell’oggetto. Trattandosi di applicazioni di rappresentazione (anche virtuali o coadiuvate dalla realtà aumentata) non interagiscono direttamente con gli aspetti performativi,

²⁶ Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors That Enable Radical Project Acceleration (Center for Integrated Facility Engineering [CIFE], Stanford University, 2004 by J. CHACHERE, J. KUNZ, and R. LEVITT.
[accesso web link 18/12/2016] cife.stanford.edu/sites/default/files/WP087.pdf

pertanto, non si integrano abbastanza negli aspetti processuali della progettazione tecnologica.

Documentation

Tools e sistemi di gestione e archiviazione di documentazione tecnica (2D, istruzioni, manuali etc.) che completano e arricchiscono il modello informativo. Attualmente si stanno integrando sempre più spesso tecnologie di *scanning e facility-positioning* per semplificare le fasi di *management* delle attrezzature e degli arredi in contesti preesistenti.

Model-Based Analyses

Campo molto vasto e variegato di software, *add-ons, plugins* che accompagnano le fasi della progettazione e del *decision making* attraverso simulazioni dedicate e afferenti ai diversi settori disciplinari. Si spazia dalle simulazioni predittive-comportamentali delle utenze e/o delle attrezzature in fase di utilizzo (vedi HVAC e simulazioni energetiche), alle analisi performative (ad ampio spettro) sino a quelle strutturali e sull'impatto ecologico che la nuova opera avrà sull'ambiente costruito (LCA, Global Warming Potential etc.).

Integrated Analyses

Consiste nella messa a sistema, nonché efficientamento, del *dataset*²⁷ di informazioni prodotte nelle fasi precedenti. Questa fase consente di eliminare tutte le informazioni ridondanti o semplicemente non utili per i fini e obiettivi preposti. Le analisi integrate sono quelle maggiormente attenzionate dalla logica BIM in quanto l'integrazione dei formati e degli standard digitali rappresentano il punto di partenza per l'attivazione di procedure automatizzate di validazione degli stessi modelli "informati".

Automation and Optimization

Ecosistema di *hardware e software* in grado di ottimizzare tempistiche e costi della progettazione e della produzione ampiamente adoperati nella prefabbricazione e prototipazione nel AEC *industry*. Dal punto di vista del designer l'avvento di *tools* parametrici, e lo stesso approccio algoritmico tramite *scripting customizzati*, sta rapidamente delineando scenari progettuali e produttivi altamente specializzati e performanti declinando il settore delle costruzioni alla *user (owner)-customization*, piuttosto che alla *mass-production*.

Se da un lato il *digital know-how* sta approfondendo messaggi di integrazione e multidisciplinarietà tra settori affini, ne è un esempio la compresenza di tecnici informatici ed architetti/designer all'interno dei *team* di sviluppo delle stesse *software house*, l'altro lato

²⁷ Più comunemente un dataset costituisce un insieme di dati strutturati in forma relazionale, ciò corrisponde al contenuto di una singola tabella di database, oppure ad una singola matrice di dati statistici, in cui ogni colonna della tabella rappresenta una particolare variabile, e ogni riga corrisponde ad un determinato membro del dataset in questione. (tratto da it.wikipedia.org/wiki/Dataset)

della medaglia, l’aspetto *disruptivo* dell’innovazione tecnologica, paventa possibili ingigantimenti del problema della separazione degli ambiti professionali in concomitanza con la molteplicità di formati e modelli adottati dai diversi interlocutori. Ne segue una necessità vitale di lavorare con determinazione e celerità su un formato operativo condiviso e standardizzato che, laicamente, metta d’accordo i diversi produttori di software e piattaforme di settore.

Questo è il progetto che sostiene dal 1994 l’*International Alliance for Interoperability*, diventata in tempi recenti *buildingSMART Organization*, al fine di definire sempre più accuratamente il formato dati di interscambio individuato per l’annosa questione dell’*interoperability*, ossia, l’*Industry Class Foundation (IFC)*²⁸ ad oggi il più accreditato. Tuttavia, le problematiche ad esso connesse sono tutt’altro che di facile e rapida risoluzione.

Comunication

Dalla produzione dei primi disegni nel classico standard DWG sino alle infografiche che mettono sul piatto della bilancia i pro e i contro delle scelte progettuali adottate o adottabili, la comunicazione digitale è in grado di influenzare tempi di risposta, confronto e verifica con i diversi attori del processo. La logica BIMs (*Beyond Information Models*), consente di definire un percorso ragionevolmente lineare a partire dalle valutazioni sul “design delle masse”, in fase di *early-stage design*, mettendo a disposizione immediatamente cronoprogrammi, schede tecniche e valutazioni di massima sugli aspetti performativi della costruzione. Aspetti che contribuiscono alla produzione di una documentazione che, oltre a “informare” il modello su cui si sta lavorando, acquisiscono un peso determinante nelle fasi di negoziazione con gli *stakeholders*. Un architetto o designer che è in grado di motivare attraverso dati, fatti concreti, il proprio intento progettuale rappresenta un eloquente dimostrazione del cambiamento di metodo indotto dal *know-how* digitale. L’ottimizzazione del processo passa attraverso *stanze virtuali di coworking*, ossia attraverso piattaforme per il *multiple meeting online* (ad esempio TeamViewer, Skype, WebEx, GoToMeeting etc.) sulle quali si effettuano la maggior parte delle riunioni tecniche (*work sessions*) che migliorano la gestione e il coordinamento tra gli addetti ai lavori. Si abbattano in questo modo i costi inerenti agli spostamenti fisici non intaccando eccessivamente la produttività dell’intero *teamwork*. Le “i-Room” o gli *interactive workspace* consentono a committente, impresa, designer, pubblica amministrazione di sedere ad uno stesso tavolo di contrattazione pur non condividendo lo stesso spazio fisico. Il fitto interscambio di commenti, annotazioni, *files* di qualunque formato spesso diventano essi stessi “materiale per il progetto” su cui il *teamwork* si confronta costantemente; in gergo tecnico questa fase è definita *slacking*, ancora una volta una definizione nata dall’omonimo *tools*, “Slack” che per primo ha sviluppato un metodo efficace ed efficiente di comunicazione interna al

²⁸ Per maggiori approfondimenti si rimanda il lettore al sito buildingsmart.org.

gruppo di lavoro (vedi *Slack, Trello, Wrike*, etc.). Grazie all'uso degli *smartphones, tablet* (e di una componentistica hardware sempre più performante e miniaturizzata) è possibile “sedersi” allo stesso tavolo di negoziazione in maniera efficace e produttiva in ogni singola fase di avanzamento dei lavori.

Design Exploration and Facility Performance

La possibilità di esperire analisi sulle *performance* dell'opera da costruire in maniera rapida ed accurata consente di ottenere le risposte sul suo utilizzo e sulla sua gestione e di orientare meglio l'offerta progettuale rispetto alle specifiche commissionate. Un esempio pratico è l'approccio che si ha con la “modellazione delle masse” (modello concettuale dell'opera) finalizzate all'analisi energetica tenendo in conto le peculiarità dell'opera stessa: orientamento, geolocalizzazione, illuminamento, abitudini dell'utenza, materiali, geometria. Il tutto condensato all'interno di schede e grafici di output che informano il progettista (o committente) sulla qualità e performance energetiche che caratterizzeranno la proposta progettuale. Questa esplorazione virtuale offre la possibilità di modulare l'offerta in termini di risparmio energetico e di adattabilità della stessa in funzione delle esigenze specifiche dell'utenza innalzando i livelli di comfort complessivi. La modellazione parametrica rappresenta un aspetto chiave all'interno della digitalizzazione dei processi e della rivoluzione digitale. La possibilità di ridurre la distanza virtuale tra “spazio della rappresentazione” e “spazio del calcolo” (controllo matematico), ha contribuito all'accrescimento della consapevolezza dell'atto della modellazione tridimensionale. Mentre il progettista crea/riproduce egli trasla il disegno verso la *definizione di procedure* di natura generativa e associativa: “a dimostrazione del fatto che non è la geometria finale che conta ma le relazioni che la stabiliscono”²⁹. È in questo frangente che la “i” dell'acronimo BIM attribuisce un peso specifico elevato al modello 3D e testimonia quanto il valore del dato correlato sia superiore a quello metrico tridimensionale. La fase di *design exploration* è tanto profonda quanto più tende a concentrare gli sforzi dell'intero gruppo di lavoro verso la fase della produzione industriale e costruttiva del manufatto. Non è un caso che molteplici upgrade del *know-how* digitale provengano da esperienze lavorative nel settore delle costruzioni e della prefabbricazione/prototipazione di grandi firme come FOSTER & PARTNERS, BUROHAPPOLD, ARUP SPORT, KPF, Greg LYNN; ne sono un esempio gli sviluppi applicativi di *tools* come *GenerativeComponents* di Bentley, oppure di *ParaCloud* e della più nota piattaforma di *visual scripting* Grasshopper di McNeel.

Il processo di “informatizzazione” del modello di lavoro si chiude efficacemente con un ulteriore apporto di risorse tecniche manualistiche e di gestione dei diversi *assets* (beni, servizi, dotazioni, attrezzature) che sono collocate all'interno della costruzione, ovvero la *facility management* (FM). Attraverso una gestione intelligente delle dotazioni è possibile

²⁹ Converso, S. (2009). *Il progetto digitale per la costruzione: cronache di un mutamento professionale*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.

ridurre i costi relativi alle operazioni di manutenzione (O & M), allegando virtualmente agli *assets* i manuali di manutenzione e d’istruzione all’uso del bene stesso semplificando le operazioni di *management* anche con soluzioni basate sulla *Augmented Reality* (AR)³⁰.

Cost, Schedule and Safety

La natura parametrica ed associativa del modello BIM rende possibile una rapida integrazione delle schede tecniche con la stima dei costi; associando al singolo componente le informazioni dei costi parziali essi saranno dinamicamente correlati alle quantità e alla tipologia di *assets* implementati nel modello. L’esercizio del controllo su quantità e componentistica consente di generare in maniera semi-automatica una corposa documentazione a corredo del modello 3D costituita, per lo più, da tabelle programmatiche denominate *schedule*. Tale documentazione si rivela particolarmente utile nelle simulazioni 4D, ovvero, nelle fasi logistiche di approvvigionamento e validazione delle forniture, ma anche come strumento per la sicurezza in cantiere in quanto in grado di evidenziare differenti criticità (*hazard*) data la sua natura informativa multidimensionale. Un esempio di approvvigionamento ai materiali e alla validazione delle forniture in cantiere integrato al BIM è quello esibito tra Tekla Structures™ e Vela Systems Material Tracker™ per gli elementi in acciaio strutturale, attraverso un sistema di codici a barre e di identificativi a radio frequenza (RFID) apposti sui box di imballaggio.

Project Delivery

Ulteriore passo avanti è stato compiuto in termini di scambio e invio dei *files*/documenti di progetto attraverso *tools* integrati nelle piattaforme di progettazione. In particolare, il *know-how* digitale ha concepito una procedura di “distribuzione” definita *Integrated Project Delivery* (IPD) che consente di elevare ulteriormente il livello di conoscenza dell’atto progettuale tra i diversi attori del processo. La struttura del IPD deve prevedere l’impiego di specifici *tools* (con specifici *outcomes*): Utilizzo del *modello BIM in 2D e 3D*, poiché in grado di effettuare in dinamico una serie di operazioni di valutazioni di compatibilità dell’intero modello digitale e di valutare differenti soluzioni progettuali; *Clash detection* per la verifica di conflittualità scaturite dalla “sovrapposizione” di modelli specifici (strutturale e impiantistico), e ridurre le tempistiche di ri-adattamento costante e continuo del modello instaurando un tedioso processo di RFIs (*Request For Informations*) e di RFP (*Request For Proposal*); Inclusione di piattaforme di *interoperabilità* oppure, più recentemente, di *cloud computing and storage* che rendono il “dato” sempre accessibile e

³⁰ Gli elementi che “aumentano” la realtà possono essere aggiunti attraverso un dispositivo mobile, come uno smartphone, con l’uso di un PC dotato di webcam o altri sensori, con dispositivi di visione (per es. occhiali a proiezione sulla retina), di ascolto (auricolari) e di manipolazione (guanti) che aggiungono informazioni multimediali alla realtà già normalmente percepita. Le informazioni “aggiuntive” possono in realtà consistere anche in una *diminuzione* della quantità di informazioni normalmente percepibili per via sensoriale, sempre al fine di presentare una situazione più chiara o più utile o più divertente. (tratto da it.wikipedia.org/wiki/Realtà_aumentata)

disponibile incrementando il livello di *files sharing* e di efficacia del *coworking*, *Big Room* e *Audio/Video web conferencing* per facilitare la collaborazione e intensificare i *meeting* tra i diversi attori ed efficientare la comunicazione in remoto con collaboratori *off-site*.

È importante sottolineare come il modello IPD non invalidi i tradizionali metodi e strumenti di comunicazione, distribuzione e scambio di documentazione ma, piuttosto, il suo valore aggiunto è percepito in termini di aumentata interazione, immediata verifica e riformulazione in senso corale dell'intero atto progettuale finalizzato alla realizzazione dell'opera/manufatto e, in definitiva, contribuendo alla digitalizzazione del processo produttivo.

Knowledge Management

I processi “informati”, in funzione della dimensione dell'opera da realizzare e del *teamwork* incaricato, istituiscono una conoscenza di base collettiva da cui è possibile attingere attraverso sistemi informativi locali - *intranet*. Negli ultimi anni si sta dimostrando pratica diffusa il supporto strumentale e analitico fornito dalle reti locali installate negli studi di progettazione di medie e grandi dimensioni. Tali sistemi di informazione consentono di generare, in base al volume di lavoro delle commesse, dei veri e propri *database*³¹ di soluzioni tecnologiche adottate, specifiche tecniche, personale interrogato per consulenze specialistiche, verifiche delle capacità lavorative del *team* stesso, creare una serie innumerevole di condizioni al contorno e filtri di indagine esplorativa dell'operato. È superfluo ribadire che l'adozione di un ecosistema software dedicato determina anche l'approccio metodologico al problema della progettazione e della realizzazione del prodotto; afferma Marshall MCLUHAN: “il medium è il messaggio”, nella misura in cui gli strumenti influenzano l'interazione e la consapevolezza dell'utente nel processo, così si veicola il “sapere collettivo” degli addetti ai lavori all'interno dei diversi segmenti di mercato. In tal senso non va dimenticato che dietro il concetto di integrazione strumentale, ci saranno sempre finalità commerciali e strategie di marketing delle *software house*, ed è questo il principale problema che bisognerà tenere in conto nelle fasi di definizione, adozione e accreditamento nell'immediato futuro tecnico e professionale dei *formati neutri* condivisi. Si rammenta, infine, che “lo scopo ultimo della progettazione tecnologica (ma più in generale dell'atto progettuale) sarà l'esito costruttivo in quanto concretizzazione dell'appropriatezza tecnica dei mezzi adoperati il cui fine ultimo è, e resterà sempre, la collettività”³².

³¹ Insieme organizzato di dati gestito da un DBMS. Sue caratteristiche sono la grandezza, la condivisibilità e la persistenza: una banca dati è grande perché in generale ha una dimensione tale da richiedere l'utilizzo della memoria secondaria per la sua gestione, condivisa, perché accessibile da più applicazioni e utenti, e persistente, perché ha un ciclo di vita indipendente da quello dei programmi che la utilizzano. (tratto da www.treccani.it/enciclopedia/banca-dati/).

³² Nardi, G. (1986). *Le nuove radici antiche: saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*. Milano: Franco Angeli Edizioni.

Questa disamina sullo stato dell’arte della progettazione tecnologica ha esordito con i diversi approcci con cui si può attingere sapere tecnico e metodologico dall’innovazione ebbene, in tal senso, il “fine” a cui si riferiva NARDI serve da monito e da bussola per gli addetti ai lavori, ad architetti e designer che hanno maggiormente risentito (rivolgendo lo sguardo alla produzione industriale) dell’effetto disruptivo che l’innovazione tecnologica ha introdotto nel mercato delle costruzioni. Fa notare Clayton M. CHRISTENSEN, professore di Business Administration alla Harvard Business School, che:

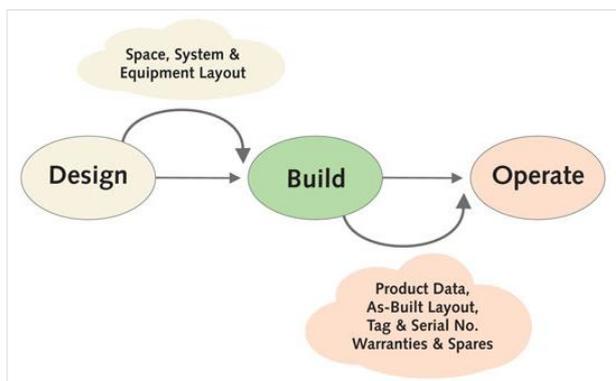
«technologies can progress faster than market demand, illustrated, means that in their efforts to provide better products than their competitors and earn higher prices and margins, suppliers often “overshoot” their market: They give customers more than they need or ultimately are willing to pay for. And more importantly, it means that disruptive technologies that may underperform today, relative to what users in the market demand, may be fully performance-competitive in that same market tomorrow»³³

I mercati e le tecnologie si evolvono rapidamente e spesso in maniera asincrona, un punto di partenza per cui il concetto di *mass customization* andrebbe rivisitato alla luce degli effetti collaterali che il marketing digitale potrebbe causare in termini di metodologie operative indotte dalle strumentazioni che occupano una posizione predominante sul mercato. Sarebbe auspicabile validare il carattere conoscitivo delle realtà medio piccole che costruiscono metodologie che si integrano col buon senso della pratica professionale degli addetti ai lavori e dalle esperienze lavorative di settore ben riuscite e in grado di “fare comunità” non solo rete.

Occupancy and Operation

Molte forme di approccio tecnologico alla gestione dell’intero processo costruttivo, si espletano anche nella fase operativa, di utilizzo e gestione del manufatto. Si annoverano, ad esempio, operazioni di *Building Management Systems* (BMS), che comprendono la gestione degli impianti (MEP, *Mechanical, Electrical e Plumbing*) attraverso la dislocazione di un folto pacchetto di sensoristica che ne consente il tracciamento nello spazio e nel tempo; di *Facility Management* (FM) attraverso codici ipertestuali e di identificativi in radiofrequenza. Una gestione intelligente delle operazioni di manutenzione “smart” oggi definita *Computerized Maintenance Management System* (CMMS). Quest’ultimo è uno strumento in grado di immagazzinare un numero implementabile di informazioni digitali afferenti al progetto e alle dotazioni. Quando la fase realizzativa si conclude, e il manufatto è consegnato come *as-built*, le informazioni digitali nel tradizionale formato PDF saranno archiviate con apposito identificativo all’interno del sistema CMMS.

³³ Clayton M. CHRISTENSEN, *The Innovator’s Dilemma: The Revolutionary Book That Will Change the Way You Do Business*, Harvard Business School Press, Boston Massachusetts, 1997, p. 11.

Fig. 4: Conceptual Data Model nella gestione informatizzata del modello³⁴

Alla *Digital Transformation* va riconosciuta la forte influenza sul pensiero tecnico dell'operatore e la consapevolezza di quest'ultimo di dover avere necessariamente coscienza del "sistema connesso" all'interno del quale progetta e degli strumenti che possono accrescere la sua stessa consapevolezza sistemica.

1.3.1 *Early-stage design: strumenti e strategie*

La stretta collaborazione tra operatori del settore e *Software House* ha prodotto nel tempo una molteplice quantità di *toolkit* in grado di supportare il designer sin dalla fase meta-progettuale. A partire dal *concept*, l'adozione del modello 3D è diventata fondamentale e, in taluni casi, ha elevato l'impiego del "disegno schizzato" ad una rappresentazione in grado di tenere effettivamente in conto le peculiarità del contesto d'intervento. Un recente studio condotto nel 2011 da PTC³⁵, intitolato *Trends in Concept Design*, si è evinto che il 27% del campione analizzato procede alla "cattura" del *concept* a mezzo elettronico (2D, 3D, diagrammi, infografica, etc.), mentre il 21% conserva una impostazione *hand-drawn*. La rispondenza ai requisiti ed agli obiettivi preposti è fondamentale perché è soprattutto in questo frangente processuale che si può generare fino al 75% del costo totale del lavoro commissionato, come riporta l'ASME³⁶ nello studio appena citato. Lo studio si conclude con una valutazione delle possibili "soluzioni" esperite durante la fase concettuale che mediamente produce dai 2 ai 5 modelli in grado di rispondere adeguatamente ai vincoli iniziali.

³⁴ Fonte [accesso web link 16/01/2016] www.B.I.M.taskgroup.org/cobie-uk-2012/

³⁵ PTC has the most robust Internet of Things technology in the world. In 1986 we revolutionized digital 3D design, and in 1998 we were first to market with Internet-based PLM. Now our leading IoT and AR platform and field-proven solutions bring together the physical and digital worlds to reinvent the way you create, manufacture, operate, and service products. With PTC, global manufacturers and an ecosystem of partners and developers can capitalize on the promise of the IoT today and drive the future of innovation. (tratto da ptc.com)

³⁶ American Association of Mechanical Engineers.

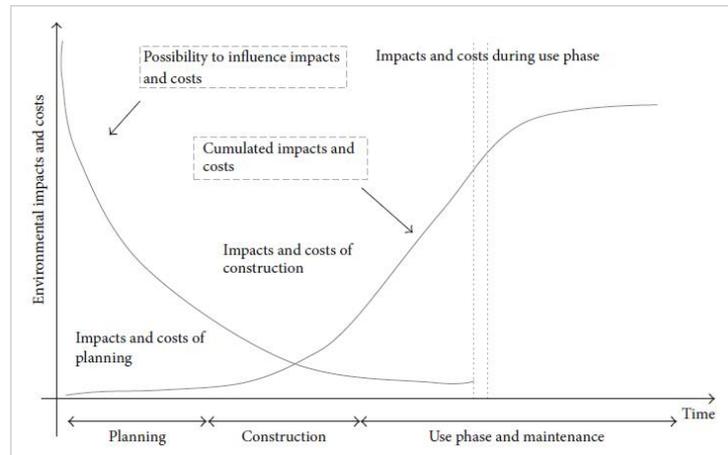


Fig. 5: Diagramma della distribuzione dei costi nelle diverse fasi della progettazione
N. Kohler and S. Moffatt, Life-Cycle Analysis of the Built Environment.

Durante la fase meta-progettuale, attraverso il *digital know-how* in possesso del gruppo di lavoro, è possibile esplorare ragionevolmente una serie di aspetti canonici, ovverosia, quelli necessari a formalizzare una concezione ottimizzata e sostenibile del progetto di architettura in grado di “informare” il progetto secondo una logica di insieme integrata e sistemica.

Tra i *toolset* più adoperati nelle fasi di comunicazione negli step di avanzamento del *design* concettuale, vi è sicuramente la suite Office di Microsoft con WORD™ ed EXCEL™ (fogli digitali e fogli di calcolo) alla quale sempre più spesso si stanno affiancando *utilities* di *mind mapping*, come Microsoft VISIO™, MIND MAP™, MINDMEISTER, BUBBLE.US, che consentono la costruzione di mappe concettuali rendendo più efficace ed immediata la lettura dell’*intention* progettuale in fase di *brainstorming*.

Non bisogna stupirsi della immediata necessità di dotarsi di modello 3D come punto di partenza per qualsiasi tipo di analisi/simulazione in grado di descrivere al meglio l’ambiente reale e poter “ragionare” sul prodotto progettuale. Di fatto il “modello”, per riprendere un famoso concetto di Tomás MALDONADO, resterà sempre l’intermediario fondamentale tra il lavoro concettuale-creativo dell’architetto e quello produttivo del costruttore, ed oggi con il supporto del virtuale e all’accuratezza della modellizzazione si è in grado di gestire al meglio la natura complessa del processo formativo. In termini di rapidità esecutiva e di diffusione nel settore AEC, questo grazie anche a politiche distributive *freeware*, Google SketchUp™ si è rivelato valido strumento di gestione del *mass conceptual modelling*, grazie ad una *User Interface* (UI) semplificata in grado di guidare intuitivamente il progettista come se operasse secondo un approccio *hand-drawn* (in termini di costruzione dell’oggetto solido).

Al crescere della complessità dell’oggetto da modellare si propongono sul versante della produzione di geometrie *smart* modellatori *free form* di tipo NURBS. Numerose sono le società e studi che offrono servizi di consulenza tecnologica come: Pickard Chilton and Skidmore, Owings & Merrill (SOM), CORE studio di Thornton TOMASETTI,

WEWORK (ex CASE-inc) di Adam NEUMANN, PROVING GROUND di Nathan MILLER, che ricorrono a tali strumenti interfacciandoli operativamente con piattaforme di tipo BIM. Quest'ultime frequentemente implementate per ampliare la gamma di *toolset* messi a disposizione per la *modellazione delle masse* (seppur ancora poco flessibili), potenziano a ragion veduta l'estensione operativo-strumentale del BIM nell'ambito dell'*early-stage design*.

L'avvento del movimento dei *Makers* ha poi sdoganato il concetto di prototipazione rapida (stampa 3D), cambiando il volto del settore manifatturiero riducendo i costi di acquisto di stampanti a *tecnologia additiva* anche per semplice uso domestico (per la stampa FFF³⁷ i materiali plastici più diffusi sono l'ABS e il PLA), ma che ai fini della pratica professionale hanno fornito un *upgrade* nel passaggio dall'oggetto virtuale a quello materiale. In tal modo si è consentito alla committenza di fruire dell'esperienza tattile del lavoro concettualizzato dall'architetto designer. Tra i *tools* più in voga per la gestione del codice di stampa *G-code* e l'ottimizzazione delle superfici *mesh*, entrano nel *toolkit* del progettista del XXI secolo applicazioni come: *3DTin*, *Freecad*, *Shapesmith*, *Thinkercad*, *OpenSCAD*, *Sculptris*, *Slice*, *MeshMixer*, *suite Autodesk 123D*³⁸.

Infine, va sottolineato il *trend* attuale di orientare il meta-progetto ad una concezione guidata da standard sostenibili (GBC, LEEDS, GreenFactor, etc.) attraverso l'impiego di *utilities* per l'integrazione di piattaforme di progettazione basate su specifici sistemi di *rating*.

Il primo contatto che si ha con il progetto di architettura è quello con il sito, ovvero, quello con la dislocazione geo-spaziale del manufatto. In questo ambito disciplinare la sovrapposizione tra GIS (Geospatial Information System) e BIM è evidente; in tal proposito molte *Software House* hanno trovato in Google Earth™, un terreno comune in grado di ricucire il *gap* tecnico tra le due piattaforme. Il riflesso operativo che si ha, per uno strumento che si avvale della tecnologia satellitare, è illimitato: si va dalla geolocalizzazione e al "geo-inserimento" del manufatto, sino all'esplorazione speditiva del sito mediante applicativo *built-in* StreetView. Proprio in questa fase, in cui si ha un rapporto più diretto con il committente, il progettista e/o il gruppo di lavoro si avvale di presentazioni a mezzo di *slides* (PowerPoint™, Keynote, etc.) per fissare iconograficamente i passaggi chiave di progetto da sviluppare successivamente. Alla comunicazione schematica si associa la riproduzione grafica dell'elaborato attraverso un

³⁷ Fused filament fabrication is a 3D printing process that uses a continuous filament of a thermoplastic material. This is fed from a large coil, through a moving, heated printer extruder head. Molten material is forced out of the print head's nozzle and is deposited on the growing workpiece. The head is moved, under computer control, to define the printed shape. Usually the head moves in layers, moving in two dimensions to deposit one horizontal plane at a time, before moving slightly upwards to begin a new slice. The speed of the extruder head may also be controlled, to stop and start deposition and form an interrupted plane without stringing or dribbling between sections. (tratto da Wikipedia)

³⁸ Al momento della redazione della presente trattazione, si riporta al lettore l'annuncio della chiusura del programma di sviluppo Autodesk123D. La stessa *software house* agli inizi del 2017 eseguirà una operazione di incorporamento della suddetta suite in altri prodotti Autodesk quali: *Thinkercad*, *Fusion 360*, *ReMake*. cfr. <http://blog.123dapp.com/2016/12/important-news-about-the-next-chapter>

motore render (Next Limit Maxwell, V-Ray, Corona, MentalRay, etc.) scegliendo, di volta in volta, lo stile espressivo con cui settare la resa grafica. Soluzione diffusa è quella di associare il motore di renderizzazione al software di modellazione attraverso l'implementazione della UI mediante *plugin* piuttosto che ricorrere ad un ulteriore *client stand-Alone*. Grazie al progresso tecnologico anche nel campo della fotogrammetria e del rilievo telemetrico a mezzo di laser-scanner si stanno moltiplicando le soluzioni di *Scanning to BIM* in grado di fornire con maggior celerità la base dati tridimensionale sulla quale operare nelle realtà costruttive preesistenti snellendo l'approccio integrato all'intero processo di design.

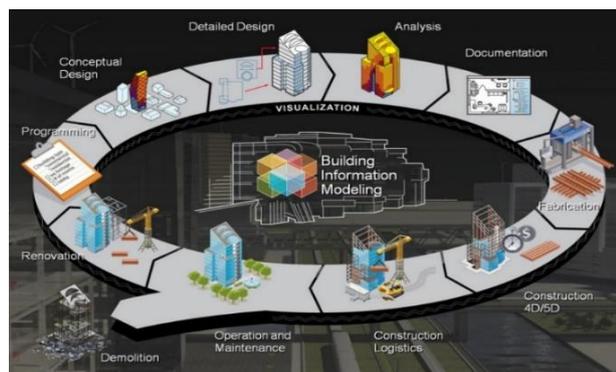
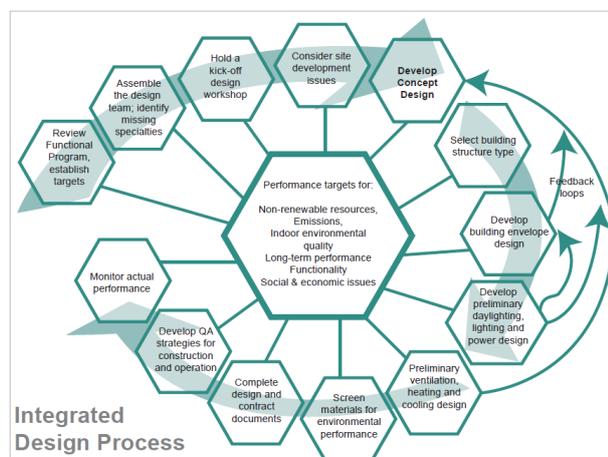
Fig. 6: www.BIMfactory.it

Fig. 7: The Integrated Design Process; History and Analysis - Larsson N. (2009)

L'approvazione dei requisiti che la costruzione dovrà soddisfare si conclude con la *conceptual phase* (istruttoria del meta-progetto) da questo specifico momento è necessario stabilire e selezionare nella fase di *predesign* (Fig. 8) un numero specifico e ben definito di indicatori di performance rispetto ai quali modulare le proposte progettuali, *basic project*.

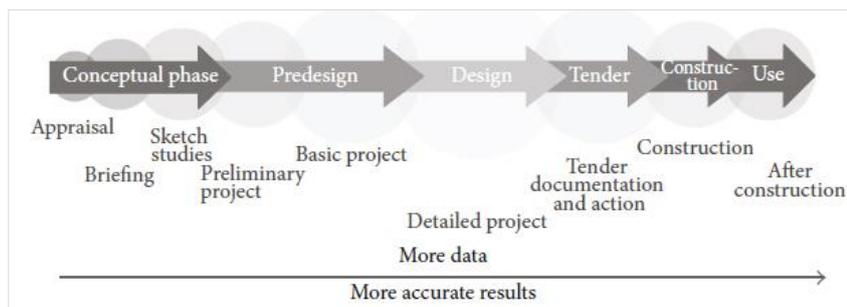


Fig. 8: Fasi processuali di design - J. Andrade, S. Vieira, and L. Bragança, "Early stage design decisions: The way to achieve sustainable buildings at lower costs".

Aspetti come: funzione e destinazione d'uso di locali e dell'intero edificio, performance ambientali e spaziali, livelli di *comfort*, requisiti energetici in termini di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione naturale, illuminazione, materiali, etc.; sono *parametri funzionali* che sinergicamente definiranno la qualità del progetto finale. Parametri come "dato" prodotti da ciascuna azione chiave che caratterizza la singola fase processuale. Se in passato il processo riportato in Fig. 8 si definiva attraverso un andamento sequenziale lineare, alla luce degli attuali paradigmi digitali esso diventa un percorso organico ed integrato tra le molteplici discipline (*collaborative framework*) dalle quali si ricevono costantemente *feedback* operativi. Lo studio condotto presso il dipartimento di ingegneria civile in Portogallo dal titolo *Early stage design decisions: The way to achieve sustainable buildings at lower costs*³⁹, individua schematicamente i parametri di maggiore influenza per il meta-progetto (Fig. 9). A seguire una schematizzazione per macro-categorie di interesse degli stessi.

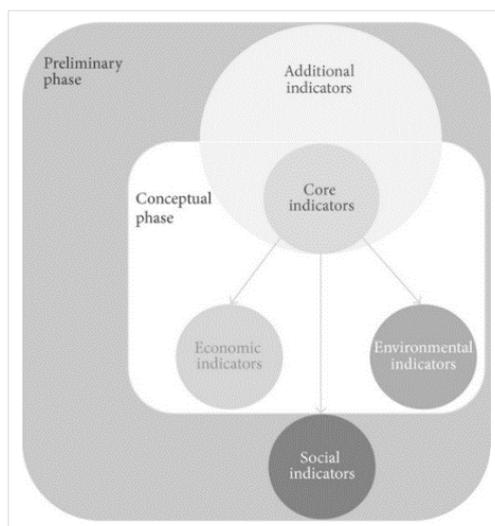


Fig. 9: Core indicators e additional indicators.

³⁹ L. BRAGANÇA, S.M. VIEIRA, J.B. ANDRADE, *Early stage design decisions: The way to achieve sustainable buildings at lower costs*, in *The Scientific World Journal*, 2014, p. 2.

Environmental indicators

Environmental Impacts – core indicators

Impatto ambientale dell'opera da costruire durante l'intero ciclo di vita del manufatto. Spesso i dati del modello tridimensionale fanno riferimento a *database* di materiali in cui sono riportati i dati chimico-fisici delle soluzioni tecnologiche, in questo modo è dinamicamente possibile valutare l'impatto ambientale complessivo.

Tab. 1: Indicatori di impatto ambientale.

Indicator	Unit
Global warming potential, GWP	<i>kg CO₂ equiv</i>
Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP	<i>kg CFC 11 equiv</i>
Acidification potential of land and water; AP	<i>kg SO₂- equiv</i>
Eutrophication potential, EP	<i>kg (PO₄)³- equiv</i>
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP	<i>kg Ethene equiv</i>
Abiotic Resource Depletion Potential for elements, ADP_elements	<i>kg Sb equiv</i>
Abiotic Resource Depletion Potential of fossil fuels, ADP_fossil fuels	<i>MJ</i>

Resource use

Si riferisce alle fonti rinnovabili o non-rinnovabili di energia primaria disponibile e alle risorse idriche.

Tab. 2: Indicatori di uso delle risorse.

Indicator	Unit
Use of renewable primary energy excluding energy resources used as raw material	<i>MJ, net calorific value</i>
Use of renewable primary energy resources used as raw material	<i>MJ, net calorific value</i>
Use of non-renewable primary energy excluding primary energy resources used as raw material	<i>MJ, net calorific value</i>
Use of non-renewable primary energy resources used as raw material	<i>MJ, net calorific value</i>
Use of secondary material	<i>kg</i>
Use of renewable secondary fuels	<i>MJ, net calorific value</i>
Use of non-renewable secondary fuels	<i>MJ, net calorific value</i>

Additional Environmental Information

Grado di pericolosità dei rifiuti/scarti smaltiti individuando, di contro, quei materiali/componenti che possono essere reimpiegati attraverso riciclo o recupero parziale dell'energia impiegata per la loro produzione (flussi di uscita dal sistema).

Tab. 3: Indicatori per categorie di rifiuti

Indicator	Unit
Hazardous waste disposed	kg
Non-hazardous waste disposed	kg
Radioactive waste disposed	kg

Tab. 4: Indicatori per i flussi di uscita dal sistema

Indicator	Unit
Components for re-use	kg
Materials for recycling	kg
Materials for energy recovery (not being waste incineration)	kg
Exported energy	MJ for each energy carrier

Energy – core indicator*Total Primary Energy Demand*

Previsione del consumo di energia primaria richiesta in fase operativa. L'obiettivo come direttiva sull'efficienza energetica emanata dall'Unione Europea (2012/27/UE) in proiezione degli obiettivi Horizon 2020⁴⁰, si focalizza sulla massimizzazione delle risorse rinnovabili e la riduzione degli sprechi. Gli indicatori prendono in considerazione l'apporto energetico necessario al riscaldamento, raffrescamento, produzione ACS e altre specifiche.

⁴⁰ Il programma politico attuale è determinato in base alla politica climatica ed energetica integrata globale adottata dal Consiglio europeo nel marzo 2007, che prevede il raggiungimento dei seguenti obiettivi entro il 2020: una riduzione pari almeno al 20 % delle emissioni di gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990; un aumento fino al 20 % della quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo energetico; un miglioramento dell'efficienza energetica pari al 20 %. Il 27 marzo 2013 la Commissione ha pubblicato un libro verde intitolato «Un quadro per le politiche dell'energia e del clima all'orizzonte 2030» COM(2013)0169, che avvia le discussioni sugli obiettivi e sulle politiche dopo il 2020. La comunicazione della Commissione intitolata «Tabella di marcia per l'energia 2050» COM(2011)0885 descrive diverse situazioni a lungo termine e presenta una riflessione sulle sfide e sulle opportunità che l'UE si trova ad affrontare sulla strada verso la decarbonizzazione a lungo termine. (tratto da <http://www.europarl.europa.eu>).

Tab. 5: Indicatori per l’energia primaria

Indicator	Unit
Total Primary Energy Demands and share of renewable and nonrenewable primary energy resources (in operation phase)	$kWh/m^2 \cdot year$

Social indicators

Accessibility

Una categoria di performance focalizzata sulla facilità di accesso ai locali/spazi disponibili da parte di utenze con specifiche necessità (anziani, genitori con bambini, etc.).

Tab. 6: Indicatori di accessibilità

Indicator	Unit
Accessibility for people with specific needs	-
Access to building services	-

Functionality

Semplicità d’uso e manovra degli spazi rapportata da parte dell’utenza in termini di: adattabilità (capacità di riadattarsi al variare delle esigenze tecniche e/o espresse dall’utenza), robustezza, efficienza d’uso delle superfici, operazioni di manutenzione e gestione.

Tab. 7: Indicatori di funzionalità

Indicator	Unit
Adaptability / flexibility to conversion	-
Durability / Design for robustness	-
Space efficiency	-
Maintenance operation and management	-

Health and Comfort – core indicators

I principali indicatori di benessere sono essenzialmente: *acustico, visivo, qualità dell’aria, termico*. Requisiti, come quelli funzionali precedentemente citati ben illustrati nelle note norme tecniche UNI 8289-1981 e 8290:1981/1983/1987. Ad ogni categoria sono poi associati molteplici indici/indicatori che dovranno essere specificati in funzione delle finalità progettuali.

Tab. 8: Indicatori di comfort per macro-categoria

Indicator	Unit
Acoustic comfort	$dB(A)$
Visual Comfort	-
Indoor air quality (IAQ)	-
Thermal comfort	-

Essi definiscono la qualità dello spazio abitato nella misura in cui incidono sui seguenti aspetti comportamentali dell'ambiente costruito: presenza di bassi livelli di interferenza acustica, intelligibilità del parlato, tempi di riverbero e vibrazioni strutturali dei materiali, livelli di illuminazione idonei alle attività svolte, livelli di abbagliamento visivo, efficienza ed efficacia dell'illuminazione artificiale, disponibilità di illuminamento diurno (per frazioni temporali), effetti cromatici dei materiali, qualità dell'aria (IAQ, strettamente connessa alla salute dell'utente), rispetto dei livelli fisiologici di comfort termo-igrometrico (temperatura, MRT, umidità relativa, velocità dell'aria).

Safety and Security

Riguarda quei fattori in grado di esprimere un certo livello qualitativo della “costruzione” in termini di carichi operativi dipendenti da fattori climatici (pioggia, vento, neve, *climate change*, etc.), di tipo aggressivo (incendi esplosioni e calamità naturali), ma anche in riferimento al grado di sicurezza espressa in termini di interruzioni di servizio, atti vandalici, intrusioni criminali e simili.

Economic indicators

Life Cycle Cost – core indicators

I costi relativi alla produzione e messa in opera di ciascun componente/servizio nel consecutivo avanzamento dei lavori nel processo realizzativo del manufatto. Tali costi saranno comprensivi di quelli di gestione e dismissione dell'opera stessa.

Tab. 9: Indicatori economici

Indicator	Unit
Construction costs	$€/m^2$
Operation costs	$€/m^2$
End-of-life costs	$€/m^2$

Ricorrere ad un sistema di indicatori semplifica l’approccio metodologico alla progettazione integrata, poiché in grado di affrontare contemporaneamente l’organizzazione strutturale, spaziale, governare la forma in concomitanza delle funzioni preposte senza dimenticare gli aspetti gestionali ed economici.

Il breve *excursus*, ivi trattato, pone l’accento sulla necessità di focalizzare alcuni dei parametri chiave in grado di istruire, durante la fase concettuale di design, il cuore della strategia progettuale come se si ragionasse per macro-categorie di “in-formazione” (motivo per cui si parla di “core” *indicators*). Il passaggio immediatamente successivo, *pre-design*, è quello di introdurre un numero ragionevole di condizioni al contorno che possano rettificare/approfondire aspetti peculiari del progetto che fungeranno da *link* tra la dimensione meta-progettuale e quella più strettamente legata al valore operativo e d’uso del fine progettuale (interazioni con ambiente costruito e utenza).

1.4 Progettazione flessibile e “scripting”

Nel 1947 l’architetto italiano Luigi MORETTI coniò l’espressione: “architettura parametrica”. Affermato architetto del dopoguerra italiano, sul finire degli anni ‘40, MORETTI ebbe l’intuizione di integrare all’approccio tradizionale della progettazione architettonica quello della matematica e dell’informatica. Nel 1957 fonda, in collaborazione col matematico Bruno DE FINETTI, *l’Istituto di Ricerca Matematica e Operativa per l’Urbanistica* (IRMOU). Attraverso l’adozione di una strumentazione informatica all’avanguardia (610 IBM – uno dei primi personal computer) e la collaborazione con ricercatori provenienti da molteplici settori scientifici (matematica, fisica, psicologia, elettronica, biologia, filosofia, economia, sociologia), intraprese un percorso di ricerca del linguaggio architettonico che non risiedeva nel dicotomico rapporto “forma-funzione” ma, bensì, nel “processo che porta alla sua definizione”. Al progettista spetterebbe dunque l’acume e la sensibilità nel riconoscere e far interagire tutti quei *parametri* necessari alla materializzazione del progetto di architettura.

Nel 1960 alla XII Triennale di Architettura di Milano si poté ammirare l’incredibile risultato raggiunto dal gruppo di ricerca IRMOU attraverso l’esposizione di grafici e modelli in gesso realizzati secondo quella nuova visione progettuale frutto dell’interdipendenza matematica ed informatica di parametri materiali ed immateriali (Fig. 10).

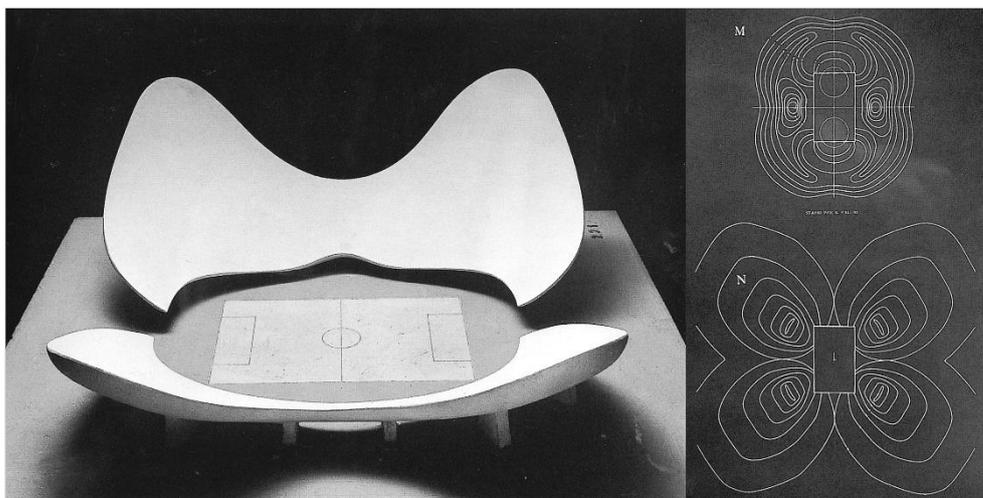


Fig. 10: Studio delle "curve di equiappetibilità visiva" dello Stadio del calcio progettato da Moretti⁴¹

La letteratura scientifica riconosce in Moretti, e nelle sue opere, la paternità dell'uso parametrico applicato al design ed all'architettura anche se studi antecedenti e databili intorno al 1837 riportano l'uso del "linguaggio parametrico" come mezzo di descrizione fisica del modello tridimensionale dei cristalli attribuito allo studioso James DANA - *paper On the Drawing of Figures of Crystals*⁴².

Introdotta la dipendenza processuale dai *parametri* materiali o immateriali si può veicolare la visione moderna della progettazione in funzione della richiesta sempre più elevata di precisione e verifica dei dati di progetto e alla spasmodica necessità di ricevere *feedback* ricorsivi dalla committenza o dagli altri membri del *teamwork* in *real time*. Tutto ciò rende necessaria l'adozione di un approccio "flessibile" alla progettazione. Nella presente trattazione per *progettazione flessibile* si intende una processualità operativa atta ad individuare e a discretizzare le criticità del tema affrontato (problema-necessità) formulando relazioni tra parametri (geometrici, di quantità, di funzione, ambientali, etc.) che concorrono alla definizione di una famiglia di soluzioni che risponda ad un sistema di verifica esigenziale-prestazionale (*performance based*) predefinito. Come riporta il ricercatore Francesco DE LUCA, riferendosi alla progettazione parametrica, in particolare alla tecnica associativa:

«il fine della progettazione diagrammatica tramite Script e Modellazione Associativa non è quello di trovare la forma migliore o l'unica soluzione per un dato problema progettuale, ma quello di generare variazioni e configurazioni fornendo al progettista un quadro di possibilità»⁴³

⁴¹ Cfr. Bucci, F. e Mulazzani, M., 2000. *Luigi Moretti: opere e scritti* [Ristampa], Milano: Electa.

⁴² Cfr. Davis, D., 2013. *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture*. Ph.D Thesis, p.19.

⁴³ F. De Luca, *Diagramma and Script*, in A. Saggio, 2011, *Architettura & Information Technology*, m.e. architectural book & review, Roma, pp. 82-83.

Ovvero, una sorta di progettazione di tipo *bottom-up* in quanto focalizzata sulle relazioni tra singoli elementi che innescano un meccanismo di generazione dinamica di possibili configurazioni. La formulazione di relazioni tra parametri è possibile grazie alla scalarità del processo fornita dalle strumentazioni informatiche di cui si dispone oggi e alla diffusione di *software* di progettazione in grado di guidare il progettista nella “costruzione rigorosa” del proprio modello. Grazie all’introduzione esplicita dei *linguaggi di programmazione* integrati nel medesimo ambiente di sviluppo risulta possibile la scrittura di codici (*scripting*) parallelamente alle tradizionali attività progettuali.

Senza ripercorrere la storia di applicazioni e *Software House* nel dettaglio, è utile notare che alcuni *players*, del calibro di Autodesk, avevano già adottato questa politica dell’integrazione dei moduli parametrici programmabili ad esempio, esisteva già Autocad (1982) col suo linguaggio *AutoLISP*; Pro/Engineer e la Dassault Systèmes con CATIA v4 (1993). Senza tener conto che agli inizi degli anni 2000 iniziarono a consolidarsi i modellatori BIM come Revit ed Archicad.

Lo *scripting* è una pratica che consente di interagire sinergicamente con l’ambiente di sviluppo prescelto attraverso la scrittura di “regole” (stringhe di codice) lette in sequenza dal *compilatore* (modulo interno al software che attua e verifica automaticamente le nuove regole/funzioni). L’insieme di regole si traduce in “istruzioni” eseguibili, ossia, in *algoritmo* di progetto.

In questo modo qualunque sia il risultato della modellizzazione eseguita dal progettista si avrà sempre la possibilità di ripercorrere e modificare i singoli step che hanno condotto ad un certo risultato. L’integrazione del linguaggio informatico sarà sempre caratterizzata da *parametro di input – algoritmo – parametro di output*. Si riporta di seguito la definizione di algoritmo fornita da Ipek Gursel DINO, studiosa di *computational design*:

«An algorithm is a finite set of instructions that aim to fulfill a clearly defined purpose in a finite number of steps. An algorithm takes one value or a set of values as input, executes a series of computational steps that transform the input, and finally produces one value or a set of values as output»⁴⁴

La progettazione parametrica è in definitiva da intendersi parte integrante di quella algoritmica.

Esistono molteplici piattaforme adoperate dagli addetti ai lavori che permettono di eseguire una programmazione *ex novo* in grado di potenziare le capacità base, funzioni, offerte dall’ambiente di sviluppo utilizzato. Strumentazioni che intrinsecamente prevedono una fervida attività programmatoria e progettuale poiché il loro utilizzo è costantemente basato su condizioni e valutazioni – parafrasando l’espressione di Peter EISENMAN che li considera come il “tutto e il nulla del progetto [...] una scrittura bianca”⁴⁵.

⁴⁴ Dino, I.G., 2012. *Creative design exploration by parametric generative systems in architecture*. Metu Journal of the Faculty of Architecture, 29(1), pp.207–224.

⁴⁵ Peter Eisenman, 2004, Giuseppe Terragni: trasformazioni, scomposizioni, critiche, Quodlibet, Macerata.

È noto che il trasferimento tecnologico avvenuto nei *software* di modellazione è pervenuto dal settore cinematografico e da quello dell'ingegneria meccanica⁴⁶. Quindi si ritrova il linguaggio *MaxScript* in Autodesk 3D Studio Max, il *Maya Embedded Language* (MEL) in Autodesk Maya e, negli ultimi 6 anni sta assumendo sempre più un ruolo da leader l'ambiente di modellizzazione della McNeel Rhinoceros con la sua piattaforma di *Visual Programming Language*⁴⁷ (VPL) Grasshopper, ma non è questa l'unica piattaforma di *design* computazionale esistente sul mercato. Per la cronaca le stesse piattaforme BIM si stanno dotando di ambienti proprietari delegati alla progettazione parametrica/algorithmica ad esempio, nel caso di Revit, si può disporre di Autodesk Dynamo (2011 in *beta*) in grado di gestire oggetti nativi BIM; Vectorworks con Marionette (dalla versione 2015); mentre la GRAPHISOFT, con Archicad, ha intrapreso sin dalla *release* 18 (2014) una stretta collaborazione con Grasshopper attraverso un apposito *addons*, *LiveConnection AC-GH*, vantando come tester di spicco lo Studio di progettazione BIG⁴⁸.

⁴⁶ Una lista di linguaggi di programmazione che gravitano attorno al mondo del design: Adobe ActionScript, C, C#, C++, Generative Components script, Html, Iron Python, Java, JavaScript, LUA, Mathematica, MATLAB, MaxScript, Maya (Maya Embedded Language (MEL) and Python), Objective-C, Perl, PHP, Processing (Java), Python, RhinoScript (VB, Grasshopper (VB), Python), Rhl, VB, VBA.

⁴⁷ È un linguaggio che consente la programmazione informatica manipolando oggetti grafici bypassando la sintassi formale. Nella maggior parte dei VPL lo schema sintattico è costituito da "box" e "connettori", i primi sono portatori di codice (istruzioni), mentre i secondi intessono la classica struttura a diagramma di flusso. Spesso i codici sorgente prodotti (algoritmi) sono soprannominati "Spaghetti Code", per l'uso massiccio di diramazioni e connessioni.

⁴⁸ Studio di architettura con sede a Copenaghen fondato nel 2006 - Bjarke Ingels Group (BIG) sito: www.big.dk

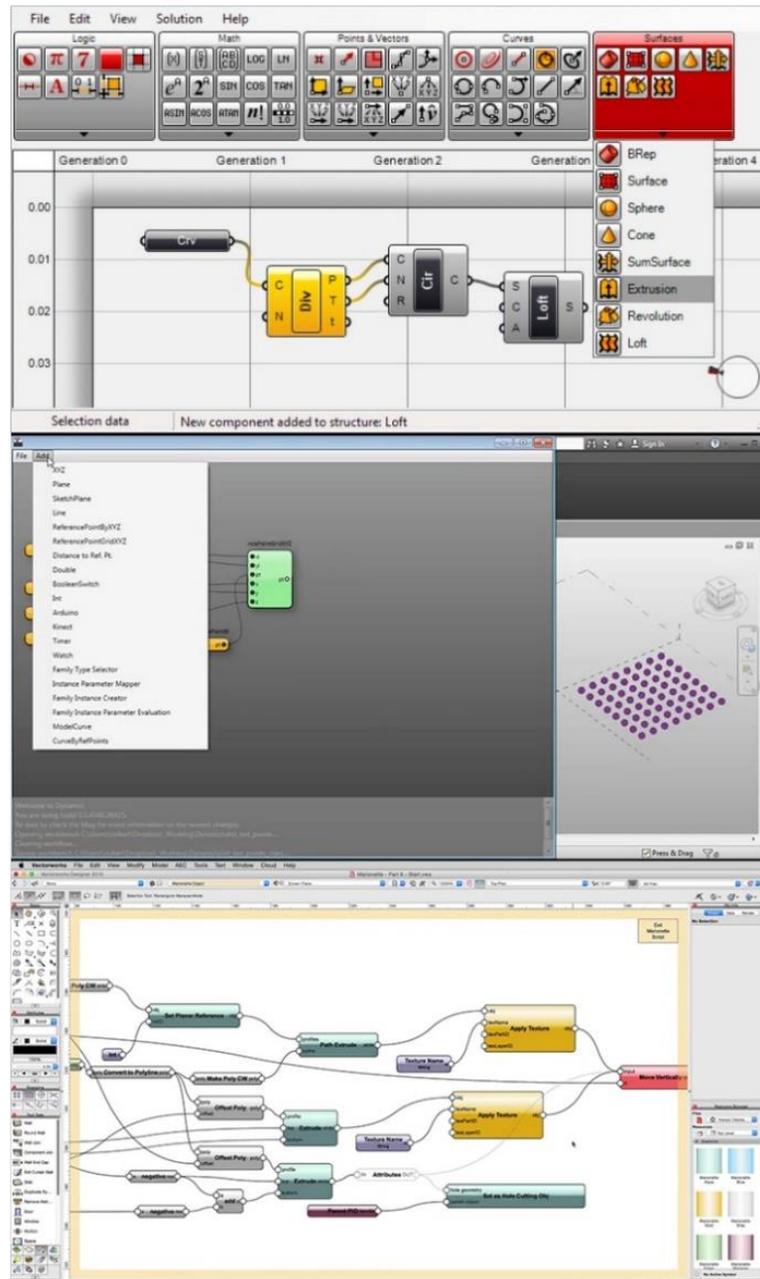


Fig. 11: (in alto) User interface della prima versione di Grasshopper (nome originale Explicit History), settembre 2007; (al centro) User interface della prima versione di Dynamo, dicembre 2011; (in basso) User interface di Marionette, 2015

Questo panorama informativo è utile nel fare due osservazioni molto importanti che hanno valenza “strumentale” e propriamente “culturale” che si riflettono sulla vita professionale dell’architetto e del designer, ma anche sul mondo della Ricerca nella tecnologia dell’architettura.

Agli inizi degli anni 2000 erano molteplici le aziende intente all'introduzione di moduli parametrici programmabili all'interno dei propri ambienti di sviluppo, la Bentley Systems⁴⁹ era una di esse. Nel 1985 propose la sua prima release del software CAD Microstation, una piattaforma per la modellazione 2D/3D di prodotti commercializzabili dalla stessa Bentley. Diretta concorrente di Autocad, nel 2001 in versione 8.0, era già in grado di dialogare con il formato di scambio dati CAD "dwg". L'introduzione del modulo *GenerativeComponents* (GC) sviluppato da John NASTASI nel 2003 (Institute of Technology di New York) segnò un passo importante sia dal punto di vista commerciale che accademico in quanto il suo sviluppo, e relativa fase di *beta testing*, era spesso affidato al gruppo di ricerca *SmartGeometry*⁵⁰, una tra le prime associazioni no-profit che instaurarono per la prima volta un solido asse commerciale e culturale tra i professionisti e il mondo delle Università. Si riporta di seguito uno dei principali focus proposti dall'associazione:

«Computation and the use of computer as an intelligent design aid provide the focus for the SmartGeometry Group. [...] Geometry is one of many systems which are amenable to modeling. Architectural design as a process should, we maintain, exploit the new potential available in computing. To the new generations of architects mathematics and algorithms are becoming as natural as pen and pencil. The activities of the SmartGeometry Group promote the emergence of a new generation of digital designers and craftsmen, who are able to exploit the combination of digital and physical media. The group's interests range from parametric design and scripting to digital manufacturing. As the SmartGeometry Group has developed it is moving its focus from tools and techniques to a forum where the new critical language of emerging architecture can be formed»

Nel 2005 l'ecosistema *software* proposto da Bentley Systems era già ampiamente introdotto nel settore del AEC *industry* londinese. Nel 2007 fu commercializzato su larga scala. Questa sequenza storica fatta di commercializzazioni e divulgazioni in ambito accademico (grazie anche alla presenza del docente Robert AISH - attualmente consulente presso Autodesk - uno dei padri fondatori del Building Modeling e di GC di Bentley), rappresenta il vero cambio di paradigma nella modellizzazione che sposta inesorabilmente l'attenzione sulla definizione di procedure⁵¹. La probabilità che il fervido clima inglese alimentato dall'operato di Bentley abbia contribuito non poco al ruolo di leader assunto dalla Gran Bretagna nella battaglia dell'adozione della "BIM *philosophy*", è molto elevata e

⁴⁹ Bentley is a global leader dedicated to providing engineers, architects, geospatial professionals, constructors, and owner-operators with comprehensive software solutions for advancing infrastructure. Founded in 1984, Bentley has more than 3,000 colleagues in over 50 countries, more than \$600 million in annual revenues, and since 2011 has invested more than \$1 billion in research, development, and acquisitions. Sito: www.bentley.com

⁵⁰ Il gruppo di ricerca SmartGeometry (organizzazione no-profit) fu fondato nel 2001 da Lars Hesselgren di KPF, Hugh Whitehead di Foster + Partners e J. Parrish di Arup Sport. L'obiettivo del gruppo è tracciare un significativo collegamento tra pratica, ricerca ed accademia promuovendo la diffusione della cultura computazionale e del design intelligente assistito dal computer. Principali partners: Foster+Partners, KPF, Grimshaw, Arup, Buro Happold; Università: Architectural Association, MIT, Delft Technical University, University of Bath.

⁵¹ Da un punto di vista geometrico ciò che conta è l'insieme di relazioni numeriche, algebriche, etc. che si instaurano tra gli elementi. A dimostrazione del vero, il file prodotto da GenerativeComponents (.gct) è definito "transaction" non può essere letto da un CAD, ma il suo risultato sì.

costituisce un elemento chiave nel delineare gli equilibri internazionali nel quadro politico e professionale del settore delle costruzioni.

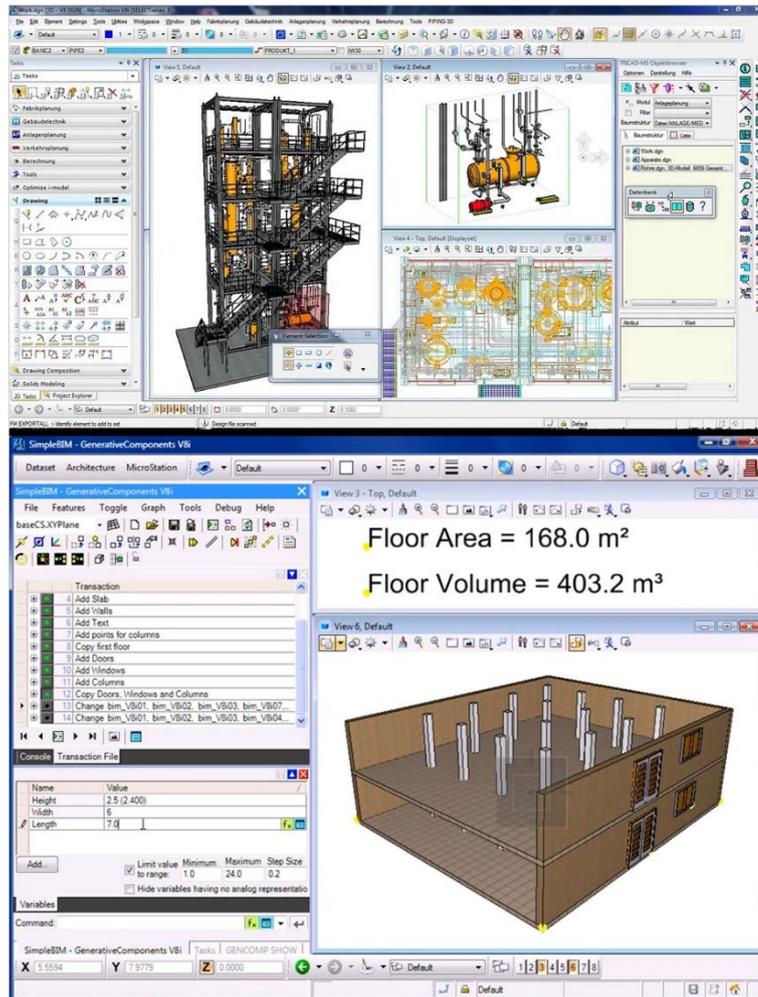


Fig. 12: (sopra) User interface del CAD Microstation di Bentley Systems;
(sotto) User interface di GenerativeComponents di Bentley Systems

Tuttavia, il lavoro svolto da Bentley, e la politica commerciale dell’epoca, non fu esente dall’essere protagonista di un tipico episodio di “visione innovativa” mancata, la storia è ricca di questi accadimenti. L’intervista di Arturo TEDESCHI⁵² a David RUTTEN⁵³,

⁵² Arturo Tedeschi, architetto, computational designer e ricercatore indipendente dal 2004. Il suo lavoro di consulenze e formazione è rivolto principalmente al rapporto tra architettura e gli strumenti informatici per il design. Nel 2010 ha pubblicato “Architettura Parametrica”, un bestseller sul design parametrico. Sito: www.arturotedeschi.com

⁵³ David Rutten si laurea alla TUDelft Architecture and Urbanism Faculty. Lavora presso la Robert McNeel & Associates dal 2006. Sviluppa da anni la piattaforma Grasshopper il modulo di visual programming per Rhinoceros 3D. Vince nel 2012 il primo premio per la miglior ricerca innovativa indetto da ACADIA.

pubblicata sul *numero 1 di "Tools" Mixexperience Magazine* (gennaio 2011), offre degli spunti di riflessione interessanti proprio sull'*asset* accademia – ricerca – pratica.

Innanzitutto, è abbastanza significativo che la nascita della piattaforma di VPL Grasshopper nasca proprio da uno studente di architettura dell'University of Technology di Delft (TUDelft – Olanda). Molto probabilmente perché all'epoca la facoltà di architettura aveva un'impostazione disciplinare molto più simile a quella dell'Accademia delle Belle Arti più che tecnico ingegneristica e ciò iniziò a suscitare una forte insicurezza in studenti come David in prospettiva della pratica professionale. Fu grazie al carisma del professore di urbanistica Taeke DE JONG che RUTTEN si interessò allo sviluppo di un approccio informatico all'architettura e all'urbanistica. Probabilmente per la capacità del docente di supportare scientificamente con logica e dati l'insegnamento della disciplina urbanistica da sempre bistrattata a causa delle forti componenti sociologiche e psicologiche annesse. Lo sviluppo della piattaforma di rappresentazione e programmazione sviluppata da RUTTEN, attraverso il rapporto che l'università prediligeva con i settori di ricerca operativi e commerciali, impressionò - sue testuali parole - i responsabili di R&S presso la McNeel, *Software House* dedita allo sviluppo di un software di programmazione *free form* basato sulle curve e superfici NURBS⁵⁴.

In una delle fasi di ampliamento e sviluppo di *Explicit History*⁵⁵ (primo nome del futuro Grasshopper) fu determinante il mancato accordo e partnership proprio con la Bentley Systems, che allora custodiva gelosamente il suo *GenerativeComponents*. Questo episodio portò ad uno sviluppo completamente differente dalla piattaforma proposta dalla Bentley, ed è uno dei vantaggi principali offerti dalla McNeel (la riproposizione di una interfaccia a nodi già conosciuta dal linguaggio *Hypergraph* di Maya). Al di là delle potenzialità offerte da ciascuna strumentazione presente sul mercato e dedicata all'AEC *industry*, la possibilità di poter "personalizzare" il proprio flusso di lavoro in ambito digitale è una delle peculiarità più richieste negli ultimi 11 anni da mercato e ricerca per poter migliorare e ottimizzare le *performance* progettuali già in fase di *concept*⁵⁶.

Alla domanda di Arturo TEDESCHI: "Credi che uno strumento di progettazione sia in grado di modificare le esigenze ed il linguaggio dei designer o possa soltanto amplificarli?" – RUTTEN risponde:

«Questa è una domanda veramente pericolosa, perché la risposta potrebbe essere diversa da quanto ci aspettiamo. Ad un livello base, sicuramente, i nuovi software (come tutti i nuovi strumenti) cambiano il linguaggio e l'approccio delle persone. A volte questo è un bene, altre volte impone limitazioni prima inesistenti. Ma a livelli più importanti bisogna chiedersi quali sono i reali benefici. L'architettura è realmente migliorata negli ultimi 10 anni? Ed eventualmente, quanto è merito del software?»

⁵⁴ Inizialmente concepito come plug-in di AutoCad, dopo il successo riscosso intraprese un percorso di sviluppo stand-alone.

⁵⁵ Explicit History (storia esplicita) è il primo nome di Grasshopper. Il plugin era noto per la possibilità di poter visionare e ripercorrere l'intero processo di creazione di forme geometriche prodotte e più in generale dei singoli passaggi che hanno determinato specifiche trasformazioni geometriche visualizzate all'interno dell'ambiente Rhinoceros.

⁵⁶ Spesso nella letteratura scientifica si individua e riconosce la tematica come "ottimizzazione multi-obiettivo" e "ottimizzazione progettuale multidisciplinare".

Io ho in realtà una visione alquanto confusa di tutto ciò. Le società produttrici dei CAD avevano promesso di rendere più accessibile la geometria all’utente medio e nel complesso hanno mantenuto questa premessa. Ma nessuno, con potere decisionale, si è mai chiesto se questo sia o meno un bene per l’architettura. Se non lasciamo che i giovani guidino automobili, fumino o maneggino delle armi, per quale motivo siamo così ansiosi di dar loro il controllo di potenti applicazioni CAD? È necessario prendere delle lezioni e sostenere degli esami per poter guidare un veicolo, ma ho visto un sacco di persone usare il mio software supportate da una conoscenza superficiale della geometria e della logica algoritmica. Questa non è una loro colpa, avendo dovuto acquisire queste conoscenze dai propri insegnanti, ma la triste verità è che l’insegnamento è irrimediabilmente in ritardo in numerose facoltà. Certo, esistono docenti che organizzano workshop e corsi di specializzazione, ma ritengo che una revisione globale degli insegnamenti possa portare ad ottimi risultati. Sentiamo questa denuncia provenire dai molti architetti professionisti. Gli studenti – freschi di università – che arrivano negli studi hanno un’ottima conoscenza dei software specifici, ma una limitata conoscenza di basi teoriche»

A questa risposta bisogna far seguire almeno tre osservazioni.

La *prima osservazione* interessa il mondo accademico e l’effettiva necessità di ritrovare un equilibrio appropriato tra la didattica e la consapevolezza culturale del proprio tempo. Forse RUTTEN, ma come lui molti altri studiosi, ha saputo ritrovare una coscienza tecnologica contemporanea in grado di mettere in pratica quella “adeguatezza espressiva del proprio tempo” tanto professata da Walter GROPIUS attraverso una esigenza propria di forte determinazione logica delle scelte progettuali. Tuttavia, l’equilibrio tra l’uso di strumenti e *forma mentis* orientata al *problem solving* è una condizione alla quale le università dovrebbero convergere e perseguire in ciascun insegnamento previsto nel proprio ordinamento – purtroppo, e molto spesso, non è così.

La *seconda osservazione* è di natura strumentale, ovvero la necessità di introdurre strumenti nella propria pratica esplorativa progettuale in grado di delegare, comunque e sempre, l’aspetto decisionale e identificativo delle problematiche al dominio culturale e mentale dell’operatore.

Paradossalmente l’integrazione dello *scripting* nella definizione della *praxis progettuale* è in grado di alimentare l’accrescimento del ruolo e delle responsabilità del singolo progettista, basti pensare che la “costruzione di strumenti propri” è una antica pratica che ha sempre accompagnato nella storia la professione dell’architetto e del designer. Quando in apertura, nella presente trattazione, si è coniata l’espressione di “paradigma brunelleschiano”, si è consapevolmente voluto esaltare quella pratica culturalmente molto nobile del saper creare i presupposti intellettuali (nonché materiali) per poter portare a compimento la propria visione progettuale. Come le gru sollevatrici di BRUNELLESCHI, le catene di GAUDÌ oppure le bolle di sapone di Frei OTTO oggi la pratica professionale dell’architetto trasforma i *costrutti informatici* in veri e propri strumenti per la progettazione e l’ottimizzazione del proprio ambiente di lavoro.

Anche se in questa Era Digitale ricondurre l’uomo alla specie evolutiva dell’*homo technologicus* è sempre più una consuetudine è possibile, in questa sede, constatare quanto

si resti ancora legati, tanto nel reale quanto nella dimensione digitale, alla natura di *homo faber* (Fig. 13).

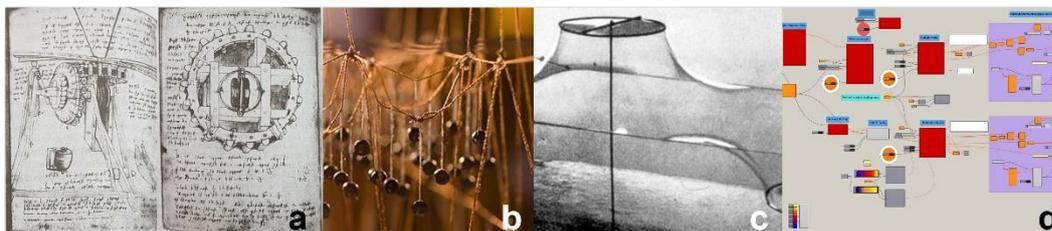


Fig. 13: (a) Le macchine di Brunelleschi dallo "Zibaldone"; (b) le catenarie di Gaudi; (c) "soap bubble" di Frei Otto; (d) definizione algoritmica (autore)

La *terza osservazione* andrebbe formulata leggendo tra le righe la risposta di RUTTEN, la sua esplicitazione avviene nel prosieguo dell'intervista ma, il dato che assume un rilevante interesse in questa dissertazione, è l'aspetto *open* e di *community* che si lega allo *scripting* e che costituisce le fondamenta culturali della progettazione flessibile.

L'aspetto *open* intreccia l'evoluzione culturale che accompagna la programmazione di sistemi operativi e di software con quello della "partecipazione globale". Non è questa la sede per approfondire tematiche da "Codice Libero (*free as in freedom*)" di Richard STALLMAN, analizzare l'esperienza di progettazione partecipata globale di Linus TORVALDS, studente universitario di Helsinki e fondatore del *kernel* di "Linux" (il primo sistema operativo gratuito basato su piattaforma Unix – quella adoperata dalle università anglofone), ma di sicuro è facile dedurre da questi esempi come i produttori di *software* per il design e l'architettura abbiano saputo approfittare dell'ondata *Open Source* a partire dagli anni '80 in poi. Esistono esempi nobili nella storia senza ripercorrere diatribe retoriche di collettivismo, comunismo e capitalismo, come lo è stato l'esperimento sociale di Benjamin FRANKLIN. Scrive Carlo RATTI a proposito di FRANKLIN nel suo "Architettura Open Source":

«[...] aveva adottato una mentalità autenticamente aperta: più dell'attuazione di metodi collaborativi dall'alto, gli interessava mettere il prodotto, l'idea o il procedimento direttamente tra le mani degli utenti. Era certo che l'umanità avrebbe ricevuto benefici della proprietà aperta e gratuita delle sue idee e acconsentì con gioia affinché il pubblico potesse modificarle e accrescerle attivamente»⁵⁷

Si tratta di intrecciare sinergicamente azioni come "fare condivisione", "fare rete" e "fare comunità" sforzarsi di riconoscere in pratica "l'intelligenza collettiva" non come *summa* di quelle individuali. L'esempio della piattaforma Grasshopper è emblematico anche da questo punto di vista; molteplici sono gli studenti, docenti e professionisti che attraverso il blog della community⁵⁸ si scambiano dubbi, certezze e pareri su metodologie per affrontare specifici quesiti pratici in questo caso la rete, *internet*, attraverso piattaforme

⁵⁷ C. Ratti. 2014, in "Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta", ed. Einaudi, p. 67.

⁵⁸ www.grasshopper3d.com - ufficialmente dal 22/11/2017 su <https://discourse.mcneel.com/>

di messaggistica/chat/video ha fatto da collante per diffondere dal basso (dagli operatori), nuove visioni e soluzioni tecniche condividendo, sovente, "pezzi di codice" e dando il via a quello che in gergo si definisce *crowdsourcing*⁵⁹.

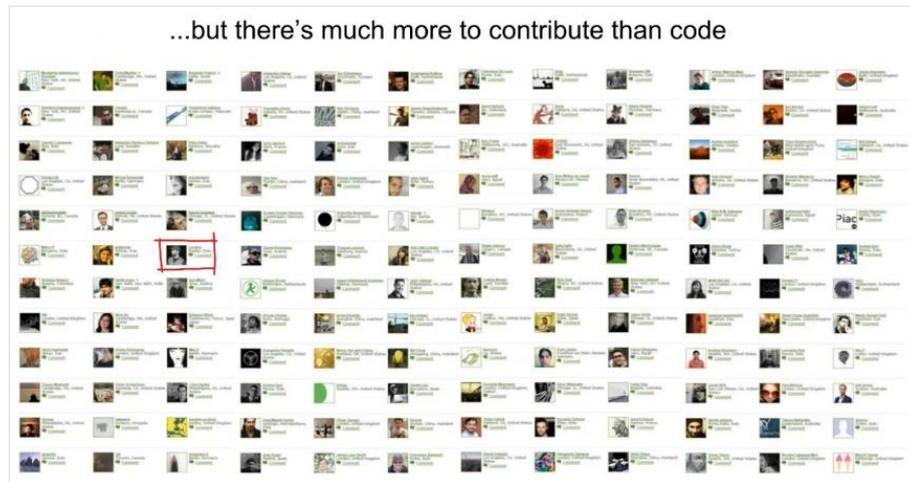


Fig. 14: Presentazione dei contributi comunitari al plugin "Ladybug" di Grasshopper, (in rosso l'avatar dell'autore di questa tesi)

Il termine fu coniato nel giugno del 2006 da Jeff HOWE nel suo articolo *The Rise of Crowdsourcing - Wired*⁶⁰, è evidente che attraverso questa pratica (grazie alla rete di molto semplificata) si ha la possibilità di approcciare al *problem solving* in modo piuttosto eterogeneo. È come se si riproponessero in chiave moderna le condizioni di *villaggio globale* di Marshal MCLUHAN nel quale si sfruttavano a pieno tutti i contrasti di idee e le variegata possibilità di accesso ad una conoscenza diffusa. Attraverso questa esperienza bidirezionale, il blog di Grasshopper ne è solo un esempio, il confronto di saperi diventa un'azione produttiva per tutti ed alimenta un vastissimo market di *addons* che, programmati da singoli utenti o gruppi di ricerca, amplifica notevolmente le capacità funzionali della piattaforma estendendone l'utilizzo a molteplici campi disciplinari: dallo studio dei fenomeni ambientali a quelli fisici offrendo validi strumenti per l'analisi strutturale meccanica fino all'oreficeria e al *digital textile design*.

La stessa Autodesk, attraverso la piattaforma Education Community⁶¹, e quella dedicata allo sviluppo Beta Autodesk⁶², offre la possibilità di confrontarsi con gli utenti dei singoli *software* che sono dislocati in tutto il globo. Allo stesso modo i *feedback* degli utenti (*beta testing* a costo zero) stimolano e indicano alle stesse *Software House* la direzione vettoriale in cui investire per lo sviluppo dei propri strumenti che, per riflesso, avranno

⁵⁹ Richiesta di idee, suggerimenti, opinioni, rivolta agli utenti di Internet da un'azienda o da un privato in vista della realizzazione di un progetto o della soluzione di un problema (tratto da Wikipedia).

⁶⁰ [accesso web link 16/02/2016] <https://www.wired.com/2006/06/crowds>

⁶¹ [accesso web link 17/02/2016] <https://www.autodesk.com/education/home>

⁶² [accesso web link 17/02/2016] <https://beta.autodesk.com>

un impatto importante sul modo di lavorare dei professionisti e delle grandi imprese di costruzione (i cambiamenti delle *user interface* dei software e l'interoperabilità dei formati informatici dei *files* ne sono solo una piccola dimostrazione).

Considerando il cambio di paradigma progettuale apportato dall'uso di moduli computazionali l'Autodesk ha intrapreso questo percorso di sviluppo visionario a partire in primis dall'assunzione di Robert AISH⁶³ dando un seguito agli studi che quest'ultimo stava conducendo tra il 2005 ed il 2012 – la scrittura di uno *scripting language*, non visuale, denominato “DesignScript”. Il passaggio di quest'ultimo da *tools* di AutoCad a strumento innovativo e determinante per la diffusione del BIM e di Revit è breve, così nel novembre del 2014 sul sito di Dynamo (VPL di Autodesk) si comunica agli utenti il seguente annuncio:

«Six years ago, Robert Aish embarked on an ambitious project to create a new programming language written from the ground up for architects, designers, and structural engineers. In the subsequent years, the DesignScript team developed numerous innovative technologies, a concise scripting language, and advanced replication features. DesignScript is now a part of Dynamo version 7.0 and later, available as both a textual language and visual nodes. This integration allows DesignScript to drive Revit projects or run standalone in a manner similar to DesignScript Studio. With integration complete, there will be no new versions of DesignScript. Please direct your questions to the Dynamo forum, where we will be more than happy to help you upgrade your DesignScript scripts to Dynamo definitions.

We would like to thank the visionary efforts of the DesignScript team for providing Dynamo, and the computational BIM community, such a robust and innovative foundation language»⁶⁴

Così uno dei principali client di *BIM authoring* si dota di una piattaforma proprietaria dedicata alla programmazione/progettazione parametrica ed algoritmica.

Quando in apertura si è dicotomicamente proposto *scripting* e flessibilità della progettazione, si è introdotto un pretesto culturale affinché si potesse comprendere l'intendimento del significato di “flessibilità”, ovvero, un accesso privilegiato alle possibilità strumentali e intellettuali messe a disposizione dall'innovazione tecnologica e dalla *computer science*. Grazie a questo pretesto si è in grado di strutturare ed affrontare multi-dimensionalmente l'atto progettuale in senso teorico quanto operativo.

Si influenza il modo di pensare del progettista intercettando alla base i meccanismi propri del *Design Thinking* (DT). Il DT è una forma di pensiero applicata alla risoluzione di problemi (il primo esperimento in ambito architettura/design fu affrontato da Bryan LAWSON⁶⁵ nel 1980) ed è una metodologia sviluppata alla Stanford University e poi

⁶³ In 2005 the UK, 'Building Design' Magazine named Robert Aish as one of the top ten innovators in British Architecture. In 2006 he received the 'Association for Computer-Aided Design in Architecture' (ACADIA) Society Award. Tratto da [accesso web link 17/03/2016] <https://www.autodeskresearch.com/people/robert-aish>

⁶⁴ [accesso web link 17/03/2016] <http://dynamoB.I.M..org/designscript-is-now-dynamo>

⁶⁵ Lawson, B., 2005. “How designers think: the design process demystified”, Fourth ed., London, Elsevier/Architectural Press.

diffusasi negli USA sul finire degli anni '60. Essa promuove la risoluzione di problematiche integrando capacità analitiche e attitudini alla creatività, cercando di approcciare alla dimensione innovativa attraverso l'applicazione di metodologie e tecniche quantitative e processi di inferenza sintetici e intuitivi⁶⁶.

Alla luce di quanto sino ad ora illustrato ci si rende conto che il mondo lavorativo ed intellettuale dell'architetto designer è fortemente contaminato da tutto il terreno culturale di cui sopra e, per questo motivo, si ritiene valido formulare un'ulteriore riflessione sul tema della progettazione digitale toccando alcuni aspetti filosofici senza però esasperarne il fine ultimo – prendere atto del mutamento professionale definendone i nuovi possibili orizzonti.

1.4.1 Dimensione euristica e pedagogica della progettazione flessibile

Se considerassimo lo *scripting* come una pratica di discretizzazione dei “problemi” nelle sue componenti “scientifiche” e “creative”, non sarebbe difficile convincersi che l'approccio algoritmico e parametrico è in realtà la “trasposizione” di un concetto proprio dell'atto progettuale, ossia, quello della “semiotica dell'inferenza”. La trasposizione resta quella dal piano reale a quello digitale; mentre per “semiotica dell'inferenza” si vuole intendere in questa trattazione l'identificazione delle regole teoriche e di metodo (semiotica) nel processo logico di trarre conclusioni da fatti o circostanze (inferenza), esperita attraverso l'uso “assistito” dei linguaggi informatici e degli strumenti IT avanzati, applicati alla risoluzione di problemi strettamente legati all'architettura ed al design.

Integrare l'atto progettuale con la pratica dello *scripting* ha un significato altamente filosofico se si pensa al fatto che ci si mette in “comunicazione” con “la macchina” attraverso un nuovo “linguaggio”. Si potrebbe argomentare in tal senso richiamando concetti complessi come quello della pragmatica, semantica e sintattica. Il primo comprenderebbe *l'insieme delle ricerche aventi per oggetto la relazione dei segni (linguistici o altri) con chi li usa (e quindi le motivazioni, le intenzioni, le credenze, le convenzioni culturali, ecc.)*⁶⁷, concetto complementare a quello di semantica, ovvero, *in logica matematica, in contrapposizione a sintassi, [...], l'elaborazione con la quale si attribuisce una interpretazione, e quindi un significato, alle formule stesse; più precisamente, la semantica determina le condizioni perché una formula sia vera oppure falsa, e quindi permette di dare una definizione rigorosa del concetto di verità in logica.*⁶⁸

Quindi ricorrere all'integrazione di questi nuovi linguaggi nella pratica progettuale per arricchirne la logica ed il rigore, senza scomodare troppo la filosofia, implicherebbe

⁶⁶ I principali campi di applicazione del Design Thinking sono: 1) La definizione della strategia aziendale a medio/lungo termine; 2) L'ideazione di nuovi prodotti e servizi (anche innovazioni radicali) o processi; 3) Progetti di organizzazione e ri-organizzazione aziendale; 4) Progetti di acquisizione, spin-off; 5) Avvio di startup; 6) Ciclo risorse umane.

⁶⁷ Cfr. “pragmatica” in vocabolario Treccani.

⁶⁸ Cfr. “semantica” 2b in vocabolario Treccani.

senz'altro l'ampliamento dei limiti della propria conoscenza e, se è vero ciò che afferma Ludwig WITTGENSTEIN, che:

«i limiti del mio linguaggio costituiscono i limiti del mio mondo. Tutto ciò che io conosco è ciò per cui ho delle parole»

allora diventa lecito allargare il dominio di relazioni all'interno del quale strutturare una propria visione selettiva e finalistica del processo progettuale. Guido NARDI ci ricorda che l'atto progettuale è qualcosa che va fatto sempre in relazione ad un contesto e, dunque, saperne individuare gli elementi strutturali migliora l'operazione di comprensione dello spazio del problema dato. Pertanto, attraverso questi linguaggi, si può asserire che l'aumentata capacità di sistematizzare gli elementi fondanti di un dato problema progettuale e il poterli concatenare, permette di esplorare la dimensione multidisciplinare del medesimo problema. A valle dell'uso dei “nuovi linguaggi” assume significato culturalmente valido l'aggettivazione “flessibile” in quanto in questa trattazione, come sostiene Guido NARDI, si vuole identificare la dimensione conoscitiva euristica dell'atto progettuale non solo tecnico-scientifica, informatica, sociologica o umanistica ma, piuttosto, quella esplicitamente epistemologica tipica della cultura progettuale tecnologica.

In senso operativo, ad esempio, la programmazione informatica (la schematizzazione per moduli e blocchi di singole istruzioni - diagrammi) implica una necessità costante di saper definire in maniera chiara quali parametri di input entrano in gioco e a quali trasformazioni dovranno essere sottoposti al fine di restituire, in output, parametri attesi. Le piattaforme di VPL su citate consentono anche da un punto di vista cognitivo di isolare e analizzare i singoli nodi degli algoritmi favorendo, così, una visione complessiva e di dettaglio molto significativa.

I progettisti educati all'uso del calcolatore possono esprimere la “flessibilità” progettuale esattamente nel modo in cui NARDI attribuisce all'euristica in architettura quel difficile compito di mediare “tra arte e tecnica, tra creatività e sistema normativo, l'articolazione delle relazioni tra forma, funzione e tecnica, le connessioni tra schizzo e progetto esecutivo”⁶⁹.

Pensare al progetto in senso euristico⁷⁰ consente di focalizzarsi sulla radice etimologica che non attiene al significato di “invenzione” ma piuttosto a quello di “trovare”.

«L'euristica dunque non è disvelamento (dal greco, *alethein* – nda) di una novità perduta, ma individuazione di un percorso, volta a volta diverso, che orienti e disciplini l'operare inventivo»⁷¹.

⁶⁹ Euristica e Architettura in Massirno Bonfantini et altri, a cura di, *La vita inventiva*, Il Club Psòmega per Renato Boeri, Edizioni scientifiche italiane, Milano, 1998, pp.114-126.

⁷⁰ Euristico agg. [der. del gr. εὕρισκω «trovare, scoprire»] (pl. m. -ci). – Nel linguaggio scient., detto di ipotesi che viene assunta precipuamente come idea direttrice nella ricerca dei fatti, e del metodo stesso di ricerca così condotta: mezzo e., in senso lato, mezzo di ricerca. In partic., in matematica, procedimento e., qualsiasi procedimento non rigoroso (a carattere approssimativo, intuitivo, analogico, ecc.) che consente di prevedere o rendere plausibile un risultato, il quale in un secondo tempo dovrà essere controllato e convalidato per via rigorosa. – Treccani.

⁷¹ Ibidem.

Ne risulta una progettazione che è in grado di attribuire una profondità speculativa al processo scientifico ed a quello creativo grazie all’approccio e agli strumenti sino ad ora descritti. Una rinnovata capacità progettuale alla luce di queste strumentazioni e “visioni integrate” può alimentare tutta una speculazione intellettuale afferente alla modalità filosofica di verificare e cercare il “vero”, in senso logico, attraverso l’inferenza *abduittiva* sapientemente affrontata da BONFANTINI, grazie alla quale è possibile identificare il dominio inventivo dell’agire umano.

In definitiva un’idea di flessibilità progettuale che, traendo la sua forza dalle molteplici risposte ricorsive ricevute⁷² dall’esterno, è in grado di giustificare con forte probabilità la validità dell’intero processo produttivo che “sposta” la visione complessiva del progetto verso una dimensione scientificamente e logicamente dimostrata nonché semioticamente costruita.

Per quanto concerne l’aspetto “pedagogico” risulta utile far riferimento ad alcuni passaggi che all’interno dell’articolo *DesignScript: origins, explanation, illustration*⁷³, Robert AISH evidenzia con molta chiarezza.

DesignScript è uno strumento, *tools*, che oltre al compito lapalissiano di essere finalizzato alla modellazione, è in grado di influenzare l’operatore tanto da essere considerato anche come un *pedagogic tools*. Uno strumento che aiuterebbe le professioni basate sulla progettazione pragmatica nella transizione verso la programmazione attraverso l’acquisizione progressiva di concetti informatici semplici applicati a questioni pratiche legate al design. In pratica attraverso l’utilizzo pratico degli strumenti si acquisisce una certa consapevolezza metodologica specifica per la progettazione ed il design mediante costrutti informatici.

Lo *scripting* assume un valore paragonabile a quello del disegno per l’architettura, ossia un valore di indagine e di approfondimento di forma, funzione e comunicazione in grado di incrementare i livelli di introspezione del progetto stesso.

Il valore di indagine si esprime nella misura in cui l’approccio descritto consente al progettista che si avvicina alla progettazione “assistita” di costruire un proprio contesto geometrico e logico all’interno del quale egli è in grado di “scoprire” nuove possibili soluzioni di design e, al contempo, generarle e analizzarle con una certa autonomia. Questa modalità è diametralmente opposta a quella definita *computer-based* orientata al *design* “finito” (gli oggetti prodotti come forma data senza interattività di processo).

Estendendo il ragionamento di AISH condotto per il suo *tool*, DesignScript, è possibile riconoscere in che modo la progettazione flessibile possa incidere su alcuni fattori fondamentali del *Design Thinking*:

⁷² L’abduzione, come l’induzione, non è logicamente valida senza conferme esterne e, secondo il filosofo statunitense Charles Sanders Peirce, tale condizione è quella che maggiormente attribuisce potere sperimentale e di accrescimento del nostro sapere al modo inferenziale abduittivo rendendolo, al contempo, il metodo più esposto ad errori.

⁷³ R. Aish, 2012. *DesignScript: origins, explanation, illustration*. Computational Design Modelling, pp.1–8.

- *Identificazione esplicita delle variabili generative del design stesso (ovvero della progettazione);*
- *Costruzione delle dipendenze logiche e di forma tra le variabili e la geometria costruttiva (spesso attraverso lunghe catene di relazioni all'interno di complessi flow chart);*
- *Definizione di regole performative misurabili ed espressione diretta del design ottenuto;*
- *Attraverso la variazione/alterazione dei fattori variabili, e delle dipendenze logiche, è possibile comprendere e/o promuovere la genesi di ulteriori soluzioni progettuali (come esercizio didattico);*

Pedagogicamente, osserva AISH, è possibile riscontrare un miglioramento sostanziale della curva di apprendimento del progettista-programmatore attraverso i “nuovi linguaggi”. I grafici in Fig. 15 descrivono molto bene l'asserzione appena proposta:

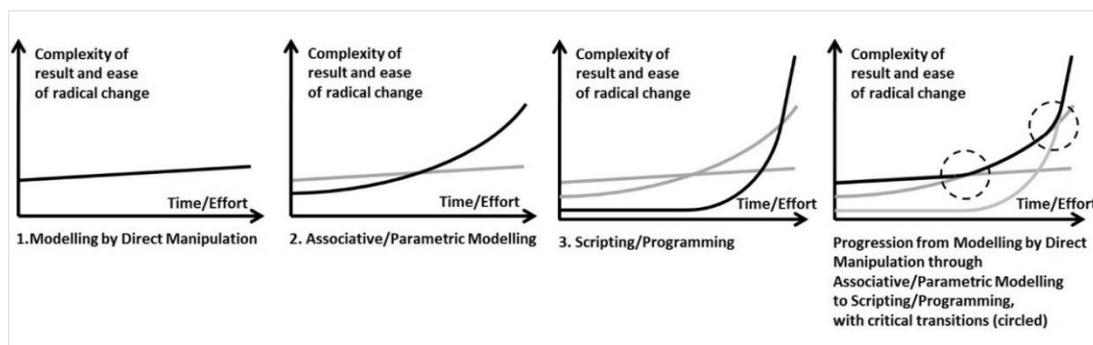


Fig. 15: Curva di apprendimento delle diverse modalità di modellazione/progettazione⁷⁴

Si propone di seguito l'analisi dello stesso AISH:

1. *For modelling by direct manipulation*, the designer immediately obtains some interesting result for the modelling effort he makes, yet to change or refine or increase the complexity of the model may require an exhaustive amount of additional effort. Therefore the perceptive designer may search for a way to overcome the limitations of direct manipulation.
2. *For Associative or parametric modelling*, the designer may have to initially make some more effort to create the first associative model (than he did with regular modelling). Although the initial results may be unimpressive, he is investing in an associative model with higher semantic value. Because of this investment in design logic the designers ability to change and refine that model becomes comparatively easy (compared to non-associative modelling). The designer is not just investing his time and effort, but also has to learn new skills: in particular how to think associatively. However, the perceptive designer may recognise that some types of design logic are difficult to express in an associative modelling system, therefore the perceptive designer may search for a way to overcome the limitations of associative modelling.
3. *With scripting and programming*, considerable time and effort may be expended apparently without much evidence of success. Nothing works until it all works, but then the complexity of the model and the ability to re-generate the model with radically different

⁷⁴ Ibidem.

design logic appears more powerful than what can be achieved with associative modelling.

Nel quarto grafico in Fig. 15 (ultimo a destra) si nota come l’integrazione progettuale dei tre differenti paradigmi di modellizzazione e progettazione riesca ad innescare dei cambi di pendenza non solo operativi, ma addirittura del livello di profondità conoscitiva del problema trattato. Il cambio di paradigma, che ha come diretta conseguenza una progettazione “flessibile” è riconoscibile, in definitiva, in un arricchimento del *workspace* del progettista che, volendo indugiare ancora sulla metafora informatica, si trasforma in uno spazio multivalente, in un IDE⁷⁵ ossia un *Integrated Design Environment*: un ambiente di sviluppo progettuale all’interno del quale ricerca e operatività sono costantemente alimentate da azioni retroattive di raffinamento del prodotto finale attraverso una incrementale e rigorosa ri-definizione dell’*intentio* progettuale iniziale.

L’aspetto nobile di un’attività progettuale supportata dalle tecnologie informatiche implica una costante necessità ad auto migliorarsi considerando proprio l’elevata diffusione di un concetto di interazione sociale del tutto nuovo tra uomo e macchina. Una didattica rivisitata che fa dello scambio di conoscenze attraverso piattaforme informatiche uno dei motivi principali per migliorare il trasferimento di competenze nell’avanzamento culturale dei futuri architetti e designer.

1.4.2 *Generative Design: sintassi esplicativa e concetti costitutivi*

Va posta chiarezza su l’uso improprio o falsato di termini inerenti alla programmazione applicata al design che spesso ne sostituisce o altera il vero significato.

Tecnicamente discutere di *parametric design*, *algorithm design* e *computational design* significa entrare nel dominio culturale del *Generative Design*.

Si riporta di seguito la definizione che Autodesk adotta e sulla quale la comunità scientifica maggiormente concorda:

«Generative design mimics nature’s evolutionary approach to design. Designers or engineers input design goals into generative design software, along with parameters such as materials, manufacturing methods, and cost constraints. Then, using cloud computing, the software explores all the possible permutations of a solution, quickly generating design alternatives. It tests and learns from each iteration what works and what doesn’t. With generative design, there is no single solution; instead, there are potentially thousands of great solutions. You choose the design that best fits your needs»⁷⁶

⁷⁵ In informatica un ambiente di sviluppo integrato (in lingua inglese *integrated development environment* ovvero IDE, anche *integrated design environment* o *integrated debugging environment*, rispettivamente ambiente integrato di progettazione e ambiente integrato di debugging) è un software che, in fase di programmazione, aiuta i programmatori nello sviluppo del codice sorgente di un programma. Spesso l’IDE aiuta lo sviluppatore segnalando errori di sintassi del codice direttamente in fase di scrittura, oltre a tutta una serie di strumenti e funzionalità di supporto alla fase di sviluppo e debugging. Tratto da https://it.wikipedia.org/wiki/Integrated_development_environment

⁷⁶ [accesso web link 18/03/2016] <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>

Prima di giungere alla comprensione della seguente affermazione: “il design generativo imita i processi evolutivi della natura”, bisogna chiarire alcuni aspetti operativi gestiti dal designer e supportati dal computer che incorrono nel processo “generativo”.

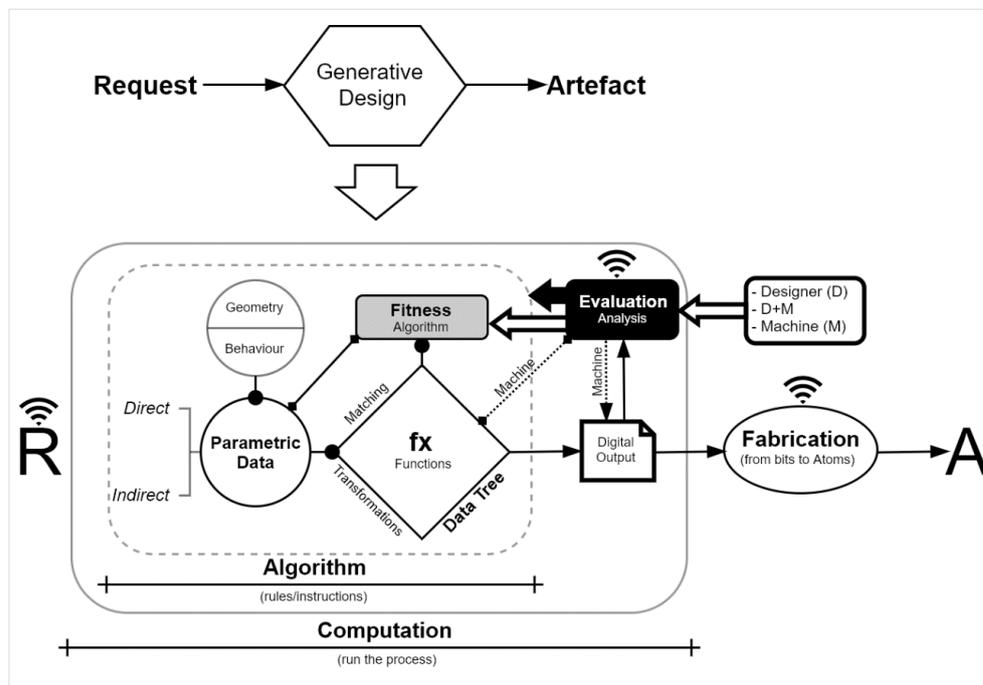


Fig. 16: Quadro sinottico Generative Design – diagramma esplicativo dell'autore

In breve: Comprensione di un problema, esplorazione e ideazione di possibili soluzioni e prototipazione (il *core system* del *design thinking*).

Nello specifico lo schema in Fig. 16 mostra l'intercettazione delle richieste da parte del designer che può essere assistito o meno dalla macchina, oppure, in scenari più avanzati, intercettazione eseguita soltanto dalla macchina. L'intercettazione è rappresentata dal blocco “Evaluation” deputato all'analisi dell'insieme di regole ed istruzioni adoperate ai fini del raggiungimento degli obiettivi preposti. Va precisato che la necessità di esternalizzare l'elaborazione dell'algoritmo, ovvero il “Digital Output”, è prettamente legata alla presenza dello stesso designer nel processo di computazione (presenza umana). La macchina, in quanto tale, potrebbe fermarsi a sequenze alfanumeriche quali risultato del suddetto processo nonché soluzione del problema oggetto di indagine. A valle dell'output digitale si espleta la fase di valutazione della computazione e lo stesso designer, a seconda delle circostanze, interagirà con i parametri di input oppure ridefinirà il problema implementando il blocco funzionale “fx” e/o “Fitness”.

In scenari tecnologicamente evoluti (verso i quali si sta già protendendo) l'analisi e la valutazione del problema iniziale potrebbe essere intercetta ed elaborata dalla sola macchina, questo potrebbe spostare la questione generativa del design verso un mondo

tecnologico popolato da macchine dotate di intelligenza artificiale in grado di proiettare rapidamente il processo al blocco produttivo - “Fabrication” – dunque all’artefatto.

Questo perché l’intelligenza artificiale (AI) è caratterizzata da algoritmi sofisticati basati sull’autoapprendimento, *machine learning*, che sono in grado di determinare autonomamente il miglior algoritmo necessario al caso o di produrne di nuovi (meta-algoritmi)⁷⁷ nell’ottica di migliorare modelli predittivi/previsionali legati all’aspetto “decisionale” di tipo *data-driven*.

Senza allontanarsi troppo dai propositi della presente digressione invadendo gli scenari culturali delle *cyber novels* si può affermare che il *Generative design* (GD) è un processo computazionale di algoritmi che presentano una forma di intelligenza in cui l’espressione di un giudizio di valore veicola il soddisfacimento dei requisiti e vincoli posti a monte del processo stesso.

Facendo un ulteriore approfondimento del diagramma elaborato, e senza scomodare l’intelligenza artificiale, è possibile seguire il ragionamento che segue: se algoritmo significa

«una sequenza finita di operazioni elementari, eseguibili facilmente da un elaboratore che, a partire da un insieme di dati I (input), produce un altro insieme di dati O (output) che soddisfano un preassegnato insieme di requisiti»⁷⁸

allora è necessario individuare a partire dalla richiesta di esigenza (espressa da una data utenza) una serie di requisiti da soddisfare e, per fare ciò, individuare una serie determinata di parametri in ingresso in grado di definire nella forma e nella sostanza (*geometry and behaviour* in Fig. 16), un bacino di informazioni (*data lake*) univocamente identificabili come singoli parametri (*parametric data*) – e direttamente o indirettamente accessibili.

Queste informazioni saranno poi trattate attraverso un sistema più o meno complesso di funzioni (logico-matematiche-fisiche) che trasformeranno e combineranno le informazioni di input in un sistema più articolato di informazioni (*data tree*).

Nell’area “Algorithm”, in Fig. 16, si è ritenuto necessario inserire un blocco “Fitness” per rappresentare nel complesso sistema di regole ed istruzioni assunte una idoneità/capacità delle funzioni di trattare i parametri di input affinché possano tendere il più possibile agli obiettivi finali preposti.

Si cerca di semplificare quanto esposto nell’esempio che segue: **(A)** se volessimo aumentare la redditività di un terreno edificabile di dimensioni ridotte, ma edificabile fino ad un massimo di 10 piani fuori terra, dovremmo implementare nel generico algoritmo il valore del parametro rappresentativo dell’altezza dell’edificio-tipo. **(B)** Tuttavia, se il problema si eleva ad una dimensione più complessa, ad esempio tenendo in conto la panoramicità della visuale fruibile dai diversi piani in funzione del grado di ostruzione visiva prodotta dallo *skyline* degli edifici prospicienti, si avrà evidentemente la necessità di migliorare l’algoritmo che interessa il blocco “Fitness”. Negli ultimi anni si sta assistendo

⁷⁷ Per un approfondimento si rimanda il lettore al contributo di Marco Somalvico, *I computer inventano?*, in Ferraresi, M., Avanzini, G., Bonfantini, M., Boeri, R., & Club Psòmega. (1986). *La forma dell’inventiva*. Milano: Unicopli, pp. 207-214.

⁷⁸ Def. Informatica - vocabolario Treccani.

all'introduzione nella progettazione di “algoritmi genetici” in grado di migliorare le soluzioni proposte, ovvero, di codici informatici che simulano i processi naturali di evoluzione genetica applicati a casi di *problem solving* - si tratta dei cosiddetti *evolutionary solver*. La piattaforma di *visual scripting* Grasshopper è un modello di riferimento per i designer anche in questa declinazione progettuale poiché dotata di “componenti-nodi” in grado di eseguire codici evolutivi (Galapagos, Octopus, Goat, GenoForm *et simili*) per la risoluzione di problemi complessi⁷⁹.

In base alla definizione riportata di *Generative Design* si possono riscontrare nella pratica almeno due azioni operative svolte dal blocco algoritmico, esse sono: “propagazione” (*object based geometry population*) e “scripting”. Mentre la prima tecnica si occupa della propagazione/popolazione di forme geometriche in funzione della giacitura superficiale di una data forma in input, lo *scripting* come già discusso consente la generazione di artefatti correlando costrizioni/vincoli e parametri di input in maniera del tutto personalizzata.

Chiarito il quadro sinottico ed i concetti costitutivi del design generativo se ne deduce, prevalentemente, una natura computazionale del *modus operandi* ed un certo “livello” di intelligenza algoritmica di tipo predittivo/decisionale in grado di rendere autonomo il processo creativo-produttivo del generico artefatto definendo per ciascun “blocco” utilità e scopo.

1.4.3 Interoperabilità e formati di scambio dati

Interoperabilità: «Capacità di due o più sistemi, reti, mezzi, applicazioni o componenti, di scambiare informazioni tra loro e di essere poi in grado di utilizzarle. In una società globalizzata che vede una sempre crescente diversità di sistemi e di applicazioni, l'interoperabilità rende possibile lo sviluppo di mercati e sistemi globali, prevenendo gli indesiderabili effetti della frammentazione. In stretta sintesi l'interoperabilità è la chiave di un sano sviluppo della globalizzazione. Essa può essere di tipo tecnico e/o di tipo concettuale. Quella di tipo tecnico è la più nota: basti pensare al mondo delle telecomunicazioni, al software e alla continua evoluzione dei sistemi di calcolo. L'impiego domestico delle tecnologie informatiche ci mette ogni giorno di fronte - all'esigenza di interoperabilità fra i diversi sistemi di cui disponiamo. Quella di tipo concettuale fa invece riferimento al modo razionale con cui sistemi complessi, privati e pubblici, nazionali e sovranazionali, sono in grado di cooperare sinergicamente»⁸⁰

Come spesso accade la documentazione tecnica è ormai dominio dei software di BIM *authoring* (Revit, Archicad, Vectorworks), tuttavia la struttura rigida di tali modelli rende difficoltosa l'esplorazione e l'indagine del *design* in fasi di *concept*, per tale motivo gli operatori si affidano ad un vasto ecosistema di applicativi dedicati (Fig. 17 e Fig. 18).

⁷⁹ Un esempio di risoluzione di problemi complessi attraverso l'uso di evolutionary solver può essere visionato al seguente spazio web: <http://bit.ly/lucianoambrosini-form-finding>

⁸⁰ Cfr. Enciclopedia della Scienza e della Tecnica Treccani.



Fig. 17: Esempio di Ecosistema BIM⁸¹

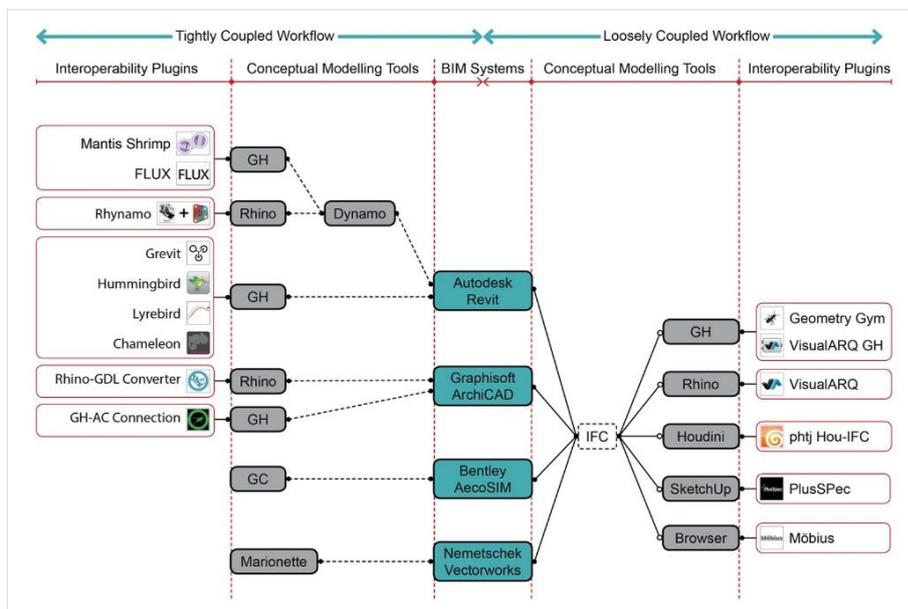


Fig. 18: Esempio di interoperabilità tra tools di esplorazione/analisi e BIM⁸²

I modelli BIM rappresentano dei *dataset* particolarmente complessi che lasciano poco spazio all’esplorazione parametrica “aperta” (situazione in evoluzione nei casi di affiancamento di piattaforme di *scripting* visuale proprietarie), così si rende necessaria la coesistenza di formati di interscambio dati in grado di agevolare l’interoperabilità tra i differenti software che intercorrono nel complesso processo di “in-formazione” del progetto BIM.

⁸¹ [accesso web link 19/04/2016] <https://parametricmonkey.com/2016/06/20/B.I.M.-ecosystem/>

⁸² [accesso web link 19/04/2016] <http://revitaddons.blogspot.it/2017/04/opinion-best-computational-B.I.M..html>

1.4.3.1 Il formato IFC e l'Open BIM

L'iniziativa di far convergere molteplici produttori e costruttori del settore edilizio verso l'adozione di un formato informatico di interscambio condiviso nasce nel 1994. Inizialmente l'operazione di un consorzio statunitense costituito da 12 *players* fu quella di sviluppare apposite librerie informatiche (tecnicamente “classi”) nel linguaggio informatico C++ (basato su programmazione ad oggetti).

I criteri essenziali condivisi dal consorzio erano i seguenti:

- *L'interoperabilità era fattibile e aveva un grande potenziale commerciale;*
- *La norma doveva essere aperta e internazionale, non un formato proprietario o protetto.*
- *Il gruppo doveva essere aperto a chiunque fosse interessato, in tutto il mondo.*

Il 16 maggio del 1996 nasce a Londra ufficialmente la *International Alliance for Interoperability* (IAI) costituita da alcune rappresentanze internazionali di America del Nord, Europa, Asia.

L'11 giugno 2008 l'IAI cambia il proprio nome in *buildingSMART International* con l'intenzione di migliorare l'inclusione, la diffusione e la condivisione dei criteri fondanti di cui sopra all'interno dell'intero settore delle costruzioni. L'accezione SMART “rappresenta il modo in cui si costruisce: l'intelligenza, l'interoperabilità, la costruzione in *team*, la creazione e lo sfruttamento migliore degli edifici”⁸³.

La prima norma fissata dalla *buildingSMART* è stata quella di definire il formato *Industry Class Foundation* (IFC) disciplinato dalla ISO: 16739, ovvero un formato strutturato secondo una correlazione informativa (semantica, relazioni, proprietà) per definire, individuare e descrivere l'intero flusso informativo contenuto nel modello BIM. La struttura del suo *database* è sostanzialmente derivata da quella del formato STEP⁸⁴ (ISO: 10303). L'*Institute of BIM Italy* (iBIMI) in tal proposito riporta quanto segue rispetto alla struttura informativa che caratterizza il formato IFC:

IFC-SPF è un formato di testo definito dalla ISO 10303-21 (“STEP-File”), in cui ogni riga consiste tipicamente di un singolo oggetto registrato e ha estensione “.ifc”. Questo è il formato IFC più utilizzato, con il vantaggio di avere dimensioni compatte ma con un testo ancora leggibile.

IFC-XML è un formato XML definito dalla ISO 10303-28 (“STEP-XML”), con estensione “.ifcXML”. Questo formato è adatto per l'interoperabilità di strumenti XML e lo scambio di modelli di edifici parziali. A causa delle grandi dimensioni dei modelli tipici di un edificio, questo formato è meno comune nella pratica.

⁸³ Cfr. Documento tecnico Autodesk, “Lo standard IFC: quando e come utilizzarlo” – livre blanc.

⁸⁴ Nome ufficiale STEP (STandard for the Exchange of Product model data – “Norme per lo Scambio dei dati dei Prodotti”), è uno standard contenente una serie di regole per l'integrazione, la presentazione e lo scambio di dati (via computer); può essere usata per trasferire dati tra i seguenti sistemi: CAD, CAM, CAE, PDM/EDM. L'obiettivo è una descrizione senza ambiguità, che può essere adattata a tutti i sistemi informatici. Permette anche l'archiviazione dei dati a lungo termine e la creazione di basi di dati centralizzate.

IFC-ZIP è un formato ZIP compresso costituito da un file IFC-SPF incorporato e con estensione “ifcZIP”.

Essendo l’IFC un formato di scambio dati esso consente di migliorare l’interoperabilità nel flusso di lavoro dell’intero *team* che opera sul medesimo progetto/modello.

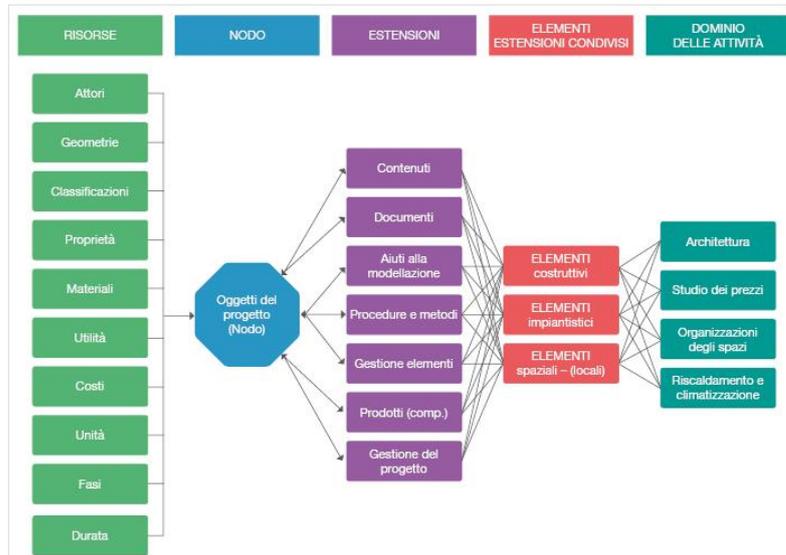


Fig. 19: Architettura del modello dati IFC (fonte biblus.acca.it)

Senza entrare in tecnicismi informatici, la buildingSMART identifica nella logica *OpenBIM*, la cultura dell’interoperabilità a tutto tondo ed l’emblema dei 3 criteri fondanti (citati in apertura) schematizzandone, come di seguito riportato, la struttura degli standard adottati:

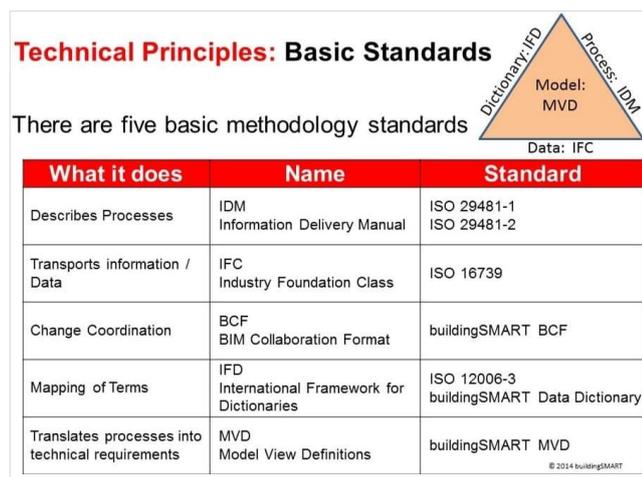


Fig. 20: I 5 principali standard adoperati da buildingSMART.

Per lasciar comprendere i meccanismi tecnici riportati in (Fig. 20) alla base del concetto *Open, buildingSMART* usa una analogia estesa al mondo degli smartphone (realtà che tutti oramai comprendono).

Dall'articolo introduttivo al formato IFC si riporta quanto segue.

Nel mondo degli *smartphones* un *App* è uno strumento programmato per funzionare su di un particolare sistema operativo (O.S.), questo implica la sua impossibilità a funzionare su altri sistemi. La *buildingSMART* ha creato un sistema di flusso dati aperto attraverso la creazione, a monte, di un “sistema operativo” proprio e di specifiche “App”. L'O.S. è rappresentato dal formato IFC, mentre le applicazioni sono rappresentate dal modello MVD. Sia il sistema che le applicazioni funzionano a livello internazionale ed universale accedendo al dizionario informativo che gestisce il linguaggio di traduzione (*buildingSMART Data Dictionary – bSDD*). A differenza degli *smartphones* in cui un App Android non potrà mai “girare” su piattaforma iOS (e viceversa), in questo caso l'idea base del formato IFC è che debba necessariamente essere neutrale alla piattaforma adoperata ed accedere al medesimo dizionario interpretativo. In questo modo si possono condividere informazioni facilmente.

Il requisito fondamentale per svincolarsi dalla piattaforma di BIM *authoring* adoperata è quello di ricevere una specifica certificazione *OpenBIM* dalla *buildingSMART*.



Fig. 21: Analogia tecnica col mondo degli smartphones in riferimento al concetto di OpenBIM.

Ma è evidente che la nobiltà di intenti del concetto “open” è spesso “rallentata” da politiche di marketing aggressivo condotte dai maggiori *players* nel settore *software*, i quali, tendono a diffondere in parallelo un concetto di ecosistema di applicazioni proprietarie in grado di coprire in modo omogeneo la maggior parte dei moduli tecnici che interessano il settore costruttivo. Anche in questo caso il risultato di questa politica è foriero di vantaggi e svantaggi per gli addetti ai lavori.

1.4.3.2 Il formato COBie

La normativa a riguardo è ancora in fase di definizione per tale motivo esistono differenti fonti e linee guida che giungono a noi ancora una volta dal mondo anglosassone delle costruzioni: *Design Guidelines and Standards* dello stato del Wisconsin⁸⁵, gli *Ohio BIM Protocols*⁸⁶, i protocolli standard dell’U.S. *Department of Veterans Affairs*⁸⁷ o il più recentemente *National BIM Overview*⁸⁸ del GSA.

In via generale il formato riconosciuto nelle molteplici linee guida orientate allo scambio dati per l’*Operation and Maintenance* (O&M) è il *Construction Operations Building Information Exchange* (COBie⁸⁹). Questo formato nato nel 2007 come progetto pilota condotto dal dr. Bill EAST del *United States Army Corps of Engineers* per la *Federal Aviation Administration*, fu riconosciuto come standard nel 2011 dal *National Institute of Building Sciences* e, successivamente, nel 2013 fu adottato dalla *buildingSMART* come uno dei principali formati di interscambio dati all’interno del processo BIM (XML, IFC, COBie). Recentemente, più di preciso nel settembre del 2014, il COBie è ufficializzato nelle *British Standard: BS 1192-4:2014 Collaborative production of information Part 4: Fulfilling employer’s information exchange requirements using COBie – Code of practice*.

Molti aspetti tecnici, discussi nel *Type Worksheet Schema*⁹⁰, saranno implementati direttamente nelle piattaforme BIM, visto che gli aspetti tecnici del formato di interscambio teso al FM sono ancora esterni al modello informativo e sovente nella pratica professionale sono soggetti a laboriose operazioni di *manually data-entry* (procedure che passano per i fogli di calcolo “*spreadsheets*”, vedi Excel, Fig. 22).

⁸⁵ Cfr. [accesso web link 19/04/2016] <http://doa.wi.gov/Default.aspx?Page=b1b89cc2-4688-4669-8e2a-47c2234a8179>

⁸⁶ Cfr. [accesso web link 20/04/2016] <http://das.ohio.gov/Portals/0/DASDivisions/GeneralServices/SAO/pdf/SAO-B.I.M.Protocol.pdf>

⁸⁷ Cfr. [accesso web link 22/04/2016] www.cfm.va.gov/til/B.I.M./B.I.M.Guide

⁸⁸ Cfr. [accesso web link 22/04/2016] www.gsa.gov/portal/content/105075

⁸⁹ COBie is a [web link] performance-based specification for facility asset information delivery. Two types of assets are included in COBie: equipment and [web link] spaces. While manufacturer data for installed products and equipment may one day be directly available (via the [web link] SPie project), COBie helps the project team organize electronic submittals approved during design and construction and deliver a consolidated electronic [web link] O&M manual with little or no additional effort. COBie data may then be imported directly into CMMS and asset management software, again at no cost. The PDF, drawing, and building information model files that accompany COBie are organized so that they can be easily accessed through the secure server directories already in place at the facility management office. Tratto da <https://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie>

⁹⁰ Cfr. [accesso web link 23/04/2016] http://projects.buildingsmartalliance.org/files/?artifact_id=5879

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	Description	selfType	Manufacturer	ModelNumber
227	Pre-planted vegetation blanket	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_57_91_65 : Pre-planted vegetation	Pre-planted vegetation blankets			
228	Rootball securing assembly	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_63_64_72 : Rootball securing frame	Rootball securing asse	enquiries@greenleaftrees.co.uk	SASDMA	
229	Stakes	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_63_64_84 : Stakes	Stakes	sales@jacksons-fencing.co.uk	Tree Stakes	
230	Tree grilles	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_63_64_87 : Tree grilles	Tree grilles	msf.sales@marshalls.co.uk	OLTG204, Oll	
231	Tree guards	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_63_64_88 : Tree guards	Tree guards	msf.sales@marshalls.co.uk	OLTR301, Oll	
232	Corrosion inhibitor chemicals for op	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_55_96_15 : Corrosion inhibitor chem	Corrosion inhibitor ch	Submit proposals.		
233	Scale inhibitor chemicals for op	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_55_96_77 : Scale inhibitor chemical	Scale inhibitor chemi	Submit proposals.		
234	Dosing pots	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_55_97_07 : Biocide dosing pots ; Pr	Dosing pots	Submit proposals.		
235	Gas fired condensing boilers	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_60_08_34 : Gas fired condensing bo	Gas fired condensing b	Submit proposals.		
236	Storage water heaters, gas fired	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_60_36_34 : Gas-fired storage water	Storage water heaters	Submit proposals.		
237	Immersion heaters	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_60_36_42 : Immersion heaters	Immersion heaters	Submit proposals.		
238	Low temperature hot water heaters	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_65_37_47 : Low temperature hot wa	Low temperature hot	Submit proposals.		
239	PVC-U solid wall below ground	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_07_88 : Unplasticized polyvinylc	PVC-U solid wall below	Submit proposals.		
240	Covers and gratings for floor gullies	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_24_30 : Floor gully covers and gr	Covers and gratings fo	Submit proposals.		
241	Floor gullies	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_24_31 : Floor gullies	Floor gullies	Submit proposals.		
242	Freestanding grease traps and catchers	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_25_32 : Free-standing grease tra	Freestanding grease tr	WPL Ltd Sewage Treatment & Rain WPL Grease C		
243	Pressure gauges	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_34_66 : Pressure gauges	Pressure gauges	Contractor's choice.		
244	Temperature gauges	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_34_88 : Temperature gauges	Temperature gauges	Contractor's choice.		

Fig. 22: Esempio di visualizzazione COBie (foglio di calcolo Excel)⁹¹

L’esportazione delle informazioni contenute nel modello BIM possono essere lette da tutti gli attori del processo con una certa facilità e democrazia di diffusione. Con molta semplicità, navigando tra i *worksheet tabs* di Excel, è possibile esplorare categorie costruttive o di servizio specifiche (*floor, zone, components, etc.*) e sempre più di frequente tale formato costituisce il *dataset* importato nei software dedicati al FM.

Ad esempio, alla voce “Type” si ritrovano una serie di informazioni definite “attributi” presenti all’interno dell’oggetto/componente utilizzato nel modello BIM. Le informazioni specifiche su quest’ultimo sono rintracciabili alla voce “Component”, mentre gli estremi dell’azienda produttrice in “Contact” e così per molte altre informazioni come quelle relative alla responsabilità manutentiva di specifiche figure, “Job”. Quindi in definitiva è un formato di interscambio che permette di filtrare molteplici informazioni contenute nei modelli informati che altrimenti non sarebbero così facili da individuare da parte di coloro, ad esempio il personale manutentore, che non sono interessati alla conoscenza delle molteplici voci di dettaglio presenti nel modello originale. Considerate le dimensioni contenute di questo output dal 1 gennaio 2016 nel Regno Unito è diventato un documento ufficiale e obbligatorio.

1.4.3.3 Il formato G-code

Nell’ottica delle osservazioni riportate nel presente paragrafo in riferimento al *digital know-how*, invocare questo formato di interscambio dati risulta particolarmente significativo nel delineare la scintilla di cambio di paradigma tecnologico palesatosi negli ultimi 10-12 anni. Le due seguenti celebri espressioni: *How to make (almost) everything* e *From*

⁹¹ Fonte [accesso web link 24/05/2016] <http://www.B.I.M.plus.co.uk/people/cobie-getting-down-basics/>

bits to atoms, possono essere considerate come il manifesto di una rivoluzione culturale ancor prima che tecnologica.

La prima espressione altro non è che il nome del primo laboratorio di auto-fabbricazione attivato al MIT nel 1998, il docente era Neil GERSHENFELD direttore del *Center for Bits and Atoms* (CBA), un centro interdipartimentale costituito da 15 facoltà differenti (fisica, chimica, biologia, matematica ed ingegneria meccanica ed elettrica). Per GERSHENFELD la *computer science* non poteva esistere separata ed essere avulsa dalle scienze fisiche. Il corso si popolò di studenti particolarmente curiosi e desiderosi di introdurre la *Personal Fabrication* (PF) all’interno delle proprie ricerche. Lo stesso docente restò sorpreso quando si accorse di quanto fosse variegata la platea di studenti che vi presero parte e del fatto che nella prima fase di reclutamento risposero appena una decina di studenti tra cui, artisti, architetti e ingegneri tutti non particolarmente “preparati” in termini di conoscenze tecnologiche (ovviamente per gli standard del MIT).

In quel momento storico furono gettate le basi per la nascita di un movimento rivoluzionario che avrebbe interessato l’intero globo sul finire degli anni 2010-2011, ovvero la nascita dei *FabLabs* (*Fabulous Laboratory/Fabrication Laboratory*) ed il movimento dei *Makers*.

Fu così che nel 2012 Chris ANDERSON, autore di “MAKERS – The New Industrial Revolution”, conia la seconda espressione citata in apertura. Si giunge così alla caratterizzazione del principio di trasferimento della prototipazione digitale e concettuale di oggetti realizzati al CAD, ai macchinari produttivi a controllo numerico “CNC” (attività nota come *digital manufacturing*). Sia nel caso di tecnologie “additive” che “sottrattive” il passaggio avviene attraverso la “traduzione”, tramite appositi software, in un linguaggio comprensibile alla macchina: il *G-code*.

Il G-code fu sviluppato nel 1950 presso *Servomechanisms Laboratory* del MIT, conosciuto anche con l’acronimo RS-274 presenta molteplici varianti formali, ma tutte con funzionalità specifica di trasferire informazioni alle macchine CAM (*Computer Aided Manufacturing*) per poterne controllare i movimenti. La sua diffusione è tuttavia legata all’utilizzo “invisibile” che ne fanno alcune macchine come, stampanti 3D, laser cutter, frese CNC *et simili*, entrate di diritto nel *workspace* degli addetti ai lavori. Una prima standardizzazione fu effettuata dall’ *Electronic Industries Alliance* nel 1960 e successivamente nel 1980 come riportato nel manuale *Machinery’s Handbook*⁹² (RS-274-D)⁹³, il cosiddetto *Gerber format* sostituito nel 2015 dal RS-274X). In Europa spesso si fa riferimento ad altri

⁹² Dal reference book for the mechanical engineer, designer, manufacturing engineer, draftsman, toolmaker, and machinist, *Machinery’s Handbook 29th edition* by Erik OBERG, Franklin D. Jones, Holbrook L. HORTON, and Henry H. RYFFEL. Christopher J. MCCAULEY, senior editor 2012, Industrial Press New York, p. 3584.

⁹³ EIA Standard RS-274-D Interchangeable Variable Block Data Format for Positioning, Contouring, and Contouring/Positioning Numerically Controlled Machines, 2001 Eye Street, NW, Washington, D.C. 20006: Electronic Industries Association, February 1979.

formati, ad esempio ISO 6983 nello specifico in Germania alla norma DIN 66025 mentre in Polonia alla PN-73M-55256 e PN-93/M-55251.

Supponendo di voler analizzare rapidamente il G-Code di una stampa 3D, è interessante riportare la seguente specifica operativa:

«I GCode sono formati da gruppi di lettere e numeri (sono delle stringhe). Solitamente un GCode è posto su una riga e inizia con la lettera “G”, da cui il nome, anche se in realtà nei codici sono presenti praticamente tutte le lettere dell’alfabeto. Alcuni codici sono “istantanei” e una volta impartiti corrispondono a una precisa azione: per esempio uno spostamento dell’asse x di dieci millimetri. Altri codici sono “modali”, cioè attivano un comportamento che persiste fino a che non è modificato: per esempio l’impostazione della temperatura dell’estrusore. Un file GCode può includere dei numeri di linea, anche se non è obbligatorio. Di solito sono esclusi perché non sono strettamente necessari e perché aumentano inutilmente le dimensioni del file»⁹⁴.

```
G21 ; set units to millimeters
M107
M190 S120 ; wait for bed temperature to be reached
M104 S230 ; set temperature
G28 ; home all axes
G1 Z5 F5000 ; lift nozzle
M109 S230 ; wait for temperature to be reached
G90 ; use absolute coordinates
G92 E0
M82 ; use absolute distances for extrusion
G1 F1200.000 E-1.00000
G92 E0
G1 Z0.300 F7200.000
G1 X75.979 Y75.979 F7200.000
G1 E1.00000 F1200.000
G1 X114.021 Y75.979 E1.57592 F3000
G1 X114.021 Y114.021 E2.15183
G1 X75.979 Y114.021 E2.72775
G1 X75.979 Y76.038 E3.30277
```

Fig. 23: Esempio di G-code per la stampa 3D. In verde i commenti alle stringhe.⁹⁵

È possibile intervenire sul codice manualmente attraverso un semplice editor di testi, ma bisogna avere una conoscenza specifica. Per tale motivo è consigliato adoperare software dedicati per queste operazioni⁹⁶.

In questo sotto paragrafo l’intenzione è stata quella di mettere in chiaro alcuni passaggi chiave in termini di rivoluzione culturale ed il relativo approccio alla fabbricazione e lungi dalla volontà dell’autore di descrivere accuratamente il mondo della *digital manufacturing* (evoluzione dei macchinari, delle tecniche di stampa e di fresatura etc.).

1.5 Transizione da Smart a Cognitive (Building)

Dalla realizzazione del primo riparo “primitivo” costruito con pietre, legno e pelli di animali, fino alla concezione dei più avveniristici grattacieli in epoca moderna, si è sempre

⁹⁴ Tratto da www.3dprintingcreative.it, “come Funzionano i GCode” di P. ALIVERTI, dicembre 2016.

⁹⁵ Fonte [accesso web link 25/06/2016] <http://www.sdm3d.it/>

⁹⁶ In gergo tali software sono definiti slicer (affettatori) tra i principali si ritrovano: Slic3r, Skeinforge, KISSlicer, Cura, Simplify3D.

avuto come obiettivo ultimo quello di garantire e perseguire il *comfort* delle persone che avrebbero frequentato ed abitato tali costruzioni.

Le specificità di ciascuna costruzione si sono evolute e adattate agli usi e alle abitudini dei moderni abitanti delle piccole e grandi città; l’adattamento di natura strutturale, e soprattutto funzionale, è garantito dalla presenza di dispositivi tecnologici in grado di agire proprio sul controllo dei parametri ambientali quali: temperatura, illuminazione, ventilazione, sicurezza e più genericamente si potrebbe affermare sulle “abitabilità” dello spazio costruito. Tuttavia, una diretta conseguenza della “modernità” figlia del consumo e dell’esaurimento delle risorse disponibili, è nel rendere sempre più difficile identificare ciascuna delle diverse fasi del processo realizzativo nel settore delle costruzioni senza prescindere dall’impatto globale che tali azioni locali esercitano a grande scala sul nostro pianeta. Questa consapevolezza diffusa sta orientando il concepimento, la realizzazione e la gestione dei moderni edifici secondo un principio di interconnessione sistemica che porta gli stessi ad essere costantemente in comunicazione tra le singole parti che li costituiscono e le costruzioni con essi confinanti. Tale connessione funzionale e dinamica richiede di soddisfare molteplici obiettivi prestazionali e comportamentali a partire da quelli di natura energetica, minimizzandone gli sprechi e i costi, sino a quelli di mitigazione dell’impatto ambientale in termini di sostenibilità nella sua accezione più ampia.

Nell’ultimo decennio si sta assistendo ad un affinamento delle tecniche (e delle strumentazioni) che stanno profondamente cambiando il tradizionale approccio alla progettazione tecnologica ed ambientale a partire proprio dalle prime fasi di concepimento degli edifici (*early-stage design*).

L’adduzione di questa forma di intelligenza-sistemica è il frutto di una logica di strutturazione del flusso informativo che arricchisce, sotto vari aspetti, la tradizionale modellazione intesa come primo approccio alla definizione e concretizzazione dell’idea progettuale iniziale. Tale forma di intelligenza inizia a manifestarsi con le ricerche e le innovazioni introdotte nel campo dell’*Information Technology* (IT) e attraverso essa si è reso possibile mettere in comunicazione sistemi e sottosistemi dell’edificio che sino a qualche decennio fa operavano in maniera del tutto indipendente (ITC).

Si può parlare di *Smart Building* dal momento in cui la logica progettuale di tipo *product-oriented* si apre alla multidimensionalità della rappresentazione digitale, in tal proposito è emblematica la definizione di *Building Information Modelling* (BIM) coniata nel 1977 dal professor Charles M. EASTMAN del Georgia Institute of Technology:

«use of shared digital representation to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for decisions»⁹⁷.

⁹⁷ Tale definizione è stata adottata all’interno della norma ISO 29481-1:2016(en) Building information models Information delivery manual, Part 1: Methodology and format.



Fig. 24: www.honeywell.com

L'aggettivazione *smart* è consequenzialmente foriera della logica di condivisione (digitale) che sottende lo scambio di specifiche informazioni tra i diversi attori del processo edilizio al fine di ottimizzare il progetto lungo tutto il ciclo di vita dell'opera costruita. Gli scenari operativi che gli Smart Buildings prospettano possono essere ben circoscritti a quattro focus di interesse generale. Tali focus sono spesso implementati all'interno degli strumenti digitali a supporto della logica BIMs (Beyond information Managements/Modellings) e sono stati ben illustrati dal WRI Ross Center for Sustainable Cities⁹⁸:

Connecting Building Systems: la connessione tra i diversi flussi di informazione di parti e/o dispositivi presenti negli edifici che seguono vie preferenziali nella fruizione dei dati (ne è un esempio la difficoltà di condivisione di un formato standard/protocollo informativo univocamente riconosciuto dai diversi *competitors*), rappresenta un primo ostacolo nel processo di scambio interoperativo delle risposte performative e comportamentali delle singole parti dei molteplici sottosistemi presenti nell'organismo edilizio. Tale interoperabilità garantirebbe maggior efficienza e minori consumi nel funzionamento e nella gestione dell'edificio.

Connecting to the Bottom Line: la logica sistemica che storicamente accompagna la visione organica degli edifici nella tecnologia dell'architettura sembra trovare maggior vigore in questo punto poiché nell'era dell'Internet 3.0 (IoT – *Internet of Things*) traspone tale visione sul piano delle reti in cui l'edificio rappresenta un super nodo e l'insieme di più edifici una sorta di *smart-creatures*, ovvero le città intelligenti del futuro. Tutto questo si traduce in termini di efficientamento non soltanto nella gestione delle risorse, ma nello specifico:

⁹⁸ Istituto di Ricerca nell'ambito della sostenibilità, promuove studi per realizzare soluzioni ambientalmente, socialmente e finanziariamente sostenibili per migliorare la qualità della vita nelle città. Opera principalmente nei seguenti paesi in via di rapido sviluppo: Brasile, Cina, India, Messico, Turchia ma anche negli U.S.A. Fonte <http://www.wrirosscities.org/>

- Ottimizzazione del raffrescamento e della ventilazione (*Optimized cooling and ventilation equipment*) modulando i consumi in base ai carichi termici e occupazionali;
- Correlazione tra i modelli di occupazione ed i livelli di consumo energetico (*Matching occupancy patterns to energy use*). Funzionamento snello ed economicamente vantaggioso delle dotazioni impiantistiche a disposizione.
- Manutenzione proattiva delle attrezzature (*Proactive maintenance of equipment*) mediante opportuni algoritmi l’analisi e il rilevamento protempore di eventuali malfunzionamenti al fine di ridurre i costi di gestione e ridurre lo spostamento continuo da ordinarietà a straordinarietà delle operazioni manutentive.
- Consumo variabile della fornitura elettrica (*Dynamic power consumption*) consente di analizzare l’offerta economica della gestione energetica modulando l’uso di essa all’interno degli edifici e reimmettendo nelle *smart grid* quella prodotta a costi più vantaggiosi.

Connecting to the Global Environment: anche se le logiche *smart*, di cui sopra, non si sono totalmente diffuse in molte realtà locali resta pur vero che bisogna ancora una volta pensare olisticamente. Basti pensare che fino a qualche anno fa l’uso e il consumo di risorse energetiche era semplicemente garantista dei livelli standard (prescrittivi normativi) di soddisfacimento del *comfort* dell’utenza media, condannando all’inutilità le informazioni prodotte durante il ciclo di vita dell’edificio stesso. Oggi si sta puntando sempre più all’adozione di *software* di “traduzione” (*middleware*⁹⁹) dei flussi informativi generati che sono in grado di archiviare su apposite piattaforme di analisi e *reporting* (*dashboard*) tutti i dati significativi ai fini del miglioramento e dell’implementazione dei processi decisionali da parte degli *execution managers* e dei *facility managers*.

Connecting People and Technology to an Intelligent Future: qualunque tecnologia *hardware/software* evoluta avrà sempre necessità (almeno nei prossimi anni) di una componente essenziale per funzionare e per essere reputata utile, ovvero, la componente umana. L’uomo (l’utenza di un manufatto edilizio) è probabilmente ancora la chiave del prossimo passaggio evolutivo che interesserà gli Smart Building nell’immediato futuro. La necessità di essere connessi unitamente a quella di fare rete nel senso di “comunità” rende possibile l’ottimizzazione delle risorse materiali nonché di quelle immateriali.

⁹⁹ In informatica con *middleware* si intende un insieme di programmi informatici che fungono da intermediari tra diverse applicazioni e componenti software. Sono spesso utilizzati come supporto per sistemi distribuiti complessi con architetture multitier. L’integrazione dei processi e dei servizi, residenti su sistemi con tecnologie e architetture diverse, è un’altra funzione. (fonte Wikipedia).

In tal proposito non va affatto sottovalutata la tendenza attuale dei contesti economici e sociali dell'abbandono della logica “produttivistica” per accogliere quella di tipo “esperienziale” dell'utenza stessa.

Si propongono di seguito tre passaggi fondamentali che accompagnano il consolidamento del concetto *smart* alla sua naturale evoluzione in *cognitive*.

Primo passaggio. È ben noto che nell'ambito del marketing, e più in generale nella letteratura economico-gestionale, si sta affermando negli ultimi anni un filone di ricerca molto specifico che sta abbandonando la mera visione della produzione di beni e servizi (*information processing theory*¹⁰⁰) focalizzata sulla natura simbolica, edonistica ed estetica del consumo, per perseguire il concetto di *Customer Experience*.

«Esso ha origini composite in quanto fonda le sue radici nelle ricerche di consumer behaviour, di management e di marketing dei servizi. In particolare, nel marketing si sta sviluppando un approccio che mira alla gestione delle esperienze del cliente e che trova formalizzazione nei paradigmi della *experience economy* e dell'*experiential marketing*»¹⁰¹.

Questo spostamento dell'asse, prodotto (servizio) – esperienza (comportamento) è da intendersi come assunto fondamentale che sancisce l'impossibilità di separare nella fruizione di beni e servizi gli aspetti cognitivi da quelli emozionali (tecnicamente psico-fisici/fisiologici).

Secondo passaggio. Nata come diretta conseguenza della gestione delle filiere produttive aziendali è la locuzione *Business Intelligence* (BI) e la sua trasposizione a livello “tecnologico” nel contesto sociale ed economico odierno. L'espressione BI fu coniata nel 1958 da un inventore e ricercatore tedesco, Hans Peter LUHN, all'epoca alle dipendenze dell'IBM. Con BI ci si riferisce sostanzialmente a tre prodotti specifici:

- *un insieme di processi aziendali per raccogliere dati ed analizzare informazioni strategiche;*
- *la tecnologia utilizzata per realizzare questi processi;*
- *le informazioni ottenute come risultato di questi processi.*

Attraverso piattaforme basate su di un mix di *software-tools* di *reporting*, *OLAP* (On-line Analytics Processing), *Management cockpit/Dashboard* (cruscotti informativi), le aziende esperiscono scelte strategiche e azioni operative in base alle “informazioni” raccolte al fine di orientare la propria “offerta” conservando, al contempo, il vantaggio competitivo acquisito rispetto agli altri competitors. In sintesi, si tratta di esplicitare in maniera proficua

¹⁰⁰ La Teoria della Elaborazione delle informazioni è un concetto ben noto negli studi americani in psicologia, essa studia l'elaborazione delle informazioni, risorse concettuali, abilità percettive, apprendimento delle lingue e altri aspetti dello sviluppo del cervello (sviluppo Cognitivo) attraverso la trasformazione/elaborazione degli stimoli sensoriali esterni esattamente come un computer processa i dati forniti in input generando, successivamente, output specifici.

¹⁰¹ Resciniti RICCARDO, “Il marketing orientato all'esperienza”, convegno *Le esperienze del Marketing* - École Supérieure de Commerce de Paris ESCP-EAP, 21-22 Gennaio 2005.

azioni di ottimizzazione dei processi mediante i convenzionali quattro step gestionali: *misurazione, analisi, decisione, azione*.

Terzo passaggio. Se è vero ciò che afferma Antonino SAGGIO nella sua *Introduzione alla Rivoluzione informatica in Architettura* che non esiste alcun limite nel “in-formare” il progetto, allora sarà possibile descrivere un edificio in ogni sua parte senza scalfirne la sua complessità ed interezza. Il *modello informatico* prodotto (il prendere forma del flusso informativo) non sarà solo una rappresentazione tridimensionale della realtà, ma potrà considerarsi la trasposizione dell’opera da costruire in una realtà diversa, una realtà fatta di bits. Questo passaggio diventa il fulcro sul quale *customer behaviour, information processing e digitalizzazione*, faranno leva nell’imminente futuro dell’AEC *industry* passando attraverso le piattaforme dalla logica BIMs rinnovate e supportate dall’innovazione tecnologica introdotta dall’*Internet of Things (IoT)*.

L’analisi ivi proposta punta i riflettori sulla necessità di implementare costantemente le capacità degli edifici intelligenti ad adattarsi ai continui cambiamenti imposti dalla società, dagli effetti climatici, dal sistema economico; in pratica l’ottimizzazione dei processi attraverso la strutturazione dei *Big Data* in informazioni “utili” in grado di creare “valore” aggiunto al progetto di architettura e al settore delle costruzioni. Un processo di tale portata improntato sulla conoscenza che si struttura attorno a fattori percettivi, comportamentali, di archiviazione, elaborazione etc. non può che tradursi in una sorta di *ecosistema Cognitivo* al centro del quale si ricolloca l’uomo, l’ambiente naturale e l’ambiente costruito. L’espressione *Cognitive Building* è una derivazione del lavoro svolto nell’ultimo ventennio dalle società di informatica e più specificamente dall’IBM (International Business Machines Corporation) e forse non è un caso data l’esperienza pregressa della società con il ricercatore Hans LUHN (citato in apertura).

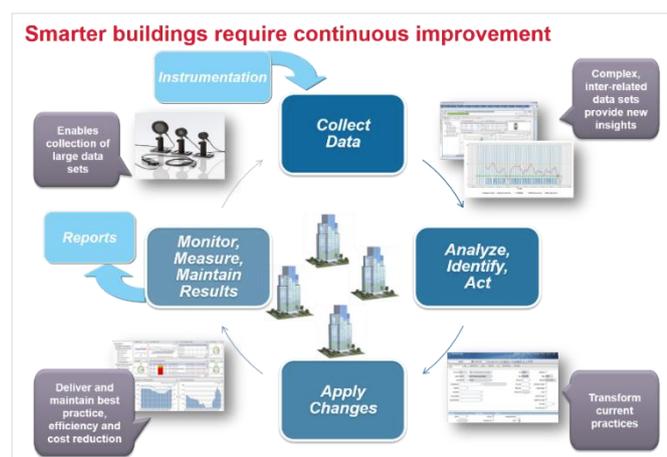


Fig. 25: PCTY2012, Optimizing the World’s Infrastructure 22nd May 2012, Copenhagen – speaker Dr Claire Penny

Il miglioramento delle prestazioni scaturito dalla capacità di mettere in relazione in senso predittivo l'enorme flusso di informazioni profuso dagli *smart objects*, è un assunto ben noto nei settori del marketing di beni e servizi, ma resta ancora un settore poco esplorato dall'industria delle costruzioni (o per meglio dire assorbito). La questione posta in essere sarà nota ai più con l'espressione *closing the gap*, ovvero la necessità nell'immediato futuro di assottigliare quel divario che ancora sussiste tra i costi sostenuti e le energie impiegate dal concepimento alla gestione delle costruzioni, anche dopo la fase propriamente realizzativa.

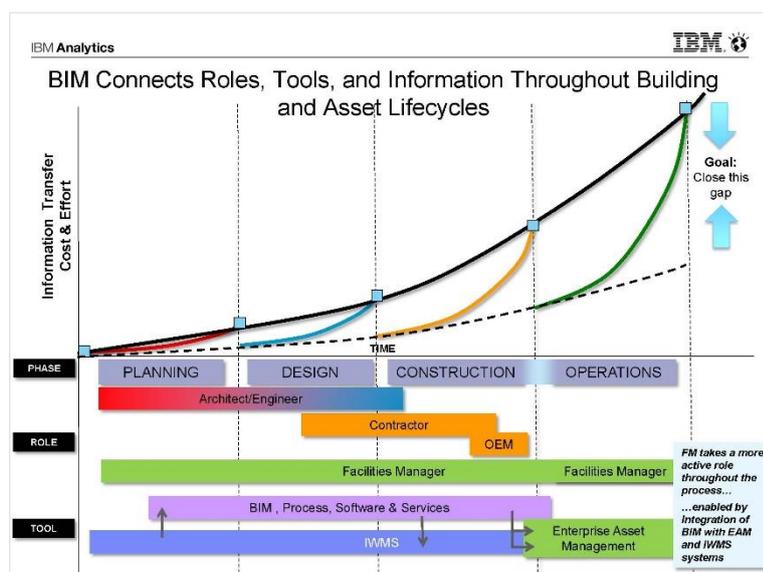


Fig. 26: Building Information Modelling (BIM)- Capturing the BIM for pre and post occupancy, Dr Claire Penny, March 2015.

La transizione tra *smart* e *cognitive* è un passaggio auspicabile, ma risente ancora dei forti contrasti tra *Software House* e *competitors* del settore AEC, ancora troppo forti per poter definire in via definitiva una standardizzazione dei formati digitali da adottare e, conseguentemente, far scaturire una standardizzazione dei processi/procedure digitali da normare al fine di chiudere il *gap* di cui sopra. In tal proposito con l'editoriale, *Closing the Gap between Big Data and the Design and Construction Industries with Building Information Modeling (BIM) Schema*, si analizzano le principali cause delle problematiche su menzionate condividendo la visione di EASTMAN e SACKS, padri dell'*information modelling* e promotori della sempre auspicata integrazione tra il settore delle costruzioni e quello manifatturiero.

«The consequences are the missed opportunities such as predicting the anticipated the environmental loads as diners approach the restaurant, correlated with the indoor and outdoor temperature differentials elicited from forecasting weather apps»¹⁰².

¹⁰² Keith E. HEDGES, "Closing the Gap between Big Data and the Design and Construction Industries with Building Information Modeling (B.I.M.) Schema", in *Journal of Architectural Engineering Technology*, 2012. dx.doi.org/10.4172/2168-9717.1000e101

La transizione *smart-cognitive* è profondamente pervasa da *trend* strategici industriali che hanno visto giocare di anticipo, rispetto al nostro Paese, la Francia, la Germania e soprattutto il Regno Unito. L’aspetto tecnico ed informatico è solo una parte del grande cambiamento a cui stiamo assistendo e investe di una grande responsabilità i Governi dei principali paesi impegnati nel settore delle costruzioni nel sensibilizzare ed innalzare i livelli di operato sostenibile per garantire un futuro alle Città del domani.

Essendo il Regno Unito tra i primi Paesi a dotarsi di una tale sensibilità a livello “sistemico”, è interessante fare un punto sulla “domanda” che gli scenari tecnici ed amministrativi in linea con i documenti del UK Government’s strategy for 2025, basati sul UK Construction employment data (ONS 2013), stanno portando in luce per il prossimo decennio i seguenti punti già osservati da Angelo L. C. CIRIBINI¹⁰³:

Efficientamento energetico secondo principi di sostenibilità, resilienza e digitalizzazione dei processi; obiettivi accomunati da una elevatissima richiesta, dal mercato AEC, di computazionalità e gestione; leggasi *information management* e *computational design*, poiché la gestione degli edifici (e delle città) ha sempre più un orientamento di tipo *data-driven*.

- *La modellistica e la modellazione saranno sempre più alla base delle transazioni contrattuali (oggi con gli Energy Performance Contracting, domani con i Contratti Relazionali. “Performance” dei manufatti e “Behaviour” degli utenti (cfr. EPC) attraverso gli “User-Profile” condizioneranno l’oggetto del negozio contrattuale (assumono grande importanza pratiche di Post Occupancy Evaluation e in futuro di Pre-Occupancy Evaluation Digitale).*
- *Creazione di Urban District, sulla falsa riga dei PAES (Piani di Azione per l’Energia Sostenibile), in grado di assolvere un ruolo infrastrutturale mobile, energetico, analogico e digitale all’interno del territorio.*
- *Con Horizon 2020, ed il trend di invecchiamento del nostro Paese, saranno sempre più frequenti le occasioni di intreccio delle politiche di Health Care non superficialmente associate all’integrazione domotica dell’ambiente costruito.*
- *Attrazione di capitali e interessi privati nei lavori pubblici puntando sulla “dematerializzazione del bene immobiliare” propendendo alla generazione di livelli di servizio e, dunque, mitigando i rischi associati al settore stesso.*
- *Adeguamento delle competenze dei progettisti parimenti alle responsabilità che transitano biunivocamente tra l’esecuzione materiale del progetto e la sua gestione digitale rispetto alle finalità prospettate dai nuovi paradigmi industriali 4.0.*

In definitiva è possibile riconoscere un nuovo trend tecnologico e processuale che mette in pratica ciò che negli ultimi anni si stava già preannunciando, ovvero, la massiccia presenza di dispositivi *smart* e la loro evoluta capacità di essere costantemente connessi al

¹⁰³ Angelo Luigi Camillo CIRIBINI, 2016. *B.I.M. e digitalizzazione dell’ambiente costruito*, GRAFILL, I ed.

World Wide Web tramite apposite piattaforme di interscambio dati, che stanno costringendo tutti i settori produttivi, e in particolar modo il settore delle costruzioni, a rendersi protagonisti di questo nuovo paradigma tecnologico puntando al concetto di *rethinking of design* in ogni sua fase.

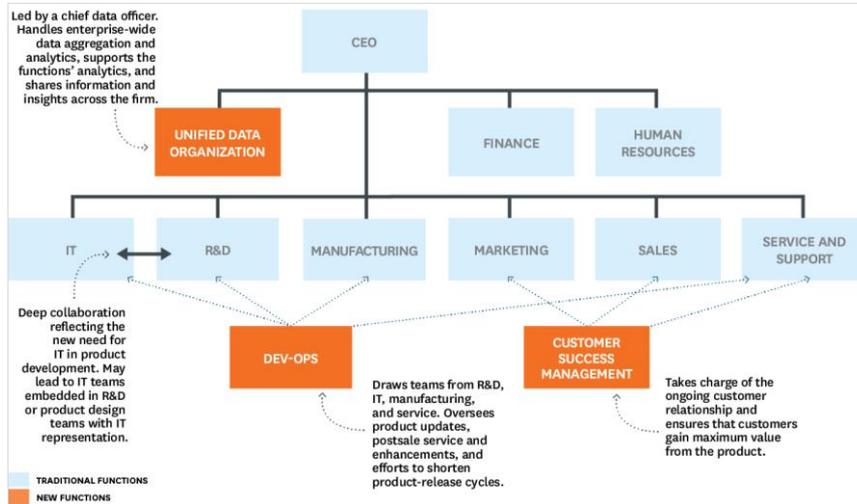


Fig. 27: New Organizational structure - How Smart, Connected Producted are transforming Companies, da Harvard Business Review, ottobre 2015.

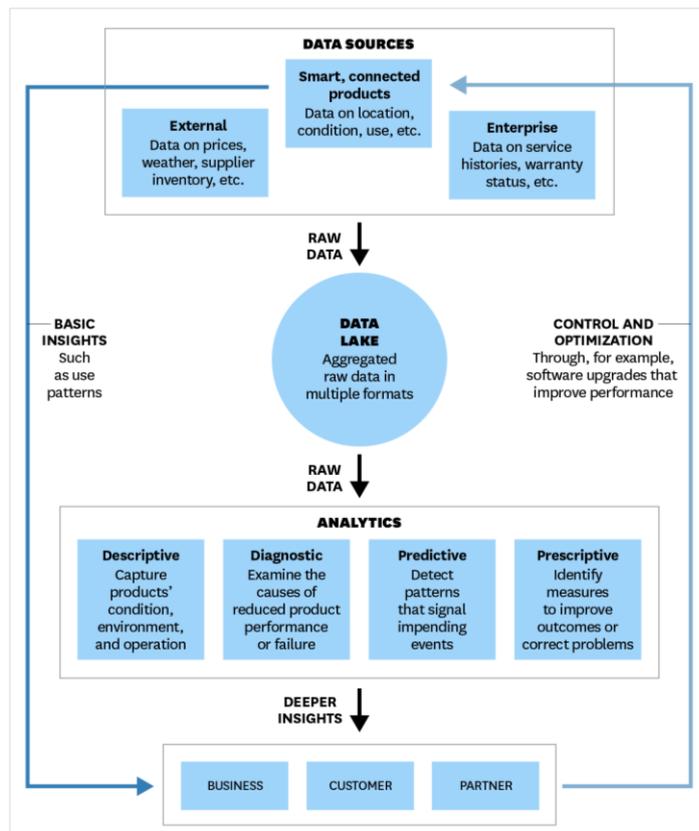


Fig. 28: How Smart, Connected Producted are transforming Companies, da Harvard Business Review, ottobre 2015.

Tale paradigma tecnologico e la transizione dalla logica *smart* a quella *cognitive* fonderà il suo successo sulla possibilità di offrire soluzioni *evergreen*, ovvero, soluzioni sempre “attuali”, in grado di adattarsi (e adattare/orientare le scelte progettuali) a condizioni sempre più caratterizzate dalle preferenze dell’utenza stessa.

La forza della logica cognitiva si fonderà proprio sulla capacità di tramutare in informazione dati “depositati” in una sorta di *data lake*¹⁰⁴ da “strutturare” il prima possibile in qualcosa di utile se le tecnologie disponibili lo consentiranno, oppure, nella peggiore delle ipotesi, tali dati resteranno archiviati nell’attesa che nuovi *software (data analytics tools)* saranno implementati per garantire in futuro un loro utilizzo ancor più mirato e performante. Una consapevolezza tecnologica in grado di tenere in conto una così intricata combinazione di sistemi di monitoraggio, di integrazione di capacità di *remote-control*, di implementazioni processuali *algorithms-oriented*, costituirà il nuovo banco di prova per tutto il settore delle costruzioni, ma soprattutto un formidabile bacino di opportunità di ottimizzazione dei processi produttivi *from cradle to grave*.

1.6 Layers Tecnologici e Disruptive Innovation

Nel paragrafo 1.3, alla voce *Knowledge Management* si è citato un concetto molto importante ed in costante evoluzione di mercato digitale (tecnologico) espresso dal professore di Harvard Clayton M. CHRISTENSEN. Nel 1995, sulla *Harvard Business Review* apparve un suo articolo dal titolo: *Disruptive Technologies: Catching the Wave*¹⁰⁵ in cui il professore di Harvard e lo studioso Joseph L. BOWER introdussero per la prima volta il concetto di *disruptive technologies* all’interno del mercato globale.

Secondo gli autori il termine *disruptive* rappresenta un percorso/processo esercitato da una piccola o nascente impresa in un dato mercato che si propone di sfidare le altre imprese che dominano quello stesso mercato riuscendoci con successo. In pratica accade che quest’ultime (imprese dominanti) negli anni hanno dedicato, da un lato, troppa attenzione a migliorare i propri prodotti e servizi per quel *target* di utenza più redditizia lasciando, dall’altro, disattese le esigenze di una certa fetta della propria utenza. L’impresa *new entry* che ha intenti *disruptive* inizia ad erodere proprio quel *target* di utenza delusa offrendo ad essa funzionalità e servizi precedentemente richiesti ma mai concessi dalle imprese dominanti e, sempre più spesso, a prezzi inferiori. Quando le imprese dominanti prendono coscienza di questo “attacco” al proprio mercato spesso risulta troppo tardi oppure non sono in grado di prendere le giuste contromisure. Accade, così, che i “nuovi

¹⁰⁴ Cfr. “How Smart and Connected Products Are Transforming Companies” di M. E. PORTER e J. E. HEPPELMANN, in *Harvard Business Review*, from the October 2015 Issue.

¹⁰⁵ Ref. *Disruptive Technologies: Catching the Wave*, di Joseph L. Bower e Clayton M. Christensen, in *Harvard Business Review*, gennaio-febbraio 1995.

[web-link] <https://hbr.org/1995/01/disruptive-technologies-catching-the-wave>

entranti” iniziano ad evolversi soddisfacendo sempre più spesso e in quantità sempre più elevate il proprio segmento di mercato fino a rispondere persino alle esigenze/prestazioni delle utenze più redditizie delle imprese dominanti. Quando i clienti tradizionali iniziano ad abbandonare le imprese dominanti per adottare in volumi le soluzioni offerte dai nuovi entranti, avviene la *disruption*. Forse più del concetto di forza dirompente, rende meglio l’idea del concetto poc’anzi esposto quello utilizzato in Fisica (elettrologia) per descrivere il comportamento di una “scarica disruptiva”: *scarica che ha luogo in un dielettrico al quale sia applicata una differenza di potenziale superiore alla sua rigidità dielettrica*. Quando la differenza di energia potenziale in grado di far funzionare un dato circuito (sistema) cresce a tal punto da superare quella dei dispositivi che precedentemente la assecondavano (contenevano), ovvero la funzione del dielettrico che altro non è che un isolante polarizzato, ebbene, quando ciò accade si verifica quello che comunemente si definisce corto circuito – ovvero non ci sono più resistenze e i due poli opposti del sistema vengono ad essere messi in comunicazione.

La “politica disruptiva” si riconosce inizialmente perché è quella che introduce elementi a prestazione e a costi ridotti soltanto per penetrare in un dato mercato. Secondo gli autori questo concetto estendibile alle innovazioni (per questo *disruptive innovations*) avviene solo quando questo cambiamento si origina nelle fasce più basse di un’utenza meno profittevole (*low-end footholds*), oppure quando sempre dal basso nasce un nuovo mercato che trasforma in consumatore un utenza che nel mercato precedente era stata lasciata in disparte ed, infine, questo nuovo mercato (*new-market footholds*) è in grado, successivamente, di assorbire quello precedentemente dominante.

Di seguito, in Fig. 29, il grafico che semplifica il concetto su esposto.

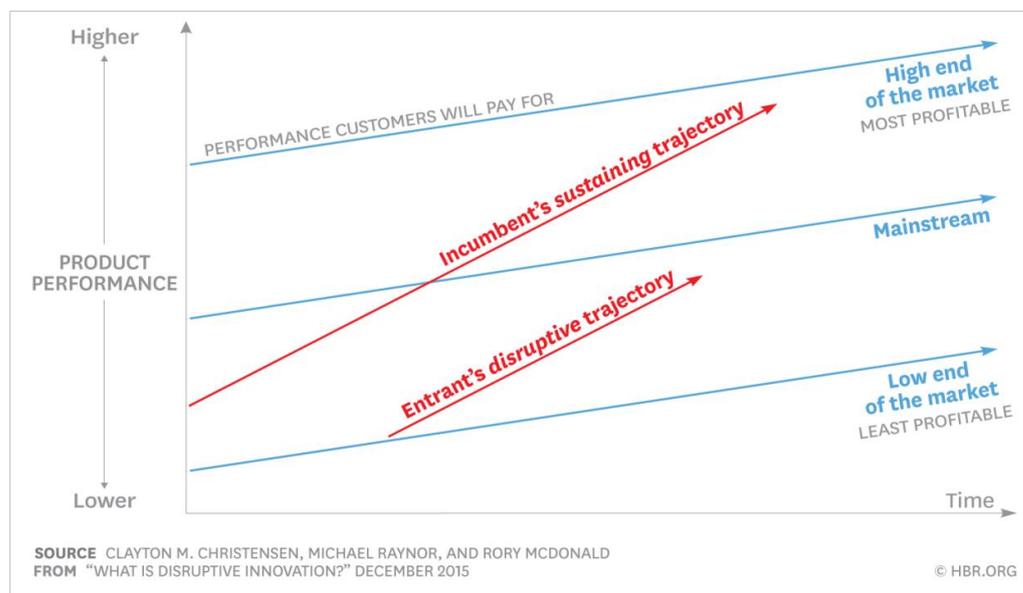


Fig. 29: Modello dell'innovazione disruptiva

In blu sono riportate le traiettorie della “domanda” dei *client* (la volontà/disposizione a pagare per un dato servizio/bene). La traiettoria della domanda espressa da clienti profittevoli e meno profittevoli delinea l’andamento complessivo del mercato, motivo per cui le imprese dominanti puntano ai profitti maggiori con strategie incombenti che danno sostentamento all’impresa stessa (traiettoria rossa alta). In questo modo l’utenza poco considerata dal mercato è intercettata progressivamente dalle imprese nascenti (traiettoria rossa bassa).

Perché porre attenzione a questo meccanismo disruptivo in un’ottica di delineazione culturale di un percorso progettuale tecnologico? Molto probabilmente la risposta a questo quesito è legata alla misura in cui il mondo della Ricerca e della Professione si lega al Mercato di cui esse stesse si nutrono, in cui crescono e contribuiscono alla sua rigenerazione. Il mondo della Ricerca in architettura e nel design sono chiamati a dare risposte concrete, in questo presente, a domande verosimilmente poste dieci o dodici anni fa dimostrando di essere stati in grado di intercettare la traiettoria *mainstream* indicata dal Mercato della professione e dell’istruzione.

Una seconda motivazione di natura maggiormente operativa sposta l’attenzione su alcuni concetti che cercano di sintetizzare il *framework* culturale identificato in questo primo capitolo, concetti investiti (o investibili), a loro volta, su processi disruptivi in grado di modificare sensibilmente il modo in cui architetti e designers progettano. L’architetto e studioso Cliff MOSER dell’*American Institute of Architects* (AIA) ha affrontato con sguardo attento ed oggettivo nel libro *Architecture 3.0* la questione disruptiva in architettura. In modo particolare egli denota come la recessione economica verificatasi tra il 2008-2013 abbia distrutto il mercato tradizionale dell’architettura e le modalità stesse con cui gli architetti operavano - è come se, a differenza di CHRISTENSEN ed i singoli eventi disruptivi che investono una azienda di cui egli dibatte, per l’architettura si fossero tradotti in un unico e continuativo evento disruptivo che ha per sempre impedito il ritorno al mercato tradizionale. MOSER individua così tre “versioni” della pratica architettonica e in tal proposito scrive quanto segue:

«Arch1.0 was built on an oral-based way of working with relationships and face to face delivery of our expertise. We could do it with minimal drawings and other instruments of service. Arch2.0 continued those roles and processes and added more written information with additional contracts, drawings, specifications, detailing, training, and supporting documentation. Arch3.0 places us in a screen-based society which requires storage, access, filters, translations, and multiple layers of specialized expertise, [...]. We can facilitate and enable this screen based world through sharing, curation and machine learning. Our mission is to uncover and manage this new world through the technology layers of understanding and engagement, while becoming better providers of our services to our existing and new customers»

I *layers* a cui MOSER si riferisce (a seguire si riportano gli *incipit* originali) fanno riferimento alla previsione/predizione che lo scrittore Kevin KELLY, studioso di cultura

digitale nonché co-fondatore della rivista *Wired*, ha argomentato rispetto alle tendenze tecnologiche che rivoluzioneranno il nostro futuro¹⁰⁶.

Si riportano di seguito i 12 concetti chiave individuati da KELLY ponendo, però, l'attenzione non tanto sugli aspetti tecnici legati strettamente all'architettura ma su quelli, in un certo senso, prossemici che la stessa dovrebbe tenere fortemente in conto nel presente futuro:

Becoming

«rather than become set in your ways and systems, the world is continuously upgrading - software, firmware, and hardware- think managed services and two year iPhone upgrades, new operating systems every year, and monthly (or weekly, or daily) app updates. Rather than settling for a system solution that was developed years ago, and lies stagnant and unchanged for years later (think Windows XP or even Windows 7). Accept, embrace, and control the new. Organizations that cannot upgrade continuously are doomed to obsolescence (unless you're a craftsperson firm -then use technology to fuel your back office and web to find more international clients who absolutely need your services)»

Una realtà contemporanea basata sul concetto fluido del “divenire” – gli stessi software che adoperiamo, le App che dopo trenta giorni sono già obsolete, sono in costante stato di *updating* (aggiornamento) - è quel motivo per cui, scrive KELLY, ognuno di noi sarà sempre destinato ad uno stato intermedio di “principianza” per stare al passo con un futuro in costante evoluzione. Innanzitutto, perché non bisogna dimenticare che la tecnologia che dominerà il futuro tra trent'anni non è ancora stata inventata (per cui siamo condannati a costanti e progressivi aggiornamenti), ma soprattutto ciò che si è notevolmente ridotta è l'estensione del “ciclo di obsolescenza” di tutte le tecnologie per cui non si ha il tempo di eccellere nel governo delle stesse che ci si ritrova nuovamente ad un cambio di paradigma indipendentemente dall'età e dalla esperienza accumulata. Lo studioso per descrivere il presente contemporaneo fa riferimento ad un concetto a metà tra la concezione utopica e distopica del mondo, ovvero la “protopia”. Esso è uno stato del divenire, piuttosto che una destinazione – suggerisce KELLY – una sorta di processo di implementazione progressiva che genera al contempo benefici e nuove criticità. Non bisogna dimenticare che i problemi di oggi sono stati causati dai successi tecnologici di ieri e, quelli del domani saranno frutto dei successi tecnologici di oggi. Un concetto, in definitiva, apprezzabile solo da una visione retrospettiva del processo ma non nel suo progredire. Emblematici i pareri del *Time* (1994) e di *Newsweek* (1995) a proposito di Internet e del fatto che non sarebbe mai diventato un *mainstream* riguardo ai servizi di vendita online:

«It was not designed for doing commerce, and it does not gracefully accommodate new arrivals.” Wow! Newsweek put the doubts more bluntly in a February 1995 headline: “The Internet? Bah!” The article was written by an astrophysicist and network expert, Cliff Stoll, who argued that online shopping and online communities were an unrealistic fantasy that betrayed common sense. “The truth is no online database will replace your newspaper,”

¹⁰⁶ Ref. K. Kelly, 2016. *The Inevitable: Understanding the 12 Technological Forces That Will Shape Our Future*, Random House USA Inc.

he claimed. “Yet Nicholas Negroponte, director of the MIT Media Lab, predicts that we’ll soon buy books and newspapers straight over the Internet. Uh, sure.” Stoll captured the prevailing skepticism of a digital world full of “interacting libraries, virtual communities, and electronic commerce” with one word: “baloney”»¹⁰⁷

Cognifying

«making a dumb thing smarter. Think of buildings, devices, hardware, systems - connections. Everything will have some sort of intelligence. The echo. The google device. Now my phone automatically reminds me of where I parked my car. But as ever increasing DDoS attack signify, one should not unknowingly limit the number of smarts we can a thing, or provide a gateway to control. Semi-smart allows for attacks, and that web-connected home center with an open interface is inviting a parasitic attack»

L’introduzione nella nostra vita quotidiana di una intelligenza sintetica, AI (Artificial intelligence) con cui è possibile interagire tramite uno schermo da ogni parte del mondo, la rende qualcosa di estremamente potente che si è costituita nel tempo da una combinazione di intelligenze umane (apprese nella storia e oggi condivise in rete). Le tematiche trattate nel paragrafo 1.3, ovvero quelle relative al passaggio dal concetto *smart* al concetto *cognitive*, ha visto come precursore proprio l’azienda IBM che tra gli anni ‘80 e ‘90 ha visto crescere esponenzialmente nel proprio mercato imprese *new entry* con politiche *disruptive* nel segmento di mercato attinente ai *personal computer*. L’IBM iniziò a fronteggiare il problema investendo moltissimo in ricerca sull’AI e dando alla luce Watson, un genio elettronico divenuto famoso inizialmente per essere stato in grado di vincere, nel 2011, il tele quiz più famoso d’America: *Jeopardy!*.

Watson oggi differisce molto dalle sue prime versioni e, dichiara l’IBM, presto sarà in grado di sostituirsi all’uomo completamente in ambito medico diagnostico.

Molti studiosi nel 2018 hanno iniziato a comprendere l’importanza dei “dati” grazie allo scandalo sollevato dal New York Times sul caso Cambridge Analytica¹⁰⁸, una società di consulenza (*data mining* e *data drives*) alla quale si rivolgeva Facebook. Le società come Google, Facebook, TenCent e Baidu in Cina, Yahoo!, Intel, Dropbox, LinkedIn, Pinterest e Twitter sul finire del 2013, e agli inizi del 2014, hanno iniziato ad acquisire compagnie esperte nel settore della AI proprio per dare una certa utilità all’enorme quantitativo di dati della propria utenza di cui sono in possesso. Il “dato” diventa l’elemento che è in grado di istruire una certa forma di intelligenza sintetica – l’apprendimento, ciò che tutti noi contribuiamo a realizzare ogni qualvolta effettuiamo una ricerca sul motore Google. Più risultano efficaci ed efficienti gli algoritmi di AI sviluppati, più cresce l’utilità ed il valore dei dati acquisiti. Non bisognerà aspettarsi necessariamente una crescita

¹⁰⁷ Kelly K., Op. cit.

¹⁰⁸ La Cambridge Analytica (CA) è stata una società di consulenza britannica che combinava il data mining, l’intermediazione dei dati e l’analisi dei dati con la comunicazione strategica per la campagna elettorale del presidente U.S.A. Donald Trump. Il 2 maggio 2018 la società ha dichiarato la bancarotta a causa dello scandalo Facebook in cui era stata travolta. Dopo la chiusura della società la gran parte dei personaggi chiave e parte della società si è spostata in Emerdata, una nuova società avente un compito simile a quella di Cambridge Analytica.

esponenziale palesata dalla nascita di androidi che soppianteranno l'uomo, ma piuttosto – riporta KELLY – la diffusione capillare di servizi come *Amazon Web Services*, ovvero piattaforme in grado di approfondire intelligenza a basso costo alle “cose”, quasi come si attingesse IQ, anziché energia, dalla presa elettrica. Siamo in un'epoca storica in cui si sentirà sempre più spesso discutere di reti neurali basati su dispositivi hardware che sfruttano la GPU dei nostri PC (*Graphic Processing Unit*) perché più performante della CPU (*Central Power Unit*) nella computazione dei Big Data. Riporta l'autore in occasione di un incontro con Larry PAGE, co-fondatore della società di Mountain View (Santa Clara, California) Google, che egli aveva già intrapreso questa strada nel lontano 2002 con l'acquisizione di una compagnia specializzata in AI, conosciuta col nome di DeepMind, con l'intento di “migliorare” le ricerche tramite portale web. Secondo l'autore il vero obiettivo è sempre stato quello di sviluppare una Intelligenza Artificiale e molto probabilmente i primi risultati saranno visibili nel 2026.

Algoritmi alla base dei meccanismi di funzionamento dell'Intelligenza Artificiale già sono a regime, basti pensare che nel 2006, all'Università di Toronto, lo studioso Geoff HINTON, ha sviluppato un metodo per ottimizzare e ridurre della metà le tempistiche di computazione dei sistemi basati su AI – un sistema basato su *layers* di conoscenza conosciuto col nome di *Deep Learning*.

Non tarderà molto prima che si realizzi una forma di *cognifying* applicata all'architettura ed al design che potrà sostituirsi completamente alla funzione dei progettisti di oggi. In realtà sono già numerose le ricerche che operano in tal senso ed alcuni esempi saranno oggetto del terzo capitolo della presente dissertazione. Tuttavia, si ritiene di aggiungere un'ultima osservazione al presente *layer* tecnologico, ovvero, prendere come monito l'iniziativa del 1997 dell'ex campione di scacchi Garry KASPAROV dopo la sconfitta con il precursore di Watson, DeepBlue dell'IBM. Il giocatore di scacchi comprese che il vero valore aggiunto della macchina non risiedeva solo nella velocità di elaborare le informazioni, ma piuttosto nella possibilità di accedere ad un vasto *database* di informazioni; pensò che dotare il giocatore umano di questa caratteristica avrebbe consentito di ribaltare la situazione. KASPAROV è divenuto così pioniere del *freestyle chess matches* basato sul concetto di *man-plus-machine*. Nell'evento Freestyle Battle del 2014 il giocatore dal nome Intagrand vinse 53 partite contro le 42 del motore AI.

Dunque, prendere seriamente in conto una stretta collaborazione con strumentazioni orientate alla progettazione architettonica ed al design provviste di nuove e diverse forme di intelligenza potrebbe rappresentare una ragionevole contromisura all'azione disruptiva originale. Alcune categorie di professionisti quali dottori, piloti, giudici possono già beneficiare, per la loro formazione, di questo incredibile apporto culturale protesico. L'autore sintetizza quanto segue:

«What we want instead of conscious intelligence is artificial smartness. As AIs develop, we might have to engineer ways to prevent consciousness in them. Our most premium AI services will likely be advertised as consciousness-free.
Nonhuman intelligence is not a bug; it's a feature. The most important thing to know about thinking machines is that they will think different»

Flowing

«the internet is a global copy machine, multiple copies of almost everything now exist on-line -available at the click of a button. Everything has the ability to be made digital and manipulatable. From private emails and photographs to books to music to drawings. Recognizing that and creating processes to manage and drive your practice is a necessity for successful disruption»

Kelly descrive Internet come un enorme “macchina copiatrice” poiché qualunque cosa tocchi internet, per viaggiare, essere fruita, è necessario che essa stessa venga copiata dalla rete per essere trasmessa – dall’*hard disk* al *router*, dal *router* ai *server* del nostro gestore di servizi, dal nostro gestore ai *server* su cui sono ospitate le pagine dei siti web. Affinché lo stesso Internet possa funzionare ha bisogno di non essere limitato in questa operazione di copia. Questo è uno dei motivi per cui l’attenzione degli internauti, potenziali acquirenti di servizi, hanno iniziato a comprendere il valore dell’immateriale e alla sua capacità di soddisfare ogni desiderio quasi in tempo reale. Dunque, non sorprenderà tutta l’evoluzione fatta dal mondo della musica, dei libri e persino della “spesa” (Amazon Pantry ne è un esempio). Uber, il famoso sistema di trasporto automobilistico basato su App mobile, ha dimostrato non tanto il valore di possedere un’auto, ma di poterne disporre al momento del bisogno a costi ridotti. Gli stessi *smart devices* che ci permettono di vedere l’architettura ed il design con occhi nuovi, si evolvono ad ogni aggiornamento del sistema operativo, quasi a voler mettere a disposizione un prodotto nuovo arricchito da funzionalità atte a migliorare l’esperienza d’uso del mondo esterno al *device* stesso.

La fase tecnologica in cui ci si è già addentrati è definita dall’autore “terza fase della computazione (*nda* informatica)” in quanto basata sul flusso costante di informazioni. Il concetto di ufficio trasposto al PC sul finire degli anni ‘80, oggi appare obsoleto in quanto molti servizi, funzioni ed App per la *business productivity* si sono trasferite sul Cloud – espressione del *real-time streaming* e del concetto di servizio *on-Demand*.

In un futuro non troppo lontano l’asse dei valori si sposterà su tutto ciò di producibile che mostrerà di essere esente da questo processo di *copying* e caratteristiche come immediatezza, personalizzazione, interpretazione, autenticità, accessibilità etc. saranno i valori da includere alla base di ogni esperienza programmatica e di progettazione.

Screening

«information is presented to us everywhere on screens. From the gas-station, to the elevator, to walls of the subways and trains. Soon the screens will know who we are, what we want, and how to give that to us. It will be so successful that we won’t want to turn off the screens»

La storia ci ha insegnato che il successo di una nazione e funzionale all’alto livello di letteratura che l’invenzione della stampa ha contribuito a diffondere. La forza culturale del libro è strettamente legata alla capacità ri-produttiva della macchina per la stampa. Oggi in un certo senso si sta rivivendo questa importante invenzione ma stavolta fruita attraverso gli schermi dei diversi dispositivi digitale ed elettronici che animano la nostra

quotidianità. La cultura dello schermo è costantemente interconnessa massivamente ad ogni cosa – scrive KELLY:

«truth is not delivered by authors and authorities but is assembled in real time piece by piece by the audience themselves. People of the Screen make their own content and construct their own truth. Fixed copies don't matter as much as flowing access. Screen culture is fast, like a 30-second movie trailer, and as liquid and open-ended as a Wikipedia page»

Attraverso gli schermi le informazioni assumono un aspetto proteiforme, sono testo e immagine, ma anche audio, allo stesso tempo. Essendo in un'epoca di transizioni lo scontro tra cultura del testo fisicamente scritto e del testo digitale ha come unico ago della bilancia la cultura e la sensibilità del singolo individuo. Basti pensare, soffermandosi ancora sul tema del libro, agli *e-book* che conservano la struttura culturale del libro ma che nella pratica instaurano una sorta di legame tra il consumatore e il produttore dell'opera stessa – anche dopo l'acquisto si può essere aggiornati su eventuali errata corrige etc.

Ormai la cultura dello schermo ci impedisce di spegnerlo mentre continua a miniaturizzarsi; si è passati, ad esempio, dagli schermi cinematografici con tecnologia IMAX ai display di qualche pollice dei nostri *smartwatch* o *sportband* – tutto in costante monitoraggio.

Accessing

«using without owning. Beyond the sharing economy. Beyond Uber and Airbnb, which are just middle men softening the transactions and transition. We want on-demand transportation not a \$50,000 car in a company parking lot for 8 hours a day, and in front of our house for another 10. We want to work, but the freedom to choose, and with multiple organizations. The opportunities are as limitless as the challenges. Think of how storage will change, when we don't have to store our unused or idle stuff. Parking garages go away. Some experts are projecting that 80% of our idle, parked vehicles will disappear with the advent of self-drivers. In this scenario, the architect helps 80% of vehicle storage disappear, and parking garages become housing. Transportation becomes on-demand, buses and trucks move automatically along highways with special lanes and drivers to provide jobs for»

Lo status del possesso oggi risulta meno importante di quello dell'accesso. Nel corso della stesura di questo primo capitolo si è spesso fatto riferimento alle nuove strumentazioni via *cloud* a cui si stanno abituando i principali attori dell'AEC *industry*, ebbene, questi servizi e questo concetto dell'*hic et nunc* è qualcosa sperimentato ancora una volta nell'ambito di piattaforme *gaming*; una importante novità introdotta da Jeff BEZOS, CEO di Amazon, nel 2007 fu senz'altro quando presentò il Kindle ebook come un servizio non come un prodotto. Questo perché aveva introdotto il concetto di “dematerializzazione” in un mercato, quello del libro, in cui l'oggetto stesso ha un forte valore icastico. Nel paragrafo 1.2, nel descrivere le potenzialità di servizi e strumenti dematerializzati, ma costantemente presenti nel cloud, si è descritto un processo affine al *crowdsourcing* che mette in stretta correlazione il produttore di un bene o servizio (es.: la *community* di grasshopper3D o di Autodesk Lab) col suo diretto utilizzatore/consumatore (il concetto del *beta-tester* a costo zero). Questo concetto fu espresso nel 1980 da Alvin

TOFFLER nel suo libro *The Third Wave, the Classics study of Tomorrow* – semplificandolo col nome di “prosumer” la crisi tra *producer* e *consumer*.

Con questa definizione egli intendeva la possibilità di reintegrare, nell’era della conoscenza e dell’*information technology*, il consumatore stesso nella filiera produttiva (che filiera non sarebbe più stata). Questa operazione – osserva TOFFLER – avrebbe col tempo spostato l’attenzione sull’efficienza e la qualità dei beni e servizi prodotti, ovvero quel meccanismo, probabilmente alla base del movimento *Makers*, che anziché rincorrere l’impennata dei costi nel tentativo di trovare risorse economiche grazie alle quali accedere ad un dato bene o servizio offerto da un gruppo di pochi produttori, innescano un meccanismo (economico e psicologico) per cui risulta maggiormente profittevole la “produzione-consumo” autonoma del bene o servizio in questione.

Seppur in modo controllato, questa opportunità è oggi contemplata dagli stessi produttori di *software* per l’industria delle costruzioni, e dei settori affini al design, attraverso l’incoraggiamento a ricercare *bug* di App o servizi e di contribuire al miglioramento dello stesso mediante sua segnalazione (*bug-report, crash-feedback, etc.*) sentendosi parte attiva del processo produttivo/consumo.

Il tema dell’accessibilità, dunque, oltre a cambiare il modo di produrre e consumare beni e servizi è altrettanto responsabile del decentramento delle risorse (oggi più immateriali ed umane che materiali). Le nascenti Startup, ad ogni livello, tentano di immettersi sul mercato con intento disruptivo orientato alla localizzazione e alla risoluzione delle inefficienze produttive. Decentralizzazione e *co-working* parole chiave che portano ad esempio alla nascita di spazi di lavoro collaborativi come quello famoso newyorkese WeWork – una sorta di AirBnB dell’*office space*.

Uno degli aspetti interessanti di WeWork è legato alla collaborazione, e poi acquisizione, con CASE una importante società di consulenza di progettazione BIM avanzata per analizzare e apportare modifiche intelligenti agli spazi collaborativi e di lavoro. La società di consultazione CASE di David FANO è solita operare in maniera trasversale alla progettazione prediligendo un fortissimo approccio computazionale con l’uso integrato dell’IoT. WeWork è considerabile come l’evoluzione in epoca contemporanea del concetto di *Action Office* del 1964 ideato da Herman MILLER.

D’altronde, ricorda KELLY:

«The invention of renting was not far behind the invention of property, and today you can rent almost anything».

Sharing

«sharing ideas, expertise, office space, projects, ideas. - an add-on to accessing; we will share ideas, expertise, office space, projects, clients. We will share design and construction models. Sharing facility models with designers – our design models with the facility and owners. Think of Uber and AirBnB as temporary transaction middlemen until we can do the sharing ourselves without interference from regulations. Already blockchain scenarios are making this future possible»

Probabilmente con l'avvento delle *Wikis* (Wikipedia ne è solo uno degli esempi più famosi) si è appreso quanto sia determinante l'emersione del concetto di "collettivismo". Lo studioso Ward CUNNINGHAM, ideatore del sistema collaborativo all'interno delle pagine web, dal 1994 ad oggi conta oltre 150 motori *wiki* attivi. Da allora il mondo e la tecnologia del web è progredita notevolmente, oggi col sistema di Youtube, Instagram, Facebook, Twitter, StumbleUpon, Reddit, Pinterest e Tumblr (solo per citarne alcuni) ha consentito di creare un vasto database di foto, immagini, video, articoli tutti indicizzati e taggati (etichettati) in maniera del tutto spontanea e gratuita, fornendo così un enorme bacino da cui attingere informazioni (senza dimenticare il lavoro a gratis svolto per istruire le varie Intelligenze Artificiali). Si è passati – osserva KELLY – da una sorta di socialismo *top-down* ad uno di tipo *bottom-up*, ma non nel senso dell'accentramento comunista del potere e dell'economia ma, piuttosto, nel senso della comunicazione e delle implicazioni sociali che viaggiano sul network. Si parla di *social network*, *social media* proprio perché contenitori di "azioni sociali" – gli economisti semplificano tutto ciò con l'identificativo di *sharing economy*. La condivisione rappresenta la forma più blanda di socialismo digitale, ma essa è alla base di qualunque sorta di intento comune. Dunque, le parole chiave di questo *layer* tecnologico sono cooperazione, collaborazione, collettivismo.

Il collettivismo è forse la forma più nobile di interazione che porta una comunità ad emergere e a migliorarsi. Facebook ne è solo l'esempio più popolare, una piattaforma in cui le persone si sentono "ripagate" solo per aver avuto la possibilità di rendere pubblica (mettere a disposizione degli altri) una loro azione/riflessione e misurare la loro "verità" con quella degli altri astanti. Non molti ricordano che una delle prime versioni di Google prevedeva l'intervento di internauti amatoriali per migliorare l'efficacia del motore di ricerca stesso. Tutto ciò ha poi sdoganato la figura dei *bloggers*, dopo che l'esperimento di Wired di pubblicare articoli sul web fallì e ognuno degli internauti ebbe libero accesso ad una piattaforma di *editing* personale.

I medesimi principi di *tagging*, *sharing*, *notation* sono alla base, ad esempio delle piattaforme collaborative A360, BIM360 di Autodesk, ma anche di BIMx della GRAPHISOFT e di moltissime startup che basano il loro business su questo modello di servizi nell'ambito della AEC *industry*.

Nell'Era Digitale la vera forza di un progetto è nell'idea e nel modo di comunicarla, questi concetti sono alla base delle piattaforme di *crowdfunding*, come Kikstarter, Indiegogo, Patreon etc., nel promuovere e raccogliere fondi attraverso il network tutelando idea e potenziali investitori. La forza disruptiva di questo *layer* tecnologico è molto intensa e può, con una certa costanza, insidiare i meccanismi produttivi ed il mercato di alcuni beni e servizi in modo fortemente dirompente. Il mercato delle costruzioni e i servizi di consulenza alla progettazione non possono rendersi avulsi da tutti questi meccanismi naturalmente introdotti dal progresso tecnologico stesso. Ancora KELLY:

«If you have an idea, you can seek investment from anyone else who sees the same potential as you do. You don't need the permission of bankers, or the rich. If you work hard and succeed, your backers will prosper with you»

Filtering

«curation. Along with screening - identifying what you want to see»

Nel suo libro del 1970, *The Future Shock*, Alvin TOFFLER riportava quanto segue:

«We may define future shock as the distress, both physical and psychological, that arises from an overload of the human organism’s physical adaptive systems and its decision-making processes. Put more simply, future shock is the human response to overstimulation»¹⁰⁹

Un concetto che avrebbe riguardato molto da vicino le generazioni dell’Era contemporanea. Il pericolo dal quale metteva in guardia TOFFLER è quello del sovraccarico di informazioni e stimoli dal mondo esterno (*overload*). Questa affermazione è solo in parte vera: se si considera lo status di shock esso corrisponde ad un’assenza di risposta di un generico sistema in corrispondenza di un dato evento. La parte non vera, alla luce della presente dissertazione, è la nozione di *filtering*, filtraggio ragionato, che all’epoca mancava nel mondo tecnologico di TOFFLER. Questo concetto è oggi passivamente accettato (Cambridge Analytica *docet*) in quanto esperito quotidianamente nella lettura delle email, dei libri acquistabili su Amazon, nei banner pubblicitari che appaiono a schermo mentre si naviga sul web etc.. Si filtrano informazioni per *brands*, per genere, per interessi personali più disparati. Questa procedura sicuramente è apprezzabile se rapportata alla brevità della vita umana rispetto a tutto ciò verso cui essa possa mostrare interesse, il filtraggio è uno strumento di “focalizzazione” dell’interesse – l’unica vera risorsa gratuita umana spendibile nell’arco delle 24 ore giornaliere – sottolinea KELLY. Le piattaforme strumentalizzano questo aspetto per trasformarlo in qualcosa con valore economico, permettono di estrapolare, mediante algoritmi di *bubble sorting/matching*, solo quei temi che attraggono l’interesse di quello specifico utente, spesso, poi, inserendo elementi di randomizzazione delle proposte magari in base alla catena di contatti a cui si è virtualmente legati (*recommendation engine*). Netflix, Twitter, LinkedIn, Spotify etc. fungono da piattaforme di aggregazione delle preferenze dei loro utenti.

Il vero potere disruptivo, in questo *layer*, e qui la verità a metà espressa da TOFFLER, sta nel filtraggio ricorsivo definito in gergo “overfitting”, una sorta di sovradattamento che porta alla chiusura culturale e di interesse dell’utente che si affida a questo meccanismo di fruizione della conoscenza. L’*overfitting* porta inevitabilmente all’esclusione dei campi di interesse affini o contigui a quello proposto/ricercato. Tuttavia, sostiene KELLY:

«We are still at the early stages in how and what we filter. These powerful computational technologies can be—and will be—applied to the internet of everything. The most trivial product or service could be personalized if we wanted it (but many times we won’t). In the next 30 years the entire cloud will be filtered, elevating the degree of personalization»

L’implementazione dei sistemi di filtraggio informativo rappresenta, probabilmente, una delle chiavi di lettura del futuro della progettazione e del design in quanto in grado di

¹⁰⁹ Cit. p.167.

concretizzare l'effettiva corrispondenza tra esigenza richiesta e requisito tecnico performante, anche, in termini di prossemica.

In continuità con il lavoro di TOFFLER, nel 1971 il premio Nobel nelle scienze sociali, Herbert SIMON sentenziò quanto segue:

«In an information-rich world, the wealth of information means a dearth of something else: a scarcity of whatever it is that information consumes. What information consumes is rather obvious: it consumes the attention of its recipients. Hence a wealth of information creates a poverty of attention [...] In a world of abundance, the only scarcity is human attention»

Remixing

«existing and new rearranged -remodeling, renovation. Parking garages into housing, pop-up shops»

Due tra i più importanti economisti americani, studiosi della crescita economica anche dal punto di vista tecnologico, Paul ROMER e Brian ARTHUR sostengono che la crescita è in qualche modo il frutto del “rimescolare” e “riarrangiare” le risorse esistenti per creare nuovo valore e, ad ogni modo, frutto della “ricombinazione” di tecnologie già esistenti. Un principio che attinge molto dal noto concetto autopoietico introdotto da Humberto MATURANA e Francisco VARELA. Scrive in tal senso Brian ARTHUR;

«We are moving from an era where machines enhanced the natural - speeded our movements, saved our sweat, stitched our clothing—to one that brings in technologies that resemble or replace the natural - genetic engineering, artificial intelligence, medical devices implanted in our bodies. As we learn to use these technologies, we are moving from using nature to intervening directly within nature. And so the story of this century will be about the clash between what technology offers and what we feel comfortable with»¹¹⁰

Al discorso della poietica e dell'evoluzione darwiniana, ARTHUR associò per la prima volta il concetto di ereditarietà dei lavori tecnologici (della produzione t.). Egli mutuò il concetto della “combinazione” (*mixing* e *remixing*) dagli scritti di SCHUMPETER in riferimento all'evoluzione dell'economia e dei mercati – “produrre significa combinare materiali e forze per uno scopo, per produrre altre cose o le stesse cose con metodi differenti, significa combinare questi materiali e forze differentemente”. Allo stesso modo la tecnologia evolve o per meglio dire si trasforma nel trasformare le unità elementari (componenti) di cui essa stessa si costituisce per aggregazione combinatoria e raggruppamento dei sistemi in sottosistemi (gruppi) – ARTHUR definisce questo meccanismo *combinatorial evolution* – il nuovo generato dalla combinazione del vecchio porta in sé una costante spinta disruptiva. Dunque, il *layer remixing* indicato da KELLY è da intendersi come una messa a sistema dei tre significati che ARTHUR attribuisce alla tecnologia (*technium* per KELLY).

«The first and most basic one is that a technology is a means to fulfill a human purpose. [...] The second definition I will allow is a plural one: technology as an assemblage of

¹¹⁰ Arthur, W. Brian. 2009. *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. Penguin Books, London.

practices and components. This covers technologies such as electronics or biotechnology that are collections or toolboxes of individual technologies and practices. [...] I will also allow a third meaning. This is technology as the entire collection of devices and engineering practices available to a culture»¹¹¹

Vivendo in un’epoca in cui nascono nuovi media (inteso come plurale di medium) il numero delle possibili combinazioni cresce giorno per giorno esponenzialmente. I componenti di cui accennava ARTHUR diventano una sorta di nuova grammatica (o *database*) da cui attingere per la realizzazione di nuovi propositi. È chiaro questo concetto combinatorio, oggi, deve necessariamente fare i conti con i diritti d’autore e intellettuali, ma probabilmente dopo le *Creative Commons*¹¹² e la storia di *Napster* può risultare ancora illuminante il discorso dell’ex presidente americano Thomas JEFFERSON sul far circolare le idee e sulla proprietà intellettuale delle stesse:

«He who receives an idea from me, receives instruction himself without lessening mine; as he who lights his taper at mine, receives light without darkening me»¹¹³

Perché la “ricombinazione” – asserisce ARTHUR – è davvero l’unica fonte di innovazione e, dunque, fonte di benessere per una società.

Interacting

«virtual reality, augmented reality. Helping our clients see better by sharing what we see»

Nel paragrafo 1.1.1 si sono introdotti alcuni concetti chiave per comprendere la natura digitale del Modello ma, al contempo, si è introdotto il concetto di interattività e interazione tra il mondo reale e quello definito virtuale – lo stesso William GIBSON del romanzo *Neuromance* (1984), in cui definì per la prima volta il concetto di *cyberspazio*, era solito ripetere: “The future is already here; it’s just not evenly distributed”.

Oggi la realtà virtuale è offerta semplicemente e a costo contenuto, dall’interazione dello *smartphone* con visori dotati di una ottica elementare. Negli anni ‘80 ci sarebbero voluti diverse migliaia di dollari per un *head-mounted display* come quello pocanzi descritto, o addirittura come quelli venduti nelle *bundle editions* di Xbox e Playstation (*console* di gioco). In questo contributo è stata visionata la Main Classroom della Apple Academy

¹¹¹ Op. cit.

¹¹² Creative Commons (CC) è un’organizzazione senza fini di lucro con sede a Mountain View dedicata ad ampliare la gamma di opere disponibili alla condivisione e all’utilizzo pubblico in maniera legale. L’organizzazione ha stilato diversi tipi di licenze note come licenze Creative Commons (o “licenze CC”) che forniscono un modo semplice e standardizzato per comunicare quali diritti l’autore dell’opera si riserva e a quali altri rinuncia, a beneficio degli utilizzatori. Ciò ha introdotto il concetto di “Alcuni diritti riservati” (some rights reserved) a metà tra il rigido modello di copyright “Tutti i diritti riservati” (All rights reserved) e il modello troppo permissivo di pubblico dominio “Nessun diritto riservato” (No rights reserved). Le licenze Creative Commons evidenziate dalla dicitura Approved for Free Cultural Works sono quelle maggiormente promosse poiché approvate per l’utilizzo in opere culturalmente libere (tratto da Wikipedia).

¹¹³ Da Article 1, Section 8, Clause 8, *The Founders’ Constitution*, Document 12 di Thomas Jefferson a Isaac McPherson. 13 Aug. 1813 - Writings 13:333-35, the University of Chicago Press.

(Capitolo 2) attraverso un sistema costituito da smartphone Samsung e visore Homido che ha consentito l'esplorazione del modello BIM oggetto di studio (si precisa, in questa sede, che il contributo di ricerca non si è focalizzato sugli aspetti operativi della VR). La realtà virtuale risulta foriera, intrinsecamente, di due fondamentali cognitivi: “presenza” e “interazione” – la prima è ciò che si prospetta e si lascia percepire ed esplorare all'utente, la seconda è la modalità con cui si sperimenta il primo concetto.

Bisogna osservare che le generazioni dei futuri dirigenti della nostra società saranno, con molta probabilità, generazioni di *digital natives*¹¹⁴ (nativi digitali) come sono stati definiti dallo studioso Mark PRENSKY nel suo articolo *Digital Natives, Digital Immigrants*, pubblicato nel 2001. Questa osservazione non può prescindere dal peso che la sfera ludica abbia avuto negli ultimi anni proprio sui nativi digitali. La migrazione di videogiochi di ruolo *standalone* in *multi-massive online role playing games* (MMORPG) rappresenta un fenomeno di portata mondiale. Volendo semplificare: condivisione di intenti (cooperazione, collaborazione) in un *open world* esplorabile senza limiti decisionali e di interazione con *players* umani (di tutte le nazionalità del mondo) o governati da sistemi AI, tutti abitanti di una realtà artificiale che sempre più spesso si intreccia e sovrappone con quella che gli internauti chiamano *real life*.

Tra i casi più eclatanti (World of Warcraft – WoW della Blizzard, non è contemplato nell'analisi affrontata in questo paragrafo) come non citare Second Life's e Minecraft.

Il primo un mondo virtuale (MUVE) elettronico digitale online lanciato il 23 giugno 2003 dalla società americana Linden Lab dal fisico Philip ROSEDALE. Si tratta di una piattaforma informatica che integra strumenti di comunicazione sincroni ed asincroni e trova applicazione in molteplici campi della creatività: intrattenimento, arte, formazione, musica, cinema, giochi di ruolo, architettura, programmazione, impresa, solo per darne una idea di massima.

Il secondo, un mondo di “pixels” (metafora del mattoncino Lego) ideato dal programmatore svedese Markus PERSSON (Notch) nel 2009. Minecraft offre ai giocatori i tipici contenuti di molti videogiochi, ma il vero senso del gioco, l'elemento innovativo, è basato sulla costruzione di un mondo artificiale facendo leva sulla profonda e radicata necessità umana di inventare il nuovo, di decorare, abbellire lo spazio che lo circonda. Dalla collaborazione virtuale di moltissimi *players* si è potuto ricostruire, ad esempio, la Cattedrale di Notre Dame, il Taj Mahal e molto altro solo con la forza della creatività e della coordinazione.

Una visione più scientifica e ragionata degli esempi pratici ivi portati apre il *layer* tecnologico affrontato al concetto della *gamification* (ludicizzazione). Una delle sue

¹¹⁴ Una prima definizione di questo termine fornita dall'autore fa riferimento alle generazioni di adolescenti americani nati dopo il 1985, dunque, studenti che accedono al sistema dell'educazione con le tecnologie digitali come i computer, Internet, telefoni cellulari e MP3. Chi utilizza tale ecosistema tecnologico, ma non risulta nativo digitale è definito da Prensky “immigrato digitale”. Ultimamente Prensky ha proposto i concetti di saggezza digitale, di residente digitale e visitatore digitale per coloro che non hanno un rapporto facilitato con le nuove tecnologie ma ne fanno ugualmente uso.

definizioni maggiormente condivise dalla comunità scientifica è quella data dallo studioso Sebastian DETERDING, il quale riporta:

«gamification as the use of game design elements in non-game contexts»¹¹⁵

Un concetto mutuato da ambiti disciplinari afferenti al *game design* che studiano i meccanismi ludici alla base dei giochi. Vincenzo PETRUZZI studioso in Scienze delle Comunicazioni ne chiarisce il significato:

«La Gamification può essere dunque rappresentata come una sorta di “sostrato”, un livello fatto di regole e strategie tipiche del mondo ludico (chiamate game mechanics o game techniques) che possiamo sovrapporre e applicare ad altri mondi, come quello del marketing o della formazione»¹¹⁶

Si può intendere, dunque, come “arte del coinvolgimento”, *engagement*, che permette di intervenire in modo incisivo sulle abitudini e sulle performance comportamentali dell’utente finale. È la teoria della “spinta gentile (*nudge*)” di Richard THALER e Cass SUNSTEIN – una serie di piccoli sforzi, così li definiscono gli autori, in grado di esercitare dei correttivi comportamentali lasciando, però, ognuno libero di fare le sue scelte.

Molti dei prodotti tecnologici di largo consumo stanno adottando sempre più meccanismi da *gamefication*, meccanismi che portano ad un piano superiore il *feeling* esperienziale tra l’utente ed il prodotto. In tal proposito KELLY sottolinea che il progresso tecnologico dei prossimi anni si focalizzerà molto sulla amplificazione della sensoristica (nel senso di digitalizzazione degli impulsi analogici), sulla riduzione della distanza di interazione tra *l’hardware* e il corpo umano spingendola ad un livello di immersività tale da percepire la Tecnologia come una seconda pelle.

Tracking

«measuring and improving ourselves, improving our processes, improving our buildings»

Come per il concetto *copying*, bisogna tenere bene a mente che tutto ciò che entra nella rete è costantemente tracciato. Il tracciamento dei dati è sicuramente una pratica divenuta particolarmente sentita nell’ambito medico e dello studio delle patologie e salute umana. Nell’epoca contemporanea non è più tanto fuori dall’ordine delle cose monitorare il nostro peso, la nostra pressione, il tempo dedicato all’attività fisica piuttosto a quella sedentaria, oppure i percorsi effettuati in bicicletta piuttosto che in una sessione di *jogging*, la diffusione di *smart devices*, *sportband* è, ormai, una realtà di fatto molto spesso “potenziata” dal *layer* precedentemente analizzato.

¹¹⁵ Deterding, Sebastian, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart Nacke. 2011. “From Game Design Elements to Gamefulness.” Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments - MindTrek ’11, 9. [tps://doi.org/10.1145/2181037.2181040](https://doi.org/10.1145/2181037.2181040).

¹¹⁶ Petruzzi, Vincenzo. 2015. *Il Potere Della Gamification: Usare Il Gioco per Creare Cambiamenti Nei Comportamenti e Nelle Performance Individuali*. Milano: F. Angeli.

Il lavoro certosino, quasi maniacale, condotto durante tutta la sua vita da Stephen WOLFRAM è sicuramente encomiabile in tal senso. Egli è stato capace di mettere a sistema un enorme quantitativo di dati (KELLY riporta 1.7 milioni di files in 25 anni) attraverso il suo software Mathematica¹¹⁷. Un programma di *self-tracking* di analisi personale in grado di supportarlo, in termini decisionali, per un lungo periodo della sua vita successivo alla loro acquisizione.

L'attività di *tracking* si basa su una schiacciante evidenza, ovvero, che lo stato o range di normalità (valori biometrici o semplicemente sistema di preferenze personali) non è qualcosa di universale ed univoco, anzi è esattamente il contrario. Un'attività di *tracking* a medio-lungo termine è in grado di stabilire una sorta di *baseline* univoca di "normalità". Tutto ciò si traduce, ad esempio nel caso delle società farmaceutiche, nella possibilità di creare preparati e medicinali su misura e di poter intervenire, ad esempio, in ambito ambulatoriale tempestivamente in caso di anomalie comportamentali o a supporto delle diagnosi preventive. Un'attività necessaria se si pensa alla incapacità umana di ragionare in termini statistico-analitici e soprattutto perché il linguaggio matematico resta un linguaggio umano non naturale. Così non risulta particolarmente complicato dedurre che dalle informazioni ricavate dalle operazioni di *tracking*, molto verosimilmente, porteranno alla definizione di nuovi sensi in aggiunta a quelli connaturati all'uomo stesso. In tal proposito scrive KELLY:

«These new synthetic senses are more than entertaining. Our natural senses evolved over millions of years to ensure that we survived in a world of scarcity. The threat of not having enough calories, salt, or fat was relentless. As Malthus and Darwin showed, every biological population expands right to the limit of its starvation. Today, in a world made abundant by technology, the threat to survival is due to an excess of good stuff»

Il "sensismo" sintetico è legato alla incapacità contemporanea di catturare tutte le informazioni prodotte quotidianamente dall'uomo e, quindi, dalla mancata digitalizzazione delle stesse. Assumono valore, nell'ottica del tracciamento, i "metadata", ovvero quei dati che producono informazioni su altri dati – *bits* messi in correlazione con altri *bits* o, semplicemente, informazioni generate dalla necessità di descrivere altri dati.

Questioning

«who are the experts? The users. Not us, the professionals, but the users. Ido tapped into that reality with its unfocus groups. Wikipedia continues the ultimate version of questioning with enabled non-professionals who are experts- who become para-professionals for the purposes of necessary situational expertise»

¹¹⁷ Mathematica è un ambiente di calcolo simbolico e numerico multiplatforma, ideato da Stephen Wolfram e successivamente sviluppato da un team di matematici e programmatori. Mathematica usa un potente linguaggio di programmazione interpretato, chiamato linguaggio Wolfram. Un sistema all'avanguardia per le moderne tecniche di calcolo computazionale.

La citazione di MOSER focalizza l’attenzione sulla difficoltà di individuare, a prima vista, esperti professionisti dai non professionisti a causa della crescente abilità (o se si preferisce possibilità) largamente diffusa di estrarre conoscenza dalla rete interrogandola con molta disinvoltura e facilità in ogni singolo istante dell’arco giornaliero.

Con la giusta strumentazione e con un minimo di regole il caso Wikipedia continua a far parlare di sé. La possibilità di consultare in tempo reale mappe georiferite (cfr. Google Maps) e in costante aggiornamento, perfezionamento e verifica, resta qualcosa di impensabile sino a dieci anni fa. La *disruptive innovation* dimostra ricorsivamente che l’impossibile spesso può accadere – Scrive KELLY:

«As far as I can tell, the impossible things happening now are in every case due to the emergence of a new level of organization that did not exist before. These incredible eruptions are the result of large-scale collaboration, and massive real-time social interacting, which in turn are enabled by omnipresent instant connection between billions of people at a planetary scale»

Collaborazione su vasta scala e interazione sociale massiva e in tempo reale, oggi, definiscono il sistema culturale e tecnologico moderno accelerando la creazione di “nuovi impossibili” inventando continuamente nuove organizzazioni sociali – la definizione che lo studioso Kevin KELLY attribuisce al suo *technium*.

Intelligenze Artificiali come Siri, Google Now, Bixby, Alexa etc., saranno in grado di fornire risposte sempre più accurate in tempi brevi e, forse, quasi anticipandone la domanda. Tuttavia, porre una buona domanda ha oggi, più di ieri, un enorme valore culturale e da essa possono generarsi nuove industrie, nuovi strumenti, nuove società.

Beginning

«we are just at the beginning of Architecture 3.0. We can make the future what we want it to be, and people ten, twenty, years in the future will say – wow, wouldn’t it be great to be alive at that time!?»

The *beginning* (il principio, l’inizio) di una nuova consapevolezza globale veicolata dal progresso tecnologico, resta sempre un processo molto lungo e che dura secoli – probabilmente si è ancora in una fase iniziale in cui si percepiscono le discontinuità tra nuove e vecchie forze culturali che tenderanno a dominare istituzione e vite personali. Molti studiosi attribuiscono questa fase alla nascita di un “super organismo” non visibile ma onnipresente in ogni angolo del globo e, a seguito di questa presenza, desideri e necessità della società si riadatteranno e muteranno.

Questo aspetto post-umano frutto dell’innovazione e disruptività delle forze evolutive e di progresso coinvolte rimanda scienziati e studiosi al concetto di *singularity* – singolarità.

Ancora una volta, come GIBSON per il suo *Cyberspazio*, uno scrittore di fantascienza, Vinge VERNOR, focalizza l’attenzione su un nuovo concetto che interessa da vicino il progresso tecnologico e l’evoluzione della società umana. In realtà, procedendo a ritroso il concetto di *cyberspazio*, fulcro centrale della cultura *cyberpunk*, fu proprio abbozzato da VERNOR nel 1981 col suo romanzo breve *True Names*, poi ripreso da GIBSON. Ma uno dei

concetti che si appresterà a materializzarsi in questi anni di *disruptive innovations* è quello di “singolarità tecnologica” di cui si accenna in questo *layer*.

Una accurata dissertazione sviluppata da VERNOR è quella pubblicata a dicembre del 1993 presso il NASA Lewis Research Center di San Diego, in occasione della conferenza “Vision 21: Interdisciplinary Science and Engineering in the Era of Cyberspace”. L'intervento di VERNOR dal titolo *The coming technological singularity: how to survive in the post-human era*, apre proprio con la definizione di *singularity*:

«The acceleration of technological progress has been the central feature of this century. I argue in this paper that we are on the edge of change comparable to the rise of human life on Earth. The precise cause of this change is the imminent creation by technology of entities with greater than human intelligence»¹¹⁸

L'allusione all'AI è evidente ma, al contempo, VERNOR rivolge immediatamente l'attenzione a tre possibili fattori in grado di concretizzare questa inevitabile eventualità, ovvero, lo sviluppo dei computers, lo sviluppo di network su vasta scala, il grado di *intimacy* delle HMI, *Human-Machine Interface*, ed il progresso delle scienze biologiche per la comprensione della natura dell'intelletto umano. La materializzazione di una AI, e dunque di un super organismo a cui si accennava, non potrà che accelerare ulteriormente il progresso scientifico e tecnologico che i paradigmi predecessori hanno concretizzato in secoli di storia. In tal senso riporta VERNOR:

«I think it's fair to call this event a singularity [...]. It is a point where our models must be discarded and a new reality rules. As we move closer and closer to this point, it will loom vaster and vaster over human affairs till the notion becomes a common place»

In questi termini l'articolazione del discorso sembrerebbe dare spazio sconfinato all'immaginazione decantata nelle novelle *cyberpunk* ma, la presente ricerca si propone di focalizzare l'attenzione su alcuni piccoli e significativi aspetti del cambio di paradigma nella progettazione con l'intento di far riflettere ed re-interpretare gli innumerevoli cambiamenti percepibili e apprezzabili in ogni singolo *layers* come aspetti atti a “potenziare l'intelletto umano” e tutti i prodotti della sua laboriosità sia nel senso strumentale che in quello culturale.

Altered Carbon è una serie televisiva recentemente prodotta dal colosso dell'*entertainment on-demand* Netflix, la quale descrive un'era post-umana in cui persino il concetto di vita e morte è profondamente diverso da quello conosciuto negli scenari avveniristici descritti del citatissimo capolavoro cinematografico *Blade Runner* – i corpi, considerati come “custodie”, non sono altro che contenitori del intelletto, della Intelligenza Umana e in quanto tale essa può essere sottoposta ad operazioni di *backup* e persino essere trasferita da una custodia ad un'altra indipendentemente da razza, genere ed età biologica.

¹¹⁸ NASA. Lewis Research Center, Vision 21: Interdisciplinary Science and Engineering in the Era of Cyberspace; pp. 11-22.

A chiusura di questo *layer*, a testimonianza della necessità di definire un nuovo modo di pensare al futuro e alle sue regole, si riportano le parole di un altro importante studioso e scrittore sul tema della *singularity*, Ray KURZWEIL:

«What, then, is the Singularity? It's a future period during which the pace of technological change will be so rapid, its impact so deep, that human life will be irreversibly transformed. Although neither utopian nor dystopian, this epoch will transform the concepts that we rely on to give meaning to our lives, from our business models to the cycle of human life, including death itself. Understanding the Singularity will alter our perspective on the significance of our past and the ramifications for our future. To truly understand it inherently changes one's view of life in general and one's own particular life. I regard someone who understands the Singularity and who has reflected on its implications for his or her own life as a “singularitarian”»¹¹⁹

Come riporta KURZWEIL in questa ottica di profondi cambiamenti, persino il significato delle prospettive per il futuro possono evolversi e mutare rapidamente.

Non è intenzione di questa dissertazione affrontare tematiche culturali e sociali a carattere post-umano, tuttavia è necessario a chiusura del primo capitolo ivi proposto e in riferimento alla progettazione tecnologica nell’Era Digitale, tracciare una direzione vettoriale del progresso scientifico come manifesta attività dell’intenzioni Umane tese ad affrontare nuove e sconosciute sfide per la sopravvivenza.

Il lavoro dell’architetto e del designer è probabilmente la professione più esposta a radicali cambiamenti nell’immediato futuro poiché assoggettata alle costanti e progressive evoluzioni che si registrano in ciascuno dei *layers* tecnologici descritti da Kevin KELLY, cambiamenti percepiti tanto sul versante strumentale quanto su quello culturale della produzione del progetto digitale. Si ritrova il senso di quest’ultima asserzione in MOSER il quale cerca di descrivere una nuova figura di architetto a cui sempre più spesso si associano e assegnano mansioni differenti e innovative. Una nuova figura che si interfaccia con soluzioni spesso uniche, personalizzate e atte a definire un rapporto simbiotico tra l’idea e il prototipo. Riporta MOSER nel suo libro *BIM disruption 2016: the disruption of interoperability*, che il ruolo centrale dell’architetto e designer è legato maggiormente al destino e alla nascita continua di nuove forme di lavoro per le quali bisogna e bisognerà prevedere nuovi spazi, nuove geometrie nuove interazioni architettoniche e, per tali motivi, il progettista dell’Era Digitale dovrà essere necessariamente orientato al *problem-solving* di specifiche criticità in totale divenire a mano a mano che si andrà a definire il futuro mercato del lavoro.

Nel presente paragrafo si è sovente accennato all’Intelligenza Artificiale come anticipazione della materializzazione nel nostro mondo di “vite androidi” (*robots antropomorfi*), ma in realtà la co-esistenza fra *robot* e Uomo è già presente in molte realtà

¹¹⁹ Kurzweil, Ray. 2005. The Singularity Is near: When Humans Transcend Biology. Gerald Duckworth. *In the six epochs*, Capitolo uno.

lavorative affini al campo dell'architettura e in particolar modo a quello della *Digital Fabrication*.

Scrivo Antonino DI RAIMO, architetto e professore alla Portsmouth School of Architecture:

«[...] robots are actually becoming extremely popular, [...] and perhaps appear to be tangible guarantee of the concrete realization of what, until of recent times, was simply enough to be represented on screen»¹²⁰

DI RAIMO è teso a focalizzare l'attenzione sulla capacità di generare azioni virtuose dall'uso complementare di queste tecnologie, poiché in grado di generare meccanismi di trasformazione molto utili al campo dell'architettura perché originati da differenti ambiti di interesse, umano, animale, vegetale e delle cose inanimate rispetto alla tradizionale reiterazione dell'architettura tra politica e voglia di emancipazione dell'uomo.

Di certo l'avvento della filosofia BIM nell'AEC *Industry* ha rappresentato, e rappresenta, uno degli aspetti più disruptivi della pratica progettuale e sarà destinato ad una progressiva inclusione di ulteriori tecnologie a suo supporto. Cliff MOSER fa riflettere sugli sviluppi futuri dell'*information modelling* riportando quanto segue:

«modeling cannot continue to require manual inputs. More modeling will take place as kits of parts, patterns, and elements, placed together to create fully functional virtually representations of buildings for construction and operations. During design, architects, engineers, and building product manufacturers will provide more and more model elements that can be placed in the model rather than manually drafted. And once a model is complete, it will be updated by interaction between the building and its assets, with oversight by facility staff, users, space planners, and designers. AI and machine learning will do the heavy lifting, while the human interface will be minimal. This will ensure that the building has the information it needs for continuous commissioning, and the model will receive the proper data updates it requires to support that interaction»

A conclusione di questo primo capitolo risulterà utile all'interpretazione dei contenuti del capitolo seguente l'aver incluso nella delimitazione e descrizione dei limiti dello stato dell'arte nel campo della ricerca e della metodologia progettuale esperendo, in tal senso, un breve e conciso *excursus* sulla direzione vettoriale verso cui il ruolo dell'architetto e del designer sta protendendo in vista di un rinnovato concetto di esercizio dell'intelletto umano sulla pratica progettuale.

¹²⁰ A. Di Raimo, in Aimar, Fabrizio, Thomas Auer e Alessandro Melis. 2017. *Disruptive Technologies. The Integration of Advanced Technology in Architecture Teaching and Radical Projects for the Future City*. Edited by Wolters Kluwer Italia. Milano, p.58.

CAPITOLO 2

DIMENSIONE PRATICA E PROFESSIONALE DELLA PRODUZIONE DIGITALE DEL PROGETTO

2.1 Casi studio: inquadramento generale

Gli scenari innovativi a cui si apre la progettazione tecnologica nella *praxis* progettuale sono una diretta conseguenza del passaggio culturale ad una vera e propria “strategia di processo” da attuare volta per volta nella dimensione pratica della produzione architettonica e del design. L’uso dei *tools* computazionali ha senz’altro aperto il mercato professionale ad una customizzazione avanzata dei processi produttivi tanto nel campo della manifattura quanto in quello del design. Sostengono Roberto NABONI ed Ingrid PAOLETTI che una diretta conseguenza delle strategie di processo è stata quella di sviluppare un tipo di ricerca trasversale che va a sostituire la tradizionale divisione tra ricerca di prodotto e di processo¹²¹. L’evoluzione di questo modello della cultura tecnologica è derivata da importanti rivoluzioni di processo a partire dall’industria, dall’uso dei materiali sino alla produzione industriale customizzata contemporanea.

L’uso di interfacce tecnologiche complesse e l’intenzionalità di caratterizzare il linguaggio dell’architettura migliorando le prestazioni e i suoi livelli di flessibilità ha sempre avuto l’obbiettivo di ridurre le tempistiche costruttive e di ottimizzare le attività e le funzioni programmate. Il BIM ha introdotto elementi innovativi sul versante gestionale e collaborativo all’interno dell’intero processo costruttivo portando nuovamente in luce la sistematizzazione dell’interdisciplinarietà e la previsione anticipata delle interferenze nel progetto di architettura.

Le tecniche computazionali hanno, d’altro canto, potenziato e codificato l’aspetto informativo della modellazione degli oggetti coinvolgendo più da vicino l’intero operato del designer. Riportano NABONI e PAOLETTI:

«The consequence is that architects are becoming much more involved in the fabrication, as they can efficiently create the information that is translated directly into the control data that drives the manufacturing equipment. A growing number of successfully completed projects, which vary in size and budgets, demonstrate that digital fabrication

¹²¹ Naboni, R., and Paoletti I., 2015. *Advanced Customization in Architectural Design and Construction*. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04423-1>

can offer productive opportunities within schedule and budget frameworks that need not be extraordinary»¹²²

Se da un lato l'operato del designer si integra sempre più negli aspetti produttivi e, dunque costruttivi (*fabrication*), dall'altro le sue responsabilità e competenze divengono un punto cruciale negli aspetti definitivi del processo stesso.

Si ritiene necessario fare chiarezza in questo secondo capitolo sul significato di due importanti concetti che saranno "stressati" in modo particolare nell'articolazione concettuale ed operativa del caso applicativo, ovvero: *design strategies* e *design techniques*.

A tal proposito gli studi di Birger SEVALDSON, professore all'Institute of Industrial Design di AHO ad Oslo e *chairman* alla *OCEAN Design Research Association*¹²³ ne chiariscono la natura.

SEVALDSON sostiene che mentre le "strategie progettuali" sono destinate a sottostare ad una legge di adeguamento alle condizioni generali del problema dato (progetto o compito) le "tecniche progettuali" tendono ad interessare il livello "tattico" con cui ci si avvicina alla progettazione. Se la strategia è la tecnica di individuare gli obiettivi generali di qualsiasi settore di attività pubbliche e private, nonché i modi e i mezzi più opportuni per raggiungerli¹²⁴, la sua attuazione richiederà uno specifico processo. L'aspetto tattico inerente alle tecniche di progettazione, sostiene SEVALDSON, è un agire dinamico in cui "il processo cambia e si adatta alle sfide successive":

«Processes become what we make them become. they are not there as stable phenomena to be observed and explored by means of one or other technique. They are themselves emergent and adaptive, evolutionary, reflexive and a knowledge-building activity. Design research in this sense is about initiating change rather than observing and understanding what is there, or solving preset problems»¹²⁵

La configurazione di nuove procedure pratiche è un esercizio utile a generare una produzione teorica del processo laddove i motivi di inclusione ed integrazione degli elementi coinvolti in esso risultino ben motivati e contestualizzati. Nella dimensione pratica il ragionamento di SEVALDSON si traduce nella produzione di nuove tecniche di progettazione a mano a mano che le tecnologie digitali progrediscono e, in questo modo, si è in grado di approfondire i tecnicismi in termini di funzioni e vincoli da computare nel processo. Elaborare, invece, una strategia progettuale richiede uno sforzo culturale e di visione di insieme più specifico ed in questo la logica diagrammatica mutuata dal mondo dell'informatica facilita il lavoro del progettista digitale – guardare gli oggetti non più come tali ma piuttosto come successione di eventi aiuta a focalizzare l'attenzione sul processo.

¹²² Op.cit.

¹²³ Associazione non profit norvegese dedita alla ricerca interdisciplinare sul design e le sue declinazioni nelle differenti discipline creative (cit. architecture, urban- and landscape design, industrial design) [accesso web link 12/12/2016] <https://www.ocean-designresearch.net>

¹²⁴ Def. da Vocabolario Treccani.

¹²⁵ Sevaldson, B., (2005). Developing Digital Design Techniques. Investigations on Creative Design Computing. Doctoral thesis. Oslo, Oslo School of Architecture and Design, p. 32.

All’interno del processo il designer attua una metodologia con cui affronta specifici compiti (*tasks*) ed essa è qui intesa come l’interazione che si instaura tra il progettista ed i *tools* digitali impiegati. Tale interazione consiste in azioni di modellazione, analisi, simulazione, ottimizzazione e ciascuna di esse è tesa alla sintesi e alla lettura finale delle possibili configurazioni risolutive. Nella digitalizzazione dei processi spesso la strategia progettuale si sovrappone con le azioni metodologiche che scaturiscono dalle capacità di interazione del designer con gli strumenti informatici ed è esattamente per questo motivo che l’adozione di filosofie BIM di tipo *Open* (leggasi interoperabilità, cfr. paragrafo 1.4.3) consentono di ampliare il ventaglio strategico-metodologico attraverso il quale configurare possibili soluzioni progettuali.

Dunque, l’approccio algoritmico (*Algorithm-Aided Design* - AAD) a cui si ricorre nel caso applicativo definisce una strategia/metodologia progettuale con cui saranno affrontate specifiche *tasks*. Mentre l’approccio computazionale sperimentato in ambiente BIM (ci si riferisce alla piattaforma VPL Autodesk Dynamo) definisce un aspetto processuale di gestione del modello e delle informazioni in esso contenute (Computational BIM).

A seguire saranno illustrati alcuni casi studio emblematici del *paradigm-shift* la cui puntuale trattazione è stata affrontata nel capitolo precedente attraverso concetti fondanti del pensiero digitale, tanto in ambito strumentale quanto in quello culturale che lo determina e sostiene. Avendo sottolineato la necessità di dover focalizzare l’attenzione sull’intero processo produttivo progettuale (*design* dei processi), si esplicita attraverso le esperienze selezionate il contributo alla modellazione digitale che la “M” dell’acronimo BIM attribuisce alla dimensione pratica professionale.

È noto nella letteratura scientifica che la “M” possiede una valenza multipla, ovvero, consente di declinare la “in-formazione” del progetto in termini di modello, modellazione e di gestione (*model-modelling-management*). La gestione del processo, dunque, rappresenta l’espressione più significativa della metodologia globalmente definita nella costruzione digitale del progetto, è in essa che la filosofia informativa si sposta dalla semplice gestione del modello a quella di gestione del processo. Una gestione in grado di anticipare le criticità della progettazione che ancora devono avere luogo ed il tutto attraverso la valutazione in *real time* del modello cosiddetto *as built* (BIM di livello 2). L’approccio di tipo *open* descritto nel primo capitolo, in cui si è definito il significato di progettazione flessibile, consente un ulteriore salto operativo al processo di rappresentazione digitale in ambiente BIM (livello 3) grazie all’approccio algoritmico (AAD). Quest’ultimo apre un canale di comunicazione biunivoco in tempo reale tra l’ambiente di disegno/modellazione e quello, per l’appunto, informativo del BIM.

2.2 Zaha Hadid Architects (ZHA) Generali Tower – CityLife

Un interessante contributo relativo al *workflow* adoperato nella progettazione della Torre Hadid e il Podium nel quartiere CityLife di Milano (*shopping district*) è riportato nel testo di recente pubblicazione “I Professionisti del BIM” a cura di Fabrizio AIMAR. Attraverso i contributi di Harry IBBS *BIM Projects e Workflow Manager* e del *senior architect* presso la sede londinese Paolo ZILLI¹²⁶.



Fig. 30: Generali tower - render copyright ZHA

Esso rappresenta il primo progetto, a partire dal 2008, realizzato su piattaforma Revit da ZHA. L'architetto ZILLI tra il 2008 ed il 2010 si è occupato di supervisionare l'aspetto dell'interoperabilità progettuale tra i diversi partners e, in modo particolare, di accertarsi della transizione operativa dal modello BIM di livello 1 a quello più specificamente esecutivo di livello 2 (2014) al fine di massimizzare le performance dell'intero *teamwork* rispetto ai tradizionali strumenti e flussi di lavoro sino ad allora adottati.

La torre Hadid (Gruppo Generali) è il secondo edificio previsto nell'area milanese CityLife, le altre due torri sono state affidate rispettivamente allo studio di architettura di Daniel LIBESKIND, mentre la terza in ordine di realizzazione all'architetto Arata ISOZAKI. Questa seconda torre rispetta tutti gli elementi formali del linguaggio architettonico espresso dalla scomparsa architetto Zaha Hadid e dello studio ZHA sotto la carismatica guida di Patrik SCHUMACHER: forme sinuose e dinamiche generate da un sapiente uso della matematica nella prassi progettuale. Si denota il momento torcente che ne caratterizza la silhouette, sollecitazione contrastata dalle spesse pareti del *core* centrale. La

¹²⁶ Ha collaborato a numerosi progetti internazionali di ZHA e tra questi anche alla stazione dell'Alta Velocità ad Afragola (Napoli).

torre si svilupperà per un'altezza pari a 170.36^{127} m per un totale di 44 piani fuori terra ed altri 3 interrati (Fig. 31).

La graduale rastremazione, descrive ZILLI, rappresenta un elegante unione di intenti formali e normativi che vedono limitare a 1000 m^2 (norma antincendio) la superficie disponibile per piano.

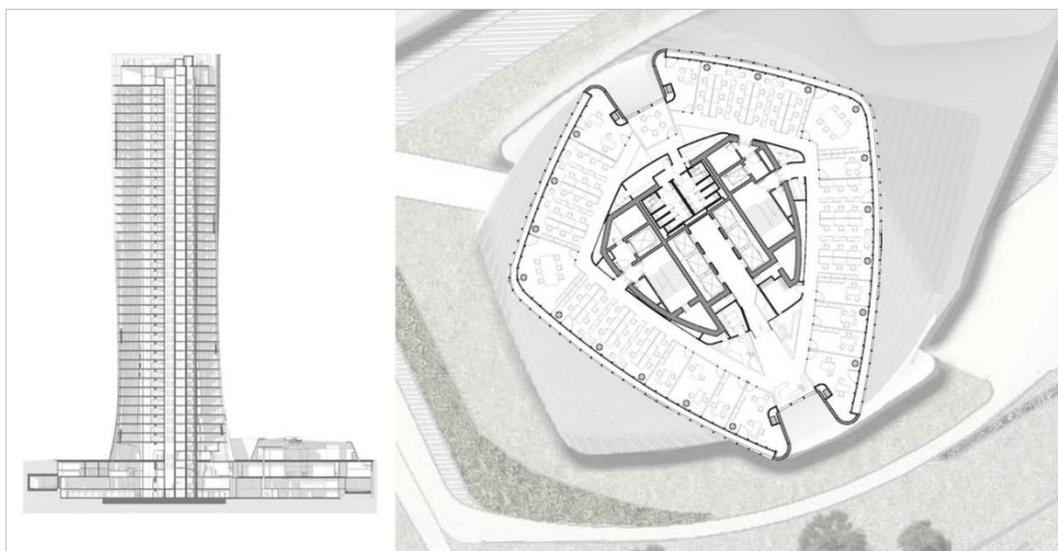


Fig. 31: Citylife – Generali Tower (sinistra) sezione trasversale; (destra) planimetria piano 22 (da ingegneri.info)

La scelta tecnologica del materiale da costruzione impiegato è ricaduta, intuibilmente, sul calcestruzzo armato proprio per assecondare il più possibile l'adattamento alla espressività del linguaggio architettonico che caratterizza ciascuna superficie tecnica dell'edificio (torre). Lo schema strutturale è, dunque, di tipo classico: un *core* resistente alle azioni orizzontali e torsionali, circondato da solai che poggiano su colonne pendolari lungo il perimetro dell'impianto. Racconta l'architetto ZILLI che la particolare ricerca del design e della filosofia progettuale ha sempre spinto il *team* di lavoro a ricercare ed adottare tecnologie *software* in grado di gestire sempre più in maniera efficace ed efficiente la complessità costruttiva. In tal senso il gruppo di lavoro tende a non limitarsi nell'uso imposto di piattaforme software, infatti, in ambito del *building information modelling*, l'uso incondizionato di Revit, Catia V5/V6, Digital Project o Bentley Systems AECO-sim resta fatto noto e all'ordine del giorno. Il suo coinvolgimento è coinciso proprio con l'adozione del modello BIM di livello 2, in cui, la collaborazione tra le diverse figure professionali potesse risolvere in maniera agile le interferenze progettuali già nelle fasi iniziali del progetto. Riporta ZILLI riguardo la coerenza modello-edificio l'importanza del pieno coordinamento tra l'ambiente di lavoro 3D e i disegni 2D da esso estratti.

¹²⁷ Risulta dal report del Council on Tall Buildings and Urban Habitat che tale altezza assicura, in attesa della chiusura dei lavori del Grattacielo Regione Piemonte di Fuksas, il terzo posto tra gli edifici più alti in Italia.

Precisa sempre ZILLI che i primi modelli parametrici dell’opera (*concept* elaborato nel 2004), sono stati sviluppati inizialmente integrando all’ uso di Autocad quello dei fogli di calcolo Excel, in un secondo momento ha avuto inizio, col progredire delle tecnologie integrate nei modellatori software, verso Paracloud¹²⁸ e Rhino, approcciando alla piattaforma VPL Grasshopper e alle procedure di *scripting* in Visual Basic nello stesso ambiente di sviluppo quale Rhino. Questi ultimi si sono rivelati fondamentali per il definitivo passaggio del materiale elaborato ai fini della produzione della documentazione tecnica e la gestione BIM dell’intero processo in ambiente Revit. Si riporta in Fig. 32 il *workflow* adottato dallo studio ZHA.

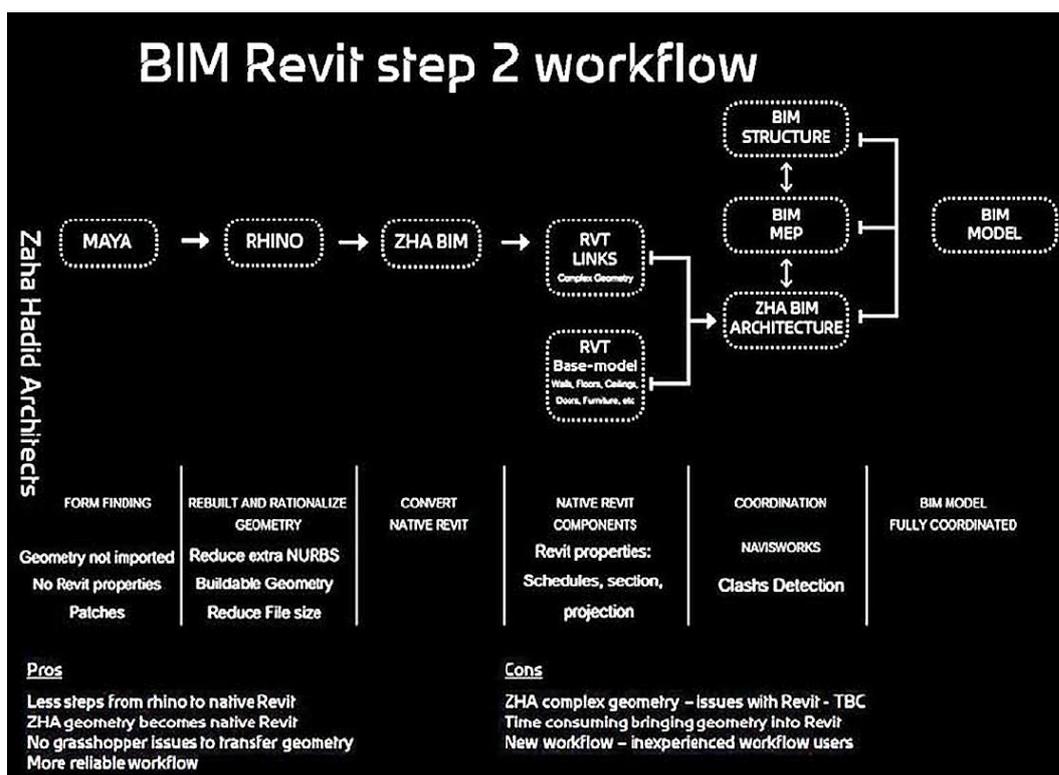


Fig. 32: I processi digitali connessi all’utilizzo del BIM all’interno dello studio ZHA (fonte ingegneri.info)

Innanzitutto, è da sottolineare che i progetti BIM sottintendono un accordo contrattuale stipulato tra cliente e *team* progettuale definito BIM Execution Plan (BEP). Nello specifico riporta Fabrizio AIMAR:

- **Fase relativa al briefing e al *concept*:** il BEP consente di accordare biunivocamente le parti interessate ed il cliente. ZHA da inizio alla fase progettuale

¹²⁸ ParaCloud modeler is a generative pattern modelling software which works by important your existing 3D model and populating surfaces of the model with 3D components. The program is powerful and accurate though unfriendly to use.

Rif. [accesso web link 03/01/2017] <https://wiki.auckland.ac.nz/display/MediaCentre/ParaCloud>

avvalendosi inizialmente del *software* Autodesk Maya per poi migrare alla piattaforma McNeel Rhinoceros.

- **Progetto preliminare:** le geometrie definite nella fase precedente sono trasferite/importate in ambiente collaborativo BIM. Il comparto edile adotta principalmente Revit per agevolare l'implementazione strutturale e impiantistica.
- **Gestione interna:** la coordinazione del modello Revit è subordinato alla rielaborazione e trasferimento delle geometrie complesse NURBS¹²⁹, precedentemente elaborate, attraverso un *plugin* di scambio elaborato dallo stesso *team* di ZHA.

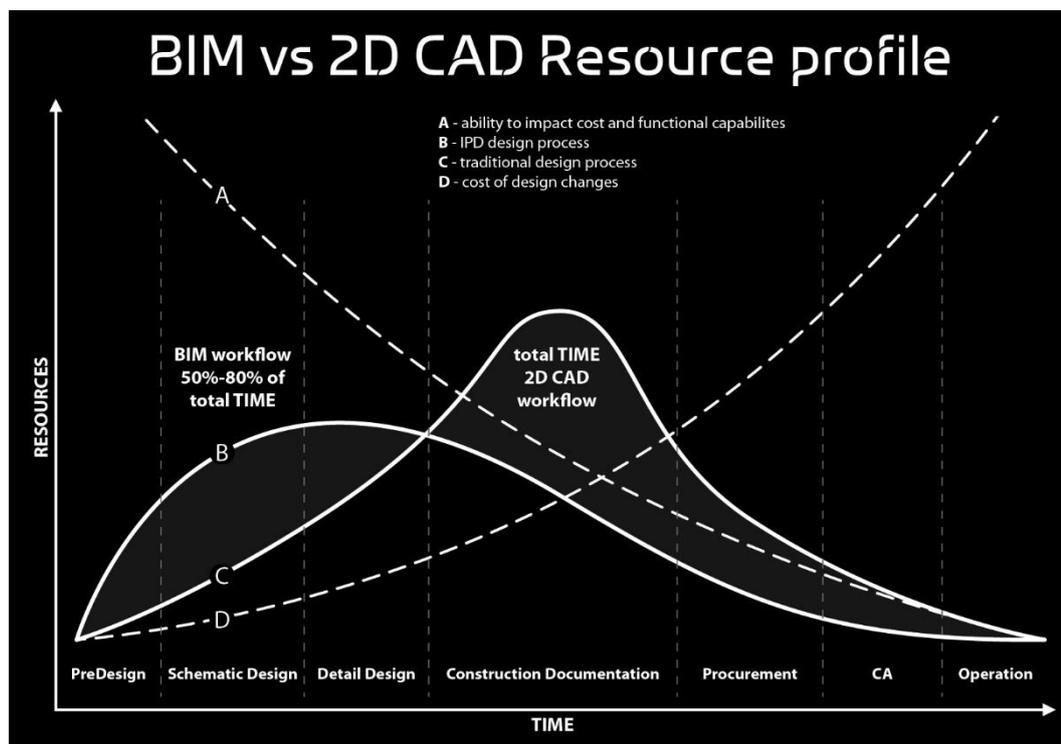


Fig. 33: Diagramma di MacLeamy - risorse e tempistiche (BIM-CAD) in funzione delle diverse fasi di gestione di una commessa (schema rielaborato dall'autore)

Ciò che viene descritto e verificato dal *team* ZHA è sostanzialmente l'applicazione del diagramma di MACLEAMY rielaborato in Fig. 33 e descritto di seguito.

Lo studio di riferimento fu presentato durante la Conferenza AIA del 2005 in merito al tema della progettazione integrata (*Integrated Process Delivery* IPD). Il diagramma mostra entrambe le tipologie di approccio alla progettazione, tradizionale e BIM, attraverso la

¹²⁹ NURBS è un acronimo che sta per Non Uniform Rational Basis-Splines, traducibile in "Splines razionali non uniformi definite da una base", una classe di curve geometriche utilizzate in computer grafica per rappresentare curve e superfici. Le curve NURBS sono una generalizzazione delle curve B-Spline e delle curve di Bézier (fonte Wikipedia). Rhinoceros è il modellatore NURBS più diffuso al mondo.

lettura comparata delle curve di “capacità-abilità” (curva A) e quella dei “costi di adeguamento” da sostenere (curva D). Si nota che a fronte di uno sforzo culturale e di competenze inizialmente richiesto, l’approccio integrato (leggasi BIM) è in grado di spostare le risorse e gli sforzi maggiori della progettazione dalla produzione della documentazione tecnica a quella del Design (*predesign, schematic design, detail design*). L’approccio descritto da MACLEAMY dimostra, tra l’altro, una riduzione dello “sforzo” richiesto a mano a mano che ci si avvicina alla fase amministrativa e realizzativa dell’intero processo costruttivo, fasi in cui apportare un cambiamento al design, seppur minimo, comporterebbe un costo elevato per l’adeguamento ad esso del processo stesso (curva D).

Questo approccio, dunque, sottende una forte collaborazione tra tutti gli attori del processo edilizio e, considerando la forte necessità di rendere le risorse interoperabili, allo studio ZHA non si impone mai l’utilizzo di un *software* specifico pur tuttavia è posto sempre in chiaro nella stipula dei contratti con la committenza un uso agile della piattaforma Autodesk (Revit e Naviswork¹³⁰) oppure di Dassault CATIA V6. L’architetto ZILLI sottolinea quanto la politica di marketing aggressiva di Autodesk abbia contribuito al predominio negli ultimi 10 anni della piattaforma Revit nel comparto AEC principalmente in termini di collaborazione, gestione/produzione documentale sottolineando, pur tuttavia, la difficoltà di modellazione e ottimizzazione delle note superfici a doppia curvatura predilette da ZHA. Lo stesso utilizzo di CATIA, sottolinea ZILLI, si è rivelato più performante, rispetto all’uso di Revit, in termini di chiusura del *gap* design-produzione quando è stato commissionato il “progetto 02257 – Danjiang Bridge”. La progettazione e la realizzazione, coadiuvati da un produttore molto ben disposto verso i flussi di lavoro innovativi e più vantaggiosi in termini di modellazione e coordinamento delle fasi costruttive, ha richiesto il lavoro di soltanto 3 operatori competenti. Uno scenario che però potrà essere ribaltato con il rilascio delle future *release* delle piattaforme citate.

2.2.1 *L’esperienza di ARUP: intervista a Vito Sirago - Senior Architect, Lead Computational design team*

Particolare valore ha assunto l’esperienza personale raccontata da i professionisti direttamente coinvolti negli interventi tecnici mirati alla digitalizzazione dei processi afferenti al caso studio appena descritto. Di seguito si riportano alcune osservazioni che l’architetto Vito SIRAGO di ARUP ha illustrato e condiviso¹³¹ in merito all’operazione di “paneling” della facciata dell’edificio “Podium” di ZHA in CityLife (Fig. 34).

¹³⁰ Gli strumenti di Navisworks® consentono il coordinamento, la simulazione della costruzione e l’analisi di interi progetti per una revisione di progetto integrata. Inoltre, alcuni prodotti di Navisworks includono strumenti avanzati per simulazione e convalida. (fonte: www.autodesk.it)

¹³¹ Il contributo del senior architect di ARUP è stato raccolto in occasione del BuildSmart 2017 al MADEExpo di Milano e al seminario tecnico tenutosi al DiARC organizzato dal prof. Sergio Russo Ermolli (12 aprile 2017) a cui ha partecipato l’autore della tesi.



Fig. 34: (a) Render Podium ZHA (fonte zaha-hadid.com);
(b) Foto del podium (fonte redesco.it); (c) Foto dettaglio pannelli (fonte h-b.it)

Nell’ambito della progettazione parametrica e computazionale il problema della razionalizzazione delle forme tesa alla loro concretizzazione in manufatti industriali è divenuto un problema alquanto diffuso e sul quale la bibliografia scientifica annovera innumerevoli casi teorici e pratici. In particolar modo si tratta di operazioni di pannellizzazione (*paneling*) delle superfici di *concept* dell’involucro progettato. L’architettura hadidiana è fortemente adusa, come già reso noto nella presente trattazione, all’impiego di superfici a doppia curvatura che tecnicamente sono studiate e riprodotte attraverso la matematica delle curve NURBS (modellazione *free form*) elaborate in ambiente Rhinoceros sin dalla fase meta-progettuale. La razionalizzazione di queste forme architettoniche contemporanee si rende indispensabile ai fini della fattibilità economica e tecnica dell’opera stessa. In questo frangente tecnologico è intervenuta ARUP nella costruzione del Podium. L’azione complessa di *paneling* si mostra sin da subito un problema strettamente connesso al linguaggio architettonico dell’opera commissionata, dunque, non un problema di approssimazione della superficie ipotizzata ma, piuttosto, un problema strettamente connesso al progetto, ovvero, inerente alla produzione industriale dei componenti da assemblare. Rendere sostenibile il design *free form* diviene dunque un tema di *problem solving* multidisciplinare di tipo geometrico, matematico e tecnologico. La razionalizzazione è da intendere come problema di ottimizzazione. In tal proposito Helmutt POTTMANN¹³² illustra le principali strategie alle quali si ricorre nella pratica professionale:

- *Ottimizzazione a posteriori, approssimazione*: rappresenta la metodologia più diffusa nel panorama computazionale attuale. Per la modalità di ridefinizione del dominio matematico in cui la superficie di progetto originaria è trattata – razionalizzata – è definibile col nome di “ottimizzazione matematica”. Il vantaggio di questa metodologia è quello di non alterare la superficie iniziale, dunque, preservando l’impostazione topologica e le relative ricadute estetiche, strutturali ed economiche.

¹³² Pottmann H., (2010). *Architectural geometry as design knowledge*. Architectural Design, n.80, pp. 72-77.

- *Ottimizzazione a priori*: rappresenta la prassi progettuale per antonomasia, nel senso di studiare già in fase di *concept* un linguaggio che rispetti e segua una determinata condizione di ottimo (geometrico, strutturale, termo-acustico, termo-igrometrico, etc.). In termini di statica si può far riferimento ai principi delle linee-isostatiche, delle catenarie, delle superfici saponate e, a partire dagli anni '50, all'uso di algoritmi di ottimizzazione topologica che sfruttano i principi della genetica.

L'intervento di ARUP si è attuato a valle della forma architettonica prestabilita dallo studio ZHA. La forma, la superficie di partenza e le curve di riferimento sono state assunte come invarianti di progetto da cui ricostruire il modello 3D (Fig. 35) sul quale condurre l'analisi ingegneristica.

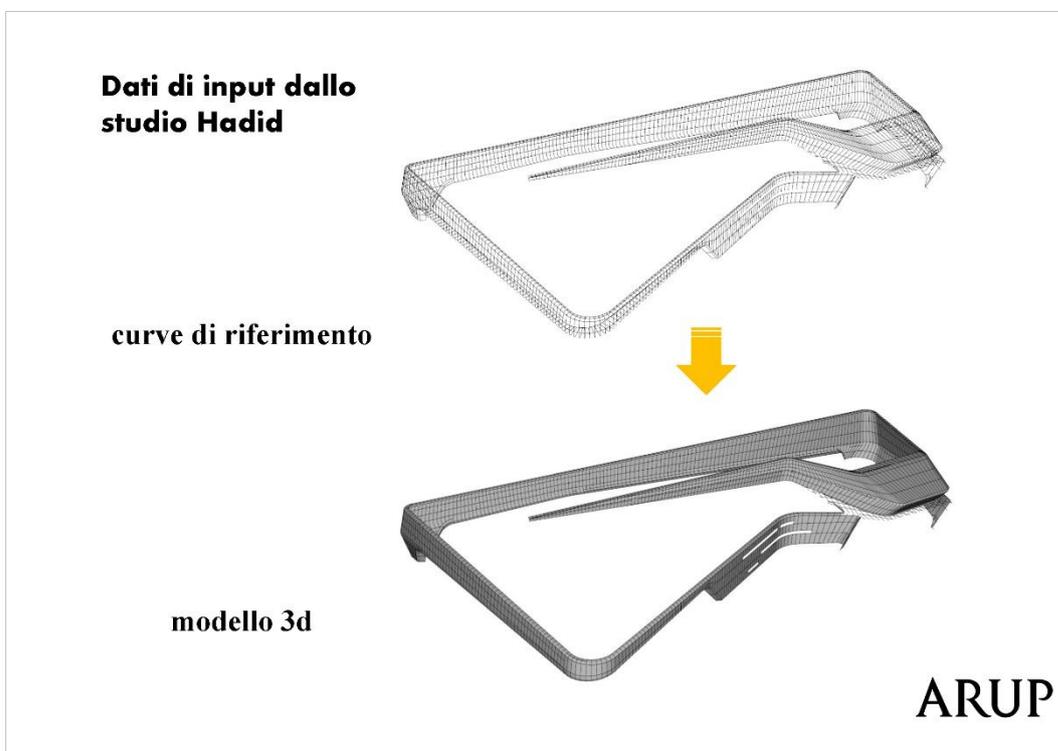


Fig. 35: Integrazione dei dati di input formali del Podium ZHA – copyright ARUP (fonte confindustriaceramiche.it) rielaborata dall'autore

La fase successiva alla modellazione, racconta SIRAGO, è quella classificabile come “discretizzazione” della superficie geometrica data, ovvero, della pannellizzazione. Nel corso della storia si sono implementate molteplici tecniche di discretizzazione che possono essere raggruppate nei seguenti tre aspetti tecnici:

- *Economico*, ovvero richieste di lavorazioni specifiche oppure con particolare attenzione rivolta allo spreco di materiale;
- *Fattibilità*, semplificazione della struttura portante e/o dei nodi/giunti tecnici:

- *Aderenza alle geometrie di progetto*, gradi di approssimazione e trasparenza se in presenza di superfici vetrate;

Ai fini della massima adesione a vincoli formali, spiega l'architetto di ARUP, si rese necessaria l'analisi delle geometrie caratterizzanti ogni singolo pannello al fine di valutarne la fattibilità, ovvero, rispondenza agli standard previsti per l'industrializzazione del prodotto stesso. Si è dunque proceduti alla scrittura di un opportuno algoritmo in ambiente Rhinoceros e Grasshopper per evidenziare le peculiarità geometriche e di processo in termini di analisi della curvatura, classificazione dei pannelli e individuazione dei casi particolari come riportato in Fig. 36.

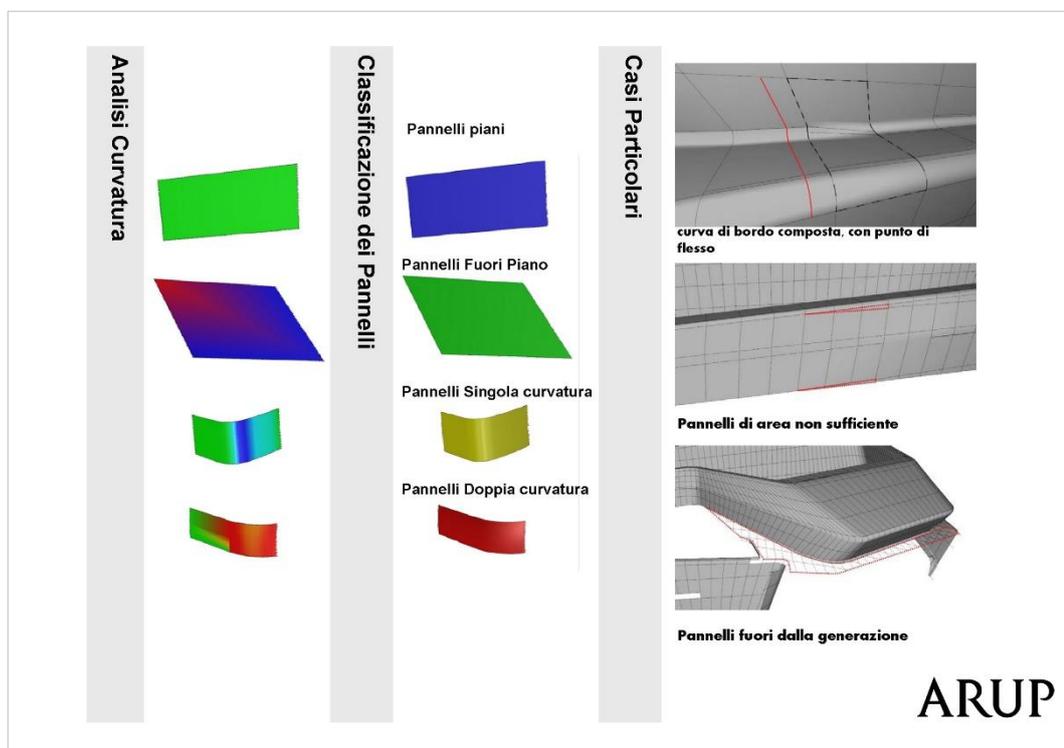


Fig. 36: Impostazione dell'algoritmo di analisi e di discretizzazione della pannellatura del Podium ZHA - copyright ARUP (fonte confindustriaceramiche.it) rielaborata dall'autore

In questo modo, continua SIRAGO, è stato possibile ottenere una mappatura alquanto precisa dei livelli di caratterizzazione di ciascuna facciata in funzione della geometria di ciascun pannello. Si riporta di seguito lo schema degli alzati.

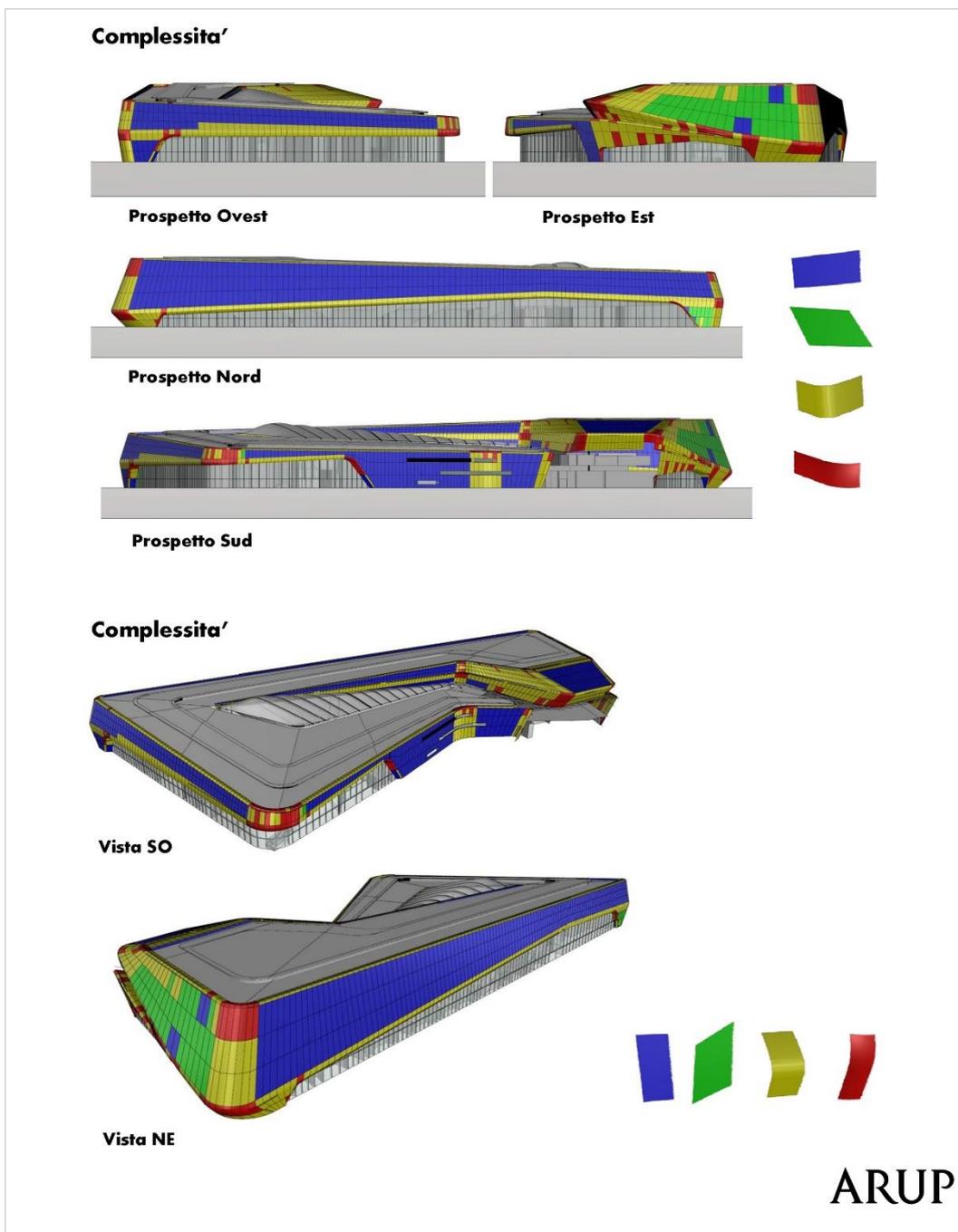


Fig. 37: Schema delle facciate con mapping delle geometrie dei pannelli - copyright ARUP (fonte confindustriaceramiche.it) rielaborata dall'autore

La possibilità di dimostrare numericamente la fattibilità ed il livello di complessità geometrica di ciascuna facciata, riferisce SIRAGO, ha permesso ad ARUP in sede di contrattazione con ZHA di “strappare” alcune concessioni di forma rispetto alle direttive formali imposte dallo studio di Zaha Hadid. La discretizzazione delle problematiche geometriche e la possibilità di ridurre i costi di realizzazione verificando la quadrabilità di ogni singolo pannello (inscrivibilità delle forme in termini di standard dimensionali dei

materiali forniti per ridurne gli sprechi in produzione), si è trasformata in una problematica di tipo predittivo opportunamente risolta da ARUP per la messa in opera del *paneling* (Fig. 38).

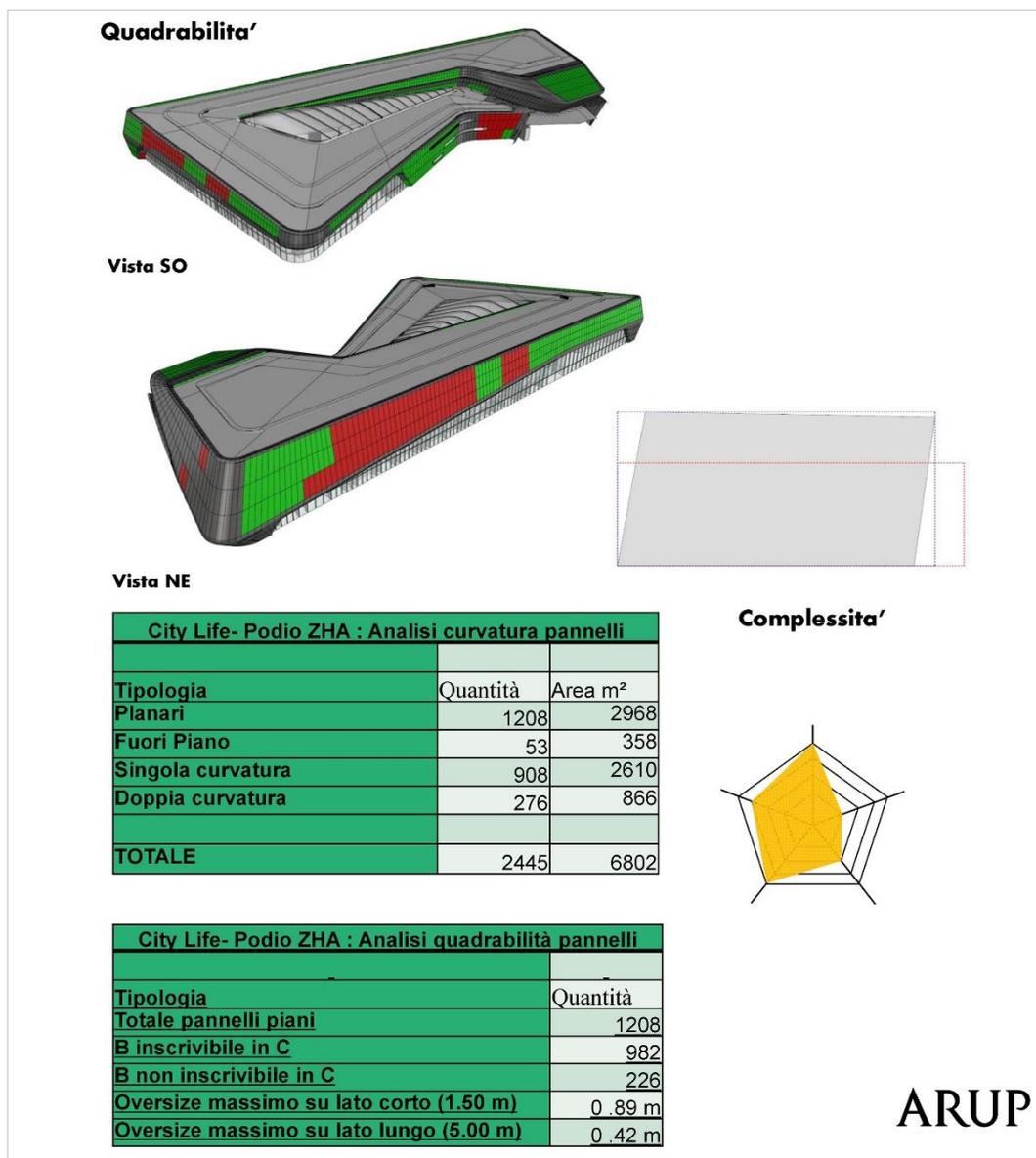


Fig. 38: Report quadrabilità e complessità del paneling
 copyright ARUP (fonte confindustriaceramiche.it) rielaborata dall'autore

Ritornando alla pannellizzazione mediante la scrittura di algoritmi, ovvero alla ricerca di POTTMANN e alla sua definizione, è possibile riconoscere nel lavoro di ARUP – dell'architetto SIRAGO – una certa affinità:

«approssimare una superficie data con un determinato set di pannelli, cosicché il costo totale di produzione è minimizzato mentre il risultato rispetta soglie predefinite di distanza

e variazione angolare tra i singoli pannelli, nonché riproduce fedelmente l’iniziale rete di curve coniugate (per motivi estetici)»¹³³

La potenza dell’approccio algoritmico alle problematiche del design “generativo” architettonico è riscontrabile nella logica del processo che definisce il problema stesso, ovvero, nella capacità di chi interpreta la criticità con una visione immediatamente proiettata alla sua realizzazione, nonché fruizione. L’incontro con il *senior architect* di ARUP si è poi concluso con una acuta analisi eseguita in sede di progettazione parametrica per la realizzazione del nuovo stadio di calcio per la città di Firenze la cui costruzione è prevista nel 2019. Lo studio è orientato alla ottimizzazione della forma globale dello stadio affinché le postazioni dislocate in “curva” potessero avere un buon fattore di visibilità (Fig. 39) – con evidenti ricadute economiche – e la dimostrazione, in chiave virtuale (VR) delle scelte progettuali proposte alla committenza.

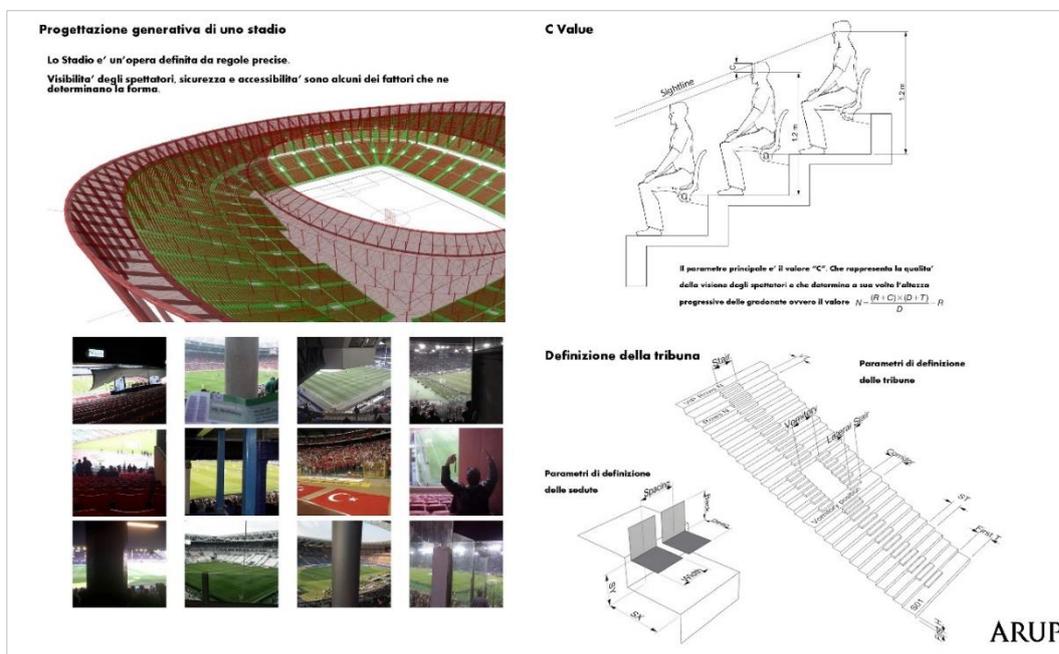


Fig. 39: (sinistra) Criticità e alterazioni della visibilità delle postazioni in curva; (destra) Individuazione dei parametri geometrici chiave per il settaggio dell’algoritmo generativo - copyright ARUP (fonte confindustriaceramiche.it) rielaborata dall’autore

Nell’esempio illustrato da SIRAGO è evidente che il problema di discomfort visivo presente in “curva” (o la possibilità di migliorare quella degli spalti), è imputabile all’angolo di visuale definito “c-value” (catino – alla destra di Fig. 39).

¹³³ Pottmann, H., Op.cit.

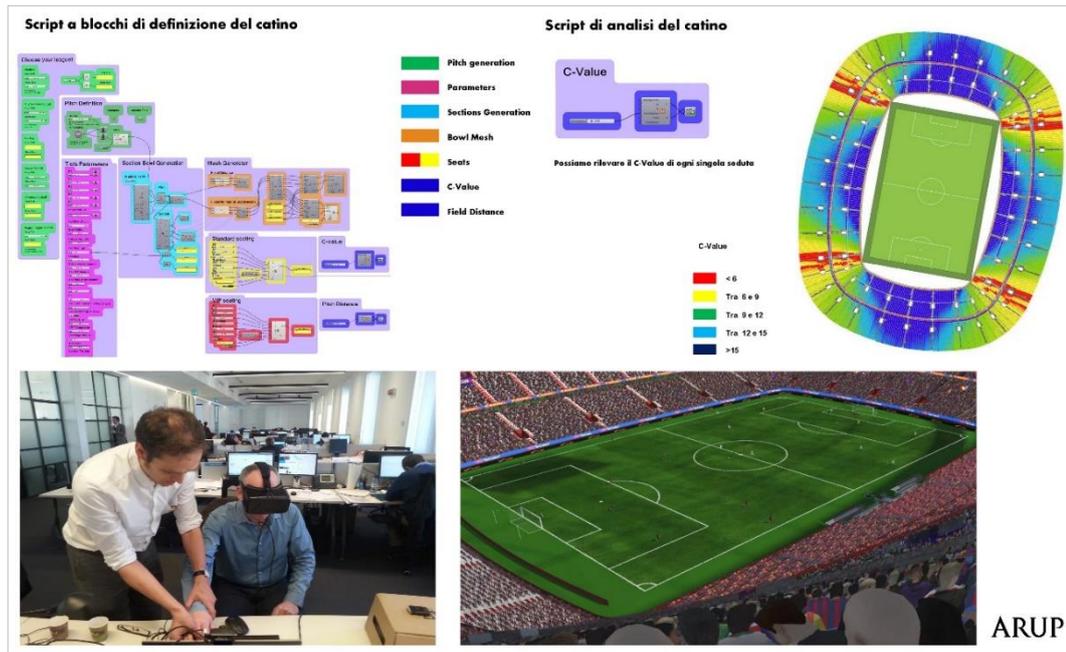


Fig. 40: (in alto) Screenshot dell’algoritmo generativo e il mapping del c-value di ciascuna seduta; (in basso) l’ispezione in VR delle possibili soluzioni geometriche generate - copyright ARUP (fonte confindustriaceramiche.it) rielaborata dall’autore

Implementando questo dato tra i parametri di input nell’algoritmo progettato dall’architetto è stato possibile generare una forma complessiva dello stadio definendo a priori (o in maniera dinamica) la condizione di ottimo da rispettare. In questo modo è stato possibile riprodurre visualmente un grafico con gradiente di colore per descrivere il livello di criticità-visibilità di ogni singola seduta come riportato in Fig. 40.

L’esperienza dell’architetto SIRAGO rappresenta un concreto contributo al principio di progettazione “flessibile” descritto nel corso della presente trattazione. La sua esperienza ha sottolineato la necessità di aprire la progettazione all’integrazione di linguaggi e strumenti informatici per generare valore aggiunto al progetto di architettura e ai processi costruttivi ad esso correlati.

2.3 Hellmuth-Obata-Kassabaum (HOK) e il progetto ARTIC - Anaheim Regional Transportation Intermodal Center

Lo Studio di architettura, ingegneria e pianificazione HOK vanta competenze internazionali esercitate attraverso i suoi 24 uffici dislocati in tutto il mondo. La sua attività vanta un *design* di eccellenza e spazia dall'aviazione ai trasporti, dalle attività commerciali dalla scienza alla tecnologia fino all'*healthcare*. Il progetto del centro intermodale, ARTIC, della Contea di Orange (California) rappresenta un caso studio interessante soprattutto per le dimensioni del progetto stesso e, dunque, per il particolare flusso di lavoro che ha coinvolto contemporaneamente più *teamwork* in diverse fasi del progetto. Il gruppo HOK si è sempre distinto per la capacità di interpretare le esigenze della committenza in un'ottica fortemente orientata alla sostenibilità, la certificazione LEED Platinum dell'opera ne è una tangibile testimonianza:

«HOK's mission is to deliver exceptional design ideas and solutions for our clients through the creative blending of human need, environmental stewardship, value creation, science and art.»¹³⁴

Da questa affermazione riportata sul sito web dello Studio si sottolinea con chiarezza l'importanza di esplorare a tutto tondo le possibili alternative progettuali e tutto ciò grazie ad un comparto tecnico multidisciplinare che non si sottrae mai alle sfide progettuali contemporanee.



Fig. 41: Foto del centro ARTIC di HOK – (fonte archdaily.com) immagine rielaborata dall'autore

Per la progettazione di ARTIC si annovera l'importante contributo dello studio di ingegneria BUROHAPPOLD che storicamente adotta una filosofia di integrazione olistica

¹³⁴ [accesso web link 09/02/2017] www.hok.com/about/

delle discipline che concorrono all'atto progettuale e con una visione creativa finalizzata alla costruibilità delle opere stesse.

Fondato nel 1976 da Ted HAPPOLD, oggi il gruppo è riconosciuto tra le eccellenze dell'AEC *industry* con più di 29 uffici dislocati nel mondo, in particolare per il caso individuato si farà riferimento allo studio di Los Angeles fondato nel 2006 da Greg OTTO, architetto e ingegnere particolarmente sensibile all'aspetto collaborativo tra architettura e ingegneria. In un'intervista condotta da Clare OLSEN e Sinéad MAC NAMARA, autori del libro *Collaborations in Architecture and Engineering*, OTTO esprime il suo pensiero in tal proposito:

«We do engineering quite a bit differently, we think differently about it . . . so we have to do [hiring] organically . . . It's challenging to nurture the ethos necessary to do this type of work, which is between disciplines: it's engineering, but not pure engineering, it's architecture, but not pure architecture. It's the middle ground, which is a challenge for engineers and architects to walk into . . . We look for people that are gung-ho to take responsibility, take a bit of risk and challenge convention»¹³⁵

Molto probabilmente è questa visione olistica e sempre orientata alla ricerca che fa del gruppo HAPPOLD uno tra gli studi di progettazione più premiati e apprezzati nel mondo delle costruzioni.

Il progetto ARTIC, nella città di Anaheim in California nei pressi dell'area parcheggio dell'Anaheim Angels Stadium, si sviluppa su un impianto di circa 6200 m² definendo un *hub* di interscambio per differenti tipologie di trasporto dall'alta velocità al trasporto leggero e non solo, ingloba differenti servizi dalla ristorazione allo shopping prevedendo, inoltre, un'area destinata ad uffici (Fig. 42). Un indotto considerevole se si considera il fatto che dall'ARTIC si può facilmente raggiungere il sito ricreativo-ludico di Disneyworld in previsione dell'importante collegamento ARC (*Anaheim Rapid Connection*) un sistema innovativo di *streetcar* attualmente in fase sperimentale.

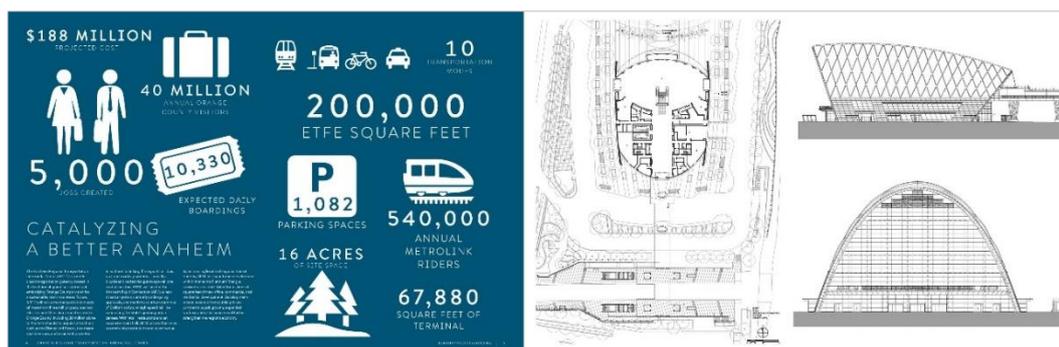


Fig. 42: (sinistra) Risorse del centro intermodale ARTIC (fonte hok.com);
(destra) Planimetria, prospetto laterale e frontale (fonte archdaily.com)

¹³⁵ Op.cit.

La proposta di fornitura dei servizi (*Request for Proposal – RFP*) fu affidata al *team* Parsons Brinckerhoff (PB)/HOK, nonostante la presenza in sede concorsuale di Studi importanti come, ad esempio, GEHRY & PARTNERS, FOSTER + PARTNERS e di Santiago CALATRAVA.

La vicepresidente di PB Architecture, Virginia TANZMANN, nelle sue interviste sottolinea che la partnership con BuroHAPPOLD, ma anche con lo studio di ingegneria Thornton TOMASETTI, rappresenta il quadro finale di un lungo percorso di consulenze tecniche avute luogo ai fini di spostare in avanti i limiti imposti dalla pratica costruttiva tradizionale. Una progettazione flessibile quella descritta dalla TANZMANN esperita attraverso l'uso di strumenti computazionali in grado di supportare e orientare una produzione *more cost-effectively, very specialized, specific and more collaborative*. Considerando l'unicità della struttura ed in particolare del sistema di facciate, per HAPPOLD e TOMASETTI la sicurezza dell'utenza e il contenimento dei costi hanno veicolato in modo determinante (con test e simulazioni virtuali) la razionalizzazione della proposta progettuale e la sua stessa realizzazione.

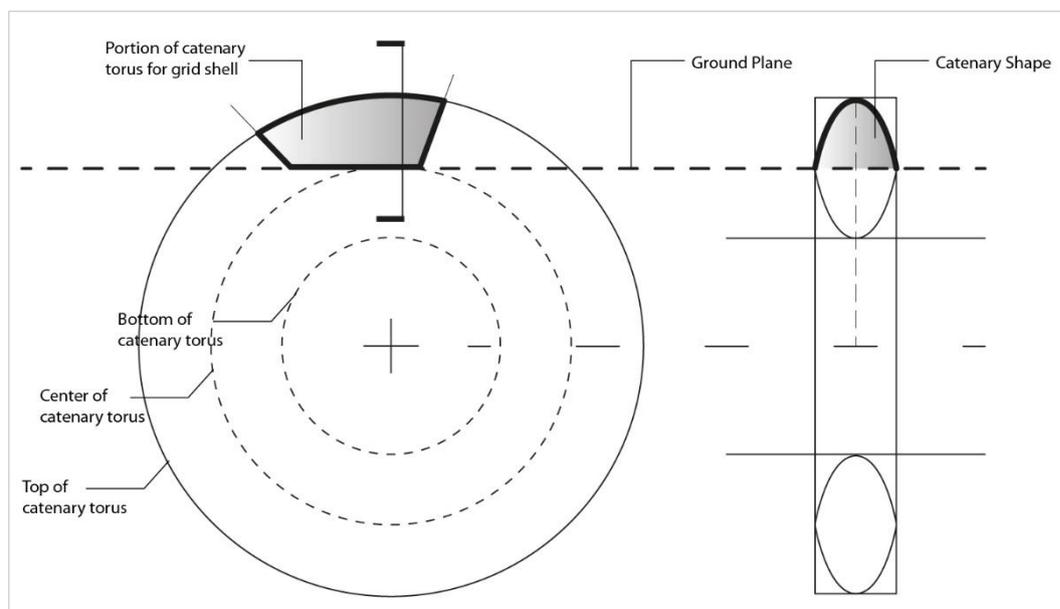


Fig. 43: Genesi geometrica del ARTIC - generatrice del guscio a sezione parabolica sviluppata lungo la direttrice toroidale (schema rielaborato dall'autore)

L'ampio atrio centrale del ARTIC è sormontato da una imponente *grid shell* in acciaio quale risultato della geometria generatrice come illustrato in Fig. 43. OLSEN e MACNAMARA evidenziano come la forma di questo enorme *hub* di interscambio fosse stata influenzata dalle due storiche stazioni americane da un lato la Broad Street Station di Philadelphia mentre dall'altro la New York City's Penn Station – stazioni caratterizzate dalle imponenti strutture intelaiate in acciaio e vetro (Fig. 44).



Fig. 44: (sinistra) Broad Street Station di Philadelphia (fonte phillymotu.wordpress.com);
(destra) New York City's Penn Station (fonte nytimes.com)

2.3.1 L'esperienza di BUROHAPPOLD: *Integrated Digital Workflows* – intervista¹³⁶ ad Anthony Buckley-Thorp (Flux.io)

Rispetto all'intervento di BUROHAPPOLD, ciò che risalta immediatamente alla vista è il fattore altezza dell'intera struttura che dagli iniziali circa 55 m (180 ft) sono stati poi ridotti per ragioni legate proprio alla fattibilità dell'opera a circa 37 m (120 ft). Altro parametro rivelatosi fondamentale è stata la particolare consistenza geologica del sito prescelto che, presentando una resistenza meccanica non altissima, ha implicato la necessità di considerare come quota determinante del budget iniziale proprio la realizzazione di fondazioni abbastanza robuste. Le necessità hanno condotto il *team* a sperimentare nuove soluzioni che contemplassero l'uso ridotto dell'acciaio ed allo stesso tempo una leggerezza e flessibilità strutturale diffusa. A tal proposito le indicazioni tecniche relative alle tamponature della maglia a diamante fecero scongiurare l'uso del vetro (per costi, peso, flessibilità). Il *team*, infine, optò per l'impiego di pannelli in etilene tetrafluoroetilene (ETFE – C₄H₄F₄) data la storica competenza di Ted HAPPOLD¹³⁷ sull'uso di tale materiale.



Fig. 45: Effetto cuscinetto dei pannelli schermanti in ETFE

¹³⁶ Intervista tramite corrispondenza e-mail 17 maggio 2017.

¹³⁷ Quando nel 1975 Frei Otto impiegò l'ETFE per la realizzazione della “pelle” della Mannheim Multihalle gridshell, Ted Happold era tra i progettisti addetti ai lavori.

L'effetto riprodotto si è mostrato particolarmente efficace da molteplici punti di vista: esteticamente il guscio sembra ammorbidirsi esaltando la lettura architettonica della maglia a diamante in acciaio; la leggerezza del materiale, 1/100 di quella del vetro, ha permesso di contenere in dimensione e costi la struttura fondazionale; le soluzioni tecnologiche finalizzate alla gestione energetica ed alla sostenibilità si sono rivelate vincenti per la certificazione LEED Platinum. Oltre alla elevata riciclabilità dei materiali impiegati, in tal senso, ha giocato un ruolo fondamentale il trattamento superficiale detto *frit pattern* (tramatura digitale *ad hoc*) che ha consentito un controllo ottimale del fattore solare garantendo complessivamente un buon comfort termo-igrometrico.

In occasione del webinar - *share data no more models* - (su piattaforma GoToWebinar) tenutosi a maggio 2017 da Anthony BUCKLEY-THORP, *managing partner* di Flux.io (piattaforma cloud di *data sharing, data storage e data design*), si è avuta la possibilità di apprendere alcuni aspetti del flusso di lavoro seguito dal gruppo BUROHAPPOLD articolato attorno al *data sharing* e all'interoperabilità tra le piattaforme di progettazione adoperate in fase di design della *grid shell* di ARTIC.

A tal riguardo risulta utile fare un breve inciso tecnico di seguito proposto.

Innanzitutto, si sottolinea ancora una volta, un certo rapporto preferenziale che l'AEC *industry* ha con le *Software House* che si occupano di tecnologia a diversi livelli, questo è un fattore determinante per gli aspetti innovativi che caratterizzano il flusso di lavoro delle grandi firme e in particolar modo per le grandi commesse. A testimonianza di quanto appreso, Anthony BUCKLEY, membro del comparto FAST (Flux Advanced Service + Technology) di Flux.io, uno *spin-off* del programma X di Google (Fig. 46), spiega che la sua formazione è iniziata presso ARUP come ingegnere strutturista avendo la fortuna di poter sviluppare molteplici applicativi relativi al *digital design* e all'automazione dei processi.

Background

- Construction Technology company based in San Francisco
- Born from the Google X program
- Focused on applying technology to drive efficiency in Construction
- ½ Staff AEC Industry Background
- ¾ Professional Software Engineers





Fig. 46: Background culturale del team Flux.io ex-programma X Google (per gentile concessione di A. Buckley)

Essendo l'interoperabilità tra piattaforme un tema centrale nella filosofia *del building information modelling*, il team di Flux.io assicura una copertura strategica tra i più diffusi

moduli applicativi comunemente impiegati dagli studi di progettazione. Si riporta in Fig. 47 lo schema delle integrazioni digitali offerte dalla piattaforma *cloud* Flux.io:

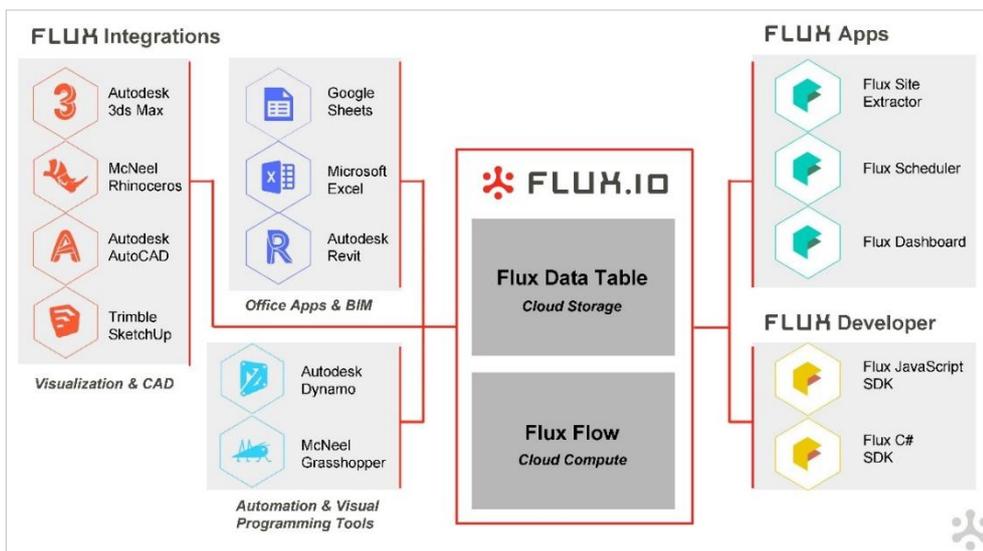


Fig. 47: Schema delle integrazioni digitali consentite dalla piattaforma cloud Flux.io (per gentile concessione di A. Buckley)

In termini operativi questa integrazione digitale potrebbe essere interpretata come un incremento, ad esempio, della tutela dei diritti di autore (si pensi alla condivisione dei codici sorgenti degli algoritmi per definire rigorosamente le configurazioni geometriche di qualunque opera) e parimenti l'immediatezza della condivisione, tra differenti *teamwork*, dei dati di input e output necessari per implementare l'efficienza della *pipeline* di progetto. Da qui il motto della compagnia «share data no more models» (Fig. 48).

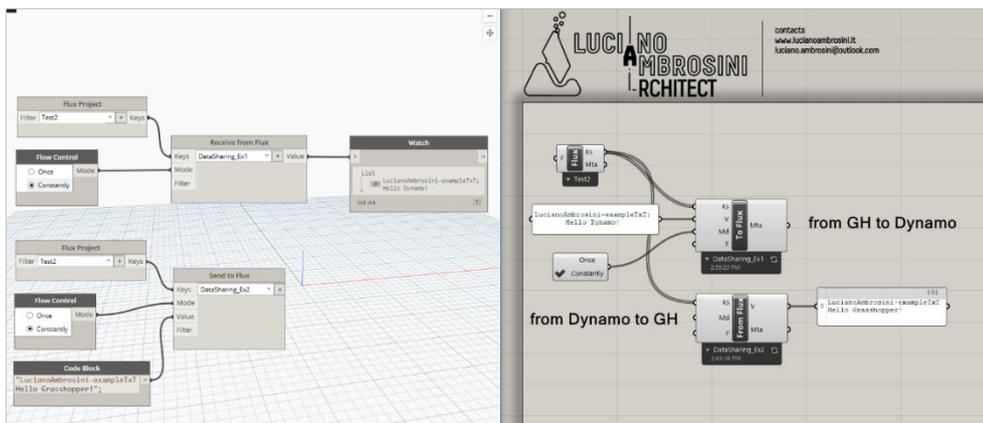


Fig. 48: Esempio di data sharing (stringa di testo) tra le piattaforme di VPL Dynamo (sinistra) e Grasshopper (destra)

BUROHAPPOLD, dunque, ha beneficiato dei vantaggi offerti dalla piattaforma *cloud* appena citata integrando molteplici strumenti digitali al fine di migliorare e ottimizzare il proprio flusso di lavoro. Si riporta in Fig. 49 il diagramma del *workflow* che la società di ingegneria ha adottato per la realizzazione della geometria della *grid shell* ARTIC.

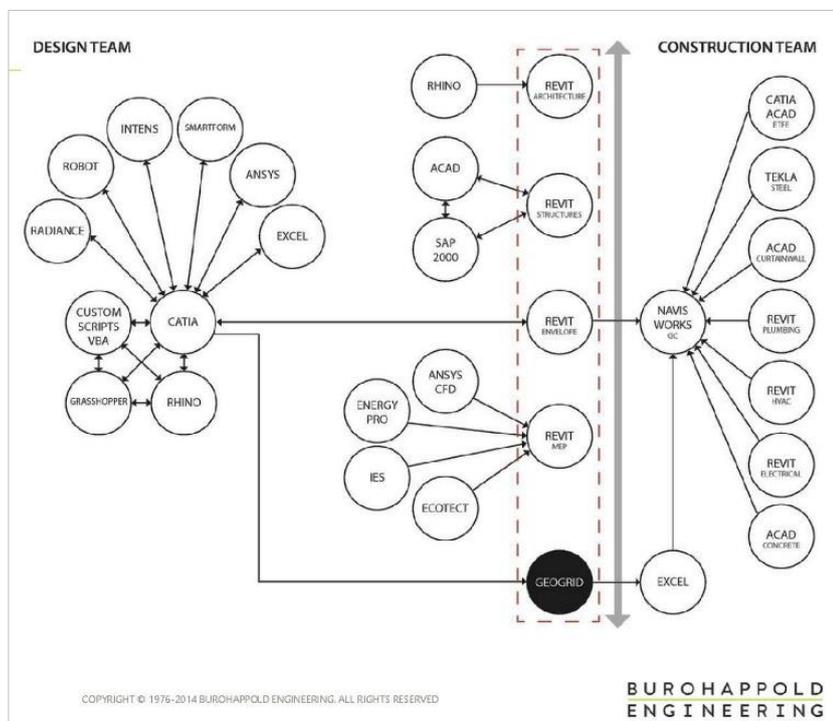


Fig. 49: ARTIC data integration - BuroHappold workflow (per gentile concessione di A. Buckley)

Osservando il diagramma si intuisce immediatamente la distinzione dei ruoli e delle competenze nel *teamwork* di HAPPOLD. La produzione del “modello federato” è delegato al *construction team* e, come accadeva per il team ZHA (vedi Fig. 32), la gestione ed il coordinamento tra i diversi comparti tecnici (architettura, impianti e strutture) è strumentalmente realizzata tramite Autodesk Navisworks. Altra osservazione interessante è l'enorme richiesta di competenze diversificate e di strumenti digitali adoperati dal *design team*. In pratica l'ambiente di sviluppo digitale si articola attorno a più *software* quali CATIA, Rhinoceros, Grasshopper e un definito numero di *custom script* in VBA (Visual Basic for Applications, sostanzialmente *subroutine* e funzioni). Inoltre, a differenza delle azioni di razionalizzazione della forma eseguite dal team ZHA, il gruppo HAPPOLD integra uno studio delle condizioni di ottimo sia in *pre-process* che in *post-process*. Infine, si constata come l'oggetto “Geogrid” sia trasferito al comparto costruttivo attraverso un'operazione di *scheduling* (produzione di tabelle e fogli di calcolo) attraverso semplici *files* Excel che “in-formano” il modello esecutivo.

HAPPOLD reinterpreta il “luogo del progetto” secondo una visione innovativa dei processi non come mera digitalizzazione ma, piuttosto, come sostanziale trasformazione

culturale che passa attraverso un medium, il BIM (*management*), che veicola i flussi di lavoro integrati trasformandoli in paradigmi processuali (Fig. 50).

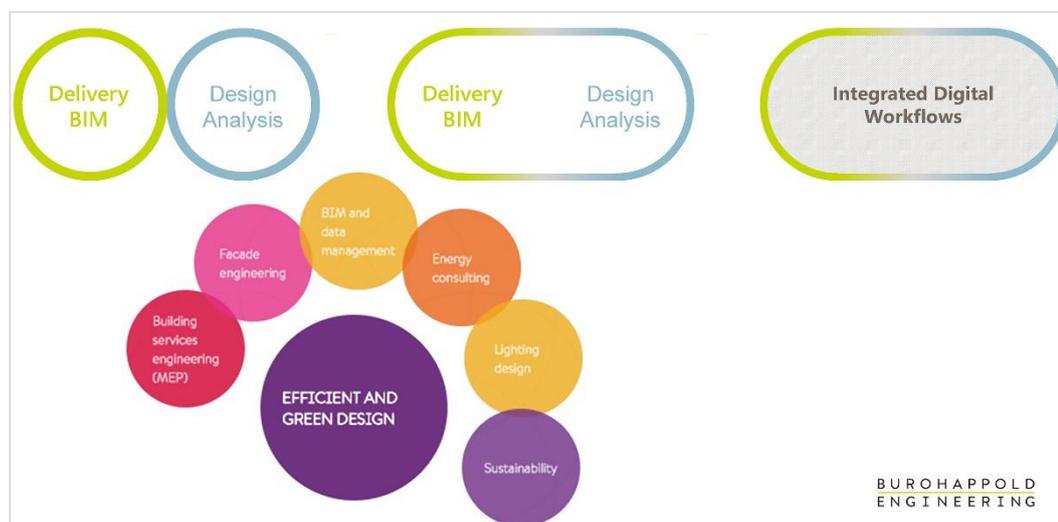


Fig. 50: BuroHappold - integrated Digital Workflows (per gentile concessione di A. Buckley)

Gli autori OLSEN e MACNAMARA descrivono quanto sia stato complicato per il *team* HAPPOLD razionalizzare il Sistema strutturale e le due pareti di acciaio-vetro a sezione parabolica poste frontalmente e posteriormente alla *grid shell* ARTIC. Operazione possibile grazie agli esperti di *computational design* che hanno integrato applicativi *custom* in grado di interoperare con CATIA, Grasshopper, Excel e Robot¹³⁸, lavoro che si è protratto per 6 settimane. Uno scambio intenso di direttive e dati tra le compagini HOK, BUROHAPPOLD e THORNTON TOMASETTI si è dimostrato necessario per definire i nodi delle facciate (normali al sistema strutturale imposto da HOK) nonché per la collocazione spaziale¹³⁹ dei pannelli in ETFE (Fig. 52 e Fig. 52).

¹³⁸ Autodesk Robot è un software avanzato di analisi strutturale in grado di testare gli effetti dei carichi strutturali e verificarne la loro compatibilità col modello BIM.

¹³⁹ Produzione delle coordinate spaziali che identificano univocamente la collocazione dei pannelli in ETFE rispetto alla struttura in acciaio.

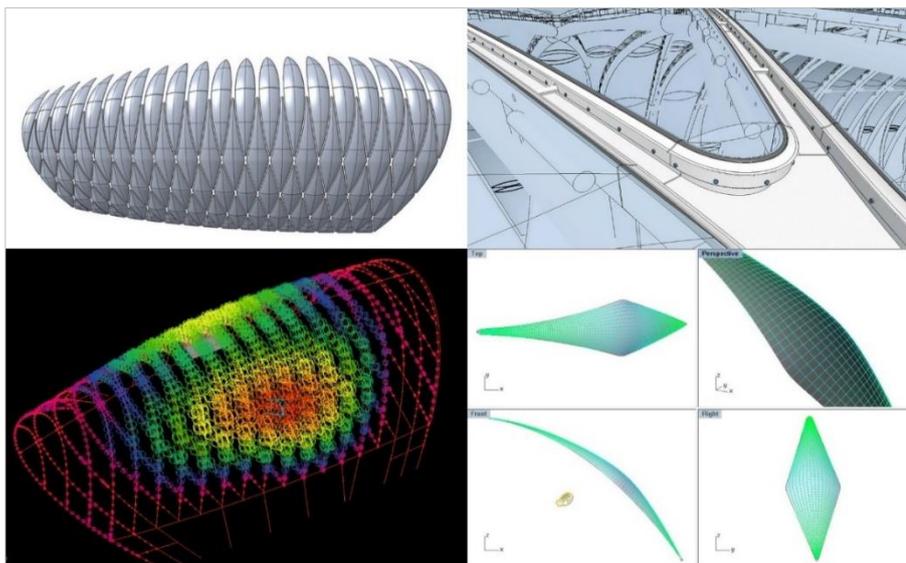


Fig. 51: Sistema ARTIC roof e pannello ETFE (fonte burohappold.com)

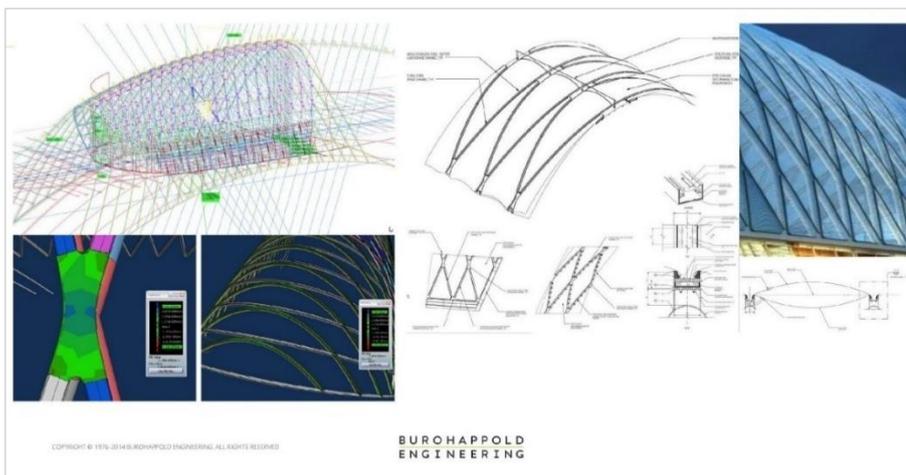


Fig. 52: ARTIC custom automation e il sistema nodo strutturale (per gentile concessione di A. Buckley)

In Fig. 51 (in basso a sinistra) è riportata una “mappa con gradiente” elaborata dall’*associate and senior engineer* Stephen LEWIS di BUROHAPPOLD, generata mediante algoritmo di Grasshopper per tenere traccia del modulo di deflessione dei pannelli dovuta ai carichi da vento impattanti sulle superfici dei moduli in ETFE. Lo stesso LEWIS riporta che la resa visuale (*data visualisation*) dei casi di carico critico, analizzati dallo studio TOMASETTI, ha consentito un efficientamento globale dell’analisi olistica eseguita sulla *grid shell*.

In ultima istanza l’intero processo si è concluso nella produzione della documentazione tecnica cartacea (commessa parzialmente *paper-based*) mediante piattaforma BIM Revit che, considerato il complesso lavoro svolto sulla Geogrid ARTIC, si è condensata in circa 35 pagine di tabelle tecniche riportanti le esatte coordinate (x, y, z) di ogni singolo pannello in ETFE (Fig. 53).

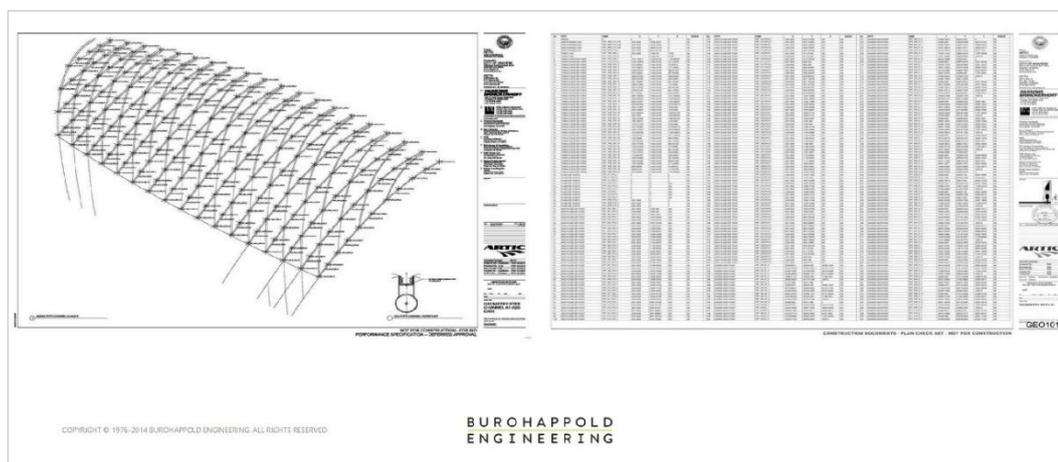


Fig. 53: ARTIC scheduling (per gentile concessione di A. Buckley)

A chiusura di questo secondo caso analizzato si riportano le parole di Greg OTTO raccolte nell’intervista di OLSEN e MACNAMARA:

«It’s not an easy building. The world is now so complex—it’s beyond an individual. The notion of the Beaux Arts architect with his cape and beret barking orders is an obsolete model. There are a lot of experts at the table and the challenge is how you get them to come together. Obviously, the digital prototype is probably the best because it’s the way you get all that knowledge mashed up into something that forces collaboration and coordination. But being able to communicate with other people is key . . . In order to do this project right, you really had to have a view about what great design is, the total value for the project and how to achieve it. So it was the cross-disciplinary boundaries that mattered . . . You have to be bigger than your own silo»¹⁴⁰

dalle parole di OTTO si percepisce un profondo rispetto per quella visione di insieme albertiana che egli persegue nella progettazione dell’opera attraverso azioni ben concertate per ogni disciplina tecnica coinvolta nel processo costruttivo.

A testimonianza della diffusione di una pratica professionale fondata su flussi di lavoro appena descritti si riporta, a titolo dimostrativo, la metodologia che lo studio internazionale di progettazione ed ingegnerizzazione NIKKEN SEKKEI adopera nell’ambito della progettazione e costruzione integrata basata sul modello interoperativo BIM. Lo schema in Fig. 54 mostra, come per i casi studio trattati, un uso diversificato e intenso di strumentazioni e piattaforme informatiche in grado di gestire la complessità costruttiva e progettuale dei servizi integrati offerti dalla NIKKEN. Il flusso di lavoro dello Studio è sperimentato già dal 2014 mediante la piattaforma BIM Archicad (dalla versione 17) per la gestione degli aspetti costruttivi e della progettazione integrata.

¹⁴⁰ Op.cit.

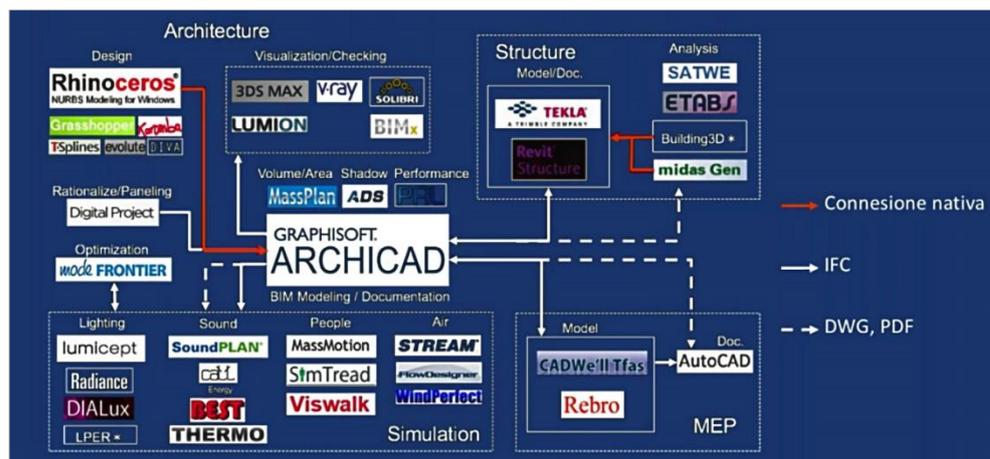


Fig. 54: Flusso di lavoro OpenBIM dello Studio Nikken Sekkei (fonte <http://www.nikken.co.jp>)

Lo studio giapponese ha sottoscritto una vantaggiosa *partnership* con la *Software House* GRAPHISOFT, come racconta¹⁴¹ Mr. Tomohiko YAMANASHI, (Yamanashi-san) *executive officer* e principale della NIKKEN SEKKEI di Tokyo, sottolineando, inoltre, che la metà degli impiegati presso gli studi sparsi per il globo (circa 2400 professionisti) sono perlopiù architetti.

Osservando il diagramma in specifici comparti tecnici si evince la presenza delle piattaforme informatiche citate ed impiegate nel presente contributo definendone, in tal modo, una linea operativa e strumentale consolidata e riconosciuta da molteplici realtà professionali internazionali. Emerge in ciascuna di esse (ZHA, HOK etc.) una costante propensione alla customizzazione del processo attraverso l'uso di strumenti digitali programmabili, ad esempio, per la NIKKEN SEKKEI la piattaforma *Midas Gen* ne rappresenta un fulgido esempio (Fig. 54).

¹⁴¹ Cfr. [accesso web link 17/05/2018] <https://architosh.com/2014/04/focus-visiting-nikken-sekkei-and-discussing-bim-and-graphisoft/>

CAPITOLO 3

APPLE IOS DEVELOPER ACADEMY L’INNOVAZIONE TRA ALGORITHMIC DESIGN E BUILDING INFORMATION MODELLING

3.1 Caso applicativo: inquadramento generale

Nell’ottica della filosofia progettuale descritta nei casi studio precedentemente trattati, si è deciso di illustrare come approfondimento sperimentale, in questa seconda parte del percorso di ricerca, l’esperienza collaborativa e di consulenza relativa alla realizzazione delle aree laboratoriali e collettive della *Apple iOS Developer Academy* di San Giovanni a Teduccio in Napoli.

L’esperienza progettuale fa riferimento al contratto di cooperazione scientifica e tecnologica stipulato tra *Apple International Distribution* e l’Università di Napoli “Federico II” attraverso la consulenza progettuale tecnologica fornita dal DiARC¹⁴² (Dipartimento di Architettura). Nell’ottica della tesi sviluppata assume un’importante significato inquadrare le problematiche progettuali (quelle riscontrate e per le quali è stato richiesto un parere tecnico-progettuale) in una *vision* di digitalizzazione dei processi grazie alla quale, in via consultiva, sono state fornite indicazioni di metodo-processo in condivisione con l’ufficio tecnico-amministrativo di Ateneo che ha gestito e bandito il concorso pubblico per la realizzazione dell’Academy.

Per chiarezza espositiva bisogna fare alcune dovute precisazioni sul significato degli obiettivi e delle finalità relative alla gestione dell’intero processo progettuale dell’Academy che non sono strettamente legate agli esiti formali scaturiti dalla presente ricerca. L’esito formale auspicato, piuttosto, vuole soffermarsi sulle possibilità e peculiarità che la contemporaneità tecnologica e strumentale è in grado di offrire alla pratica professionale tanto quanto alla dimensione scientifico-operativa nella ricerca in architettura.

Per **obiettivi** si intende lo svolgimento di *Tasks Execution* (TE), ovvero, specifici compiti progettuali da “risolvere” operativamente prefigurando la fase esecutiva. L’uso della definizione “TE” è volontariamente adoperato per sottolineare lo stretto legame che sussiste tra la definizione di un problema dato e la sua risoluzione in termini temporali

¹⁴² Comitato tecnico-organizzativo in quota DiARC è costituito dai proff. Mario R. Losasso, Sergio Russo Ermolli e dall’arch. Luciano Ambrosini.

piuttosto ristretti – condizione imposta dall'impresa esecutrice – ma anche all'introduzione di elementi innovativi di processo nell'affrontare una *task* specifica.

Per **finalità** si intende lo sviluppo di un percorso progettuale che possa diventare “strumento” attraverso un approccio algoritmico e parametrico al progetto di architettura non più da intendersi come semplice “prodotto” ma, bensì, come “prodotto dinamico” – fondato su principi di flessibilità culturale e di interoperabilità strumentale.

Obiettivi e finalità attraverso le quali si intendono gettare le basi per un ampliamento della visione del campo di ricerca secondo quelle logiche *multi-infra-trans* disciplinari verso cui l'*information modelling* e, ancor di più la logica *industry 4.0*, sta già protendendo. Queste precisazioni saranno oggetto di riflessione nella terza ed ultima parte del presente lavoro.

3.1.1 Descrizione delle Tasks Execution (TE)

Il caso applicativo è stato affrontato su due differenti piani operativi ed entrambi hanno previsto la risoluzione progettuale di differenti TE che hanno interessato in prima istanza, l'organizzazione geometrico-spaziale del laboratorio “pilota” realizzato sul secondo livello dell'edificio L1 del Polo Scientifico di San Giovanni a Teduccio e, in seconda istanza, la realizzazione del *open space* destinato agli spazi laboratoriali e collettivi sull'intero terzo livello che ha interessato gli edifici L1 ed L2 (Fig. 55).

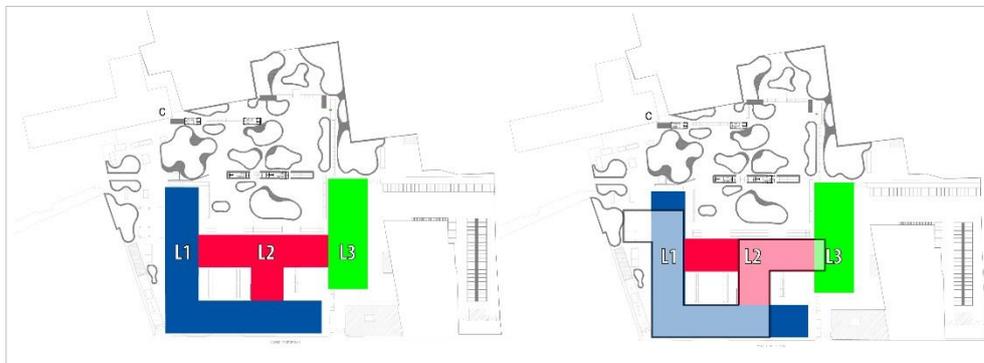


Fig. 55: Schema dell'edificato del Polo Scientifico Universitario di San Giovanni a Teduccio

Si riportano in chiaro le TE per cui è stato attivato il rapporto di consulenza col DiARC:

- A) Realizzazione di un “laboratorio pilota” per ospitare i primi 100 studenti della Apple Academy (inizio lavori giugno 2016 - consegna ottobre 2016). Trasferimento dell'esperienza progettuale al terzo livello del Polo Scientifico secondo una configurazione *open space* (inizio lavori marzo 2017 - consegna settembre 2017);

- B) Progettazione di un’area principale laboratoriale-collettiva destinata a conferenze e presentazione dei progetti digitali degli studenti – “main classroom”;
- C) Dotazione dell’area laboratoriale di supporti speciali di tipo analogico-digitali - “totem” - per la didattica innovativa;
- D) Prevedere inserti tipo *stickers* da apporre agli elementi di separazione tra specifiche aree laboratoriali e collettive;

L’esecuzione delle singole *task* è avvenuta attraverso un approccio metodologico che ha costantemente rivolto l’attenzione ai principi di digitalizzazione dei processi e di potenziamento della struttura informativa – *dataset* – del progetto digitale.

Attraverso l’impiego di strumentazioni IT, basate su piattaforme VPL (Grasshopper e Dynamo) e simultaneamente piattaforma Revit, si è data testimonianza della profondità e flessibilità della filosofia BIM articolando diverse procedure di interoperabilità strumentali all’interno del flusso di lavoro sperimentato. L’esecuzione delle TE ha prodotto importanti linee guida e documentazioni progettuali a supporto della fase di gestione del processo costruttivo, *construction management*, degli interventi programmati dall’ufficio tecnico.

Seguiranno gli approfondimenti delle singole *tasks execution* come contributo originale e sperimentale relativo al caso applicativo.

3.2 Task Execution A: Esperienza d’uso di spazi e dotazioni del secondo livello e sviluppo di un modello di conoscenza digitale e semi-interattivo

La realizzazione del laboratorio “pilota” al secondo livello¹⁴³ ha rappresentato un banco di prova per testare il funzionamento e l’apprezzamento delle prime scelte progettuali effettuate dall’ufficio tecnico di Ateneo coadiuvate dal supporto progettuale del DiARC. Le scelte progettuali avallate in questa prima fase di concepimento dell’Academy sono state il frutto di numerosi *briefing* tra i diversi attori coinvolti. Il coordinamento progettuale tra DiARC, Università “Federico II” ed Apple è avvenuto a più riprese tra il professore arch. Sergio Russo Ermolli, Lisa Jackson e l’ufficio tecnico di Ateneo. I documenti realizzati dall’autore riportati in Fig. 55 e Fig. 56 raffigurano gli esiti di suddetti incontri:

¹⁴³ Il primo briefing del gruppo di lavoro DiARC è avvenuto il 20 giugno 2016.

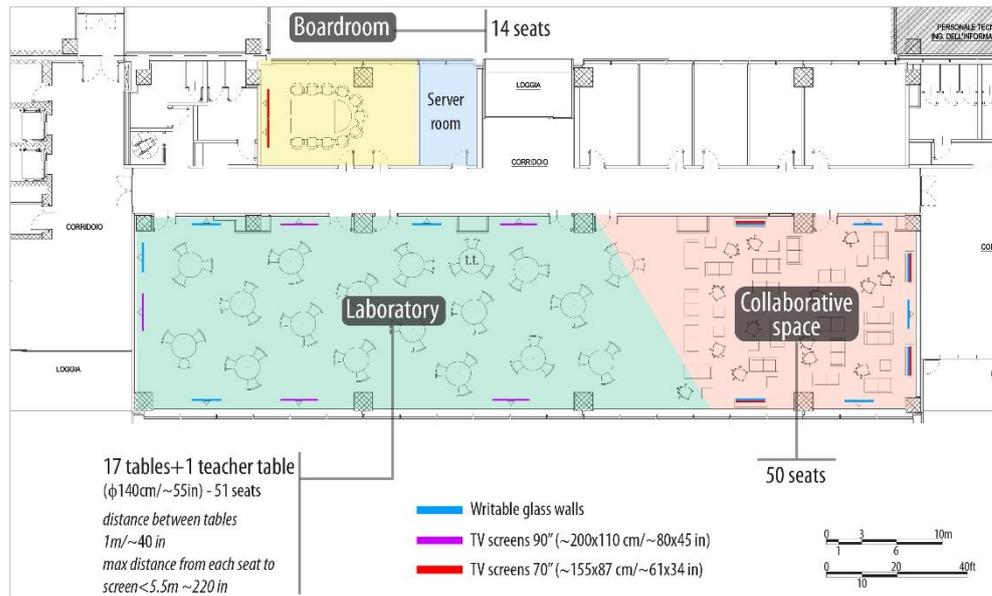


Fig. 56: Settlement Apple - temporary space 2nd floor. Laboratorio e area collaborativa (primo studio)



Fig. 57: Settlement Apple - temporary space 2nd floor. Laboratorio e area collaborative (studio finale)

All'interno di una superficie complessiva di circa 460 m² sono state definite 21 postazioni (*workstation*) con un numero sufficiente di TV screen e lavagne, quest'ultime definite *writable glass walls*; parimenti si è definita un'area collaborativa caratterizzata da sedute informali e dispositivi analogico-digitali definiti *totem*. L'area destinata al coordinamento dei tutors, *boardroom*, è stata invece caratterizzata da sedute formali e da ampi *desktop*.

Gli aspetti acustici inerenti alla corretta diffusione dei suoni all'interno dell'area laboratoriale e collaborativa, nonché della *boardroom*, è stata affidata al professore ing.

Rosario Aniello Romano¹⁴⁴ con cui il gruppo di lavoro DiARC ha costantemente collaborato soprattutto per la realizzazione degli spazi dell’Accademy al terzo livello dell’edificio universitario. Il modello tridimensionale elaborato ha prodotto le seguenti viste renderizzate a supporto della comunicazione progettuale:



Fig. 58: Vista render dell’area collaborativa (2nd floor) – progetto pilota



Fig. 59: Vista render dell’area collaborativa e laboratoriale (2nd floor) – progetto pilota

¹⁴⁴ Professore associato presso il Dipartimento di Ingegneria dell’Università degli Studi di Napoli “Federico II” ed è titolare degli insegnamenti di Fisica Tecnica ed Acustica Applicata.



Fig. 60: Vista render laboratorio (2nd floor) – progetto pilota



Fig. 61: Vista render della boardroom (2nd floor) – progetto pilota

Gli spazi pilota progettati sono diventati operativi a partire dall'ottobre 2016 ospitando i primi 100 studenti iscritti alla Apple iOS Developer Academy. Ai fini del presente contributo risulta, tuttavia, molto interessante il percorso metodologico che ha portato ad una attenta e ulteriore analisi-valutazione delle scelte progettuali avallate.

3.2.1 *Data mining: questionario esperienziale – obiettivi e strategie*

Con il termine anglosassone *data mining* si vuole indicare un “processo di estrazione della conoscenza da database di dati” (*Knowledge Discovery in Database – KDD*¹⁴⁵), in particolare FAYYAD e gli altri autori definiscono come KDD:

«nontrivial process of identifying valid, novel, potentially useful, and ultimately understandable patterns in data»

Operativamente rappresenta l’applicazione di algoritmi per estrarre sequenze informative (*pattern*) da dati come può essere la tradizionale operazione di fornire una opportuna interpretazione dei risultati di una conoscenza incorporata a priori. Nel caso specifico il mezzo di acquisizione di informazioni è rappresentato dalla redazione di un questionario elaborato *ad hoc* e somministrato a studenti ed insegnanti mediante piattaforma di *web survey*.

Prima di procedere con la descrizione del flusso di lavoro adoperato risulta essenziale chiarire ancora alcuni aspetti operativi sul *data mining*. Innanzitutto, per fugare derive disciplinari e restare saldamente ancorati sul percorso progettuale tracciato dalla presente ricerca, va sottolineato che l’approccio al *data mining* può essere di tipo induttivo (*discovery-driven*) o deduttivo (*verification-driven*). Così riporta la ricercatrice Gabriella MILONE studiosa di statistica¹⁴⁶:

- *discovery-driven* (nda) - un’induzione di tipo *Bottom-Up* (dal basso verso l’alto), ovvero sulla base di un’analisi “attiva”, in cui i dati stessi suggeriscono possibili ipotesi sul significato del loro contenuto. Si tratta di individuare fatti, relazioni, tendenze, pattern, associazioni, eccezioni e anomalie, che sfuggono all’analisi manuale;
- *verification-driven* (nda) - un’induzione di tipo *Top-Down* (dall’alto verso il basso), ovvero sulla base di un’analisi “passiva”, atta a verificare se un certo modello (ipotesi) è coerente con i dati a disposizione. L’ipotesi o il modello sono formulati dall’utente sulla base della sua esperienza e sono verificate mediante inferenza statistica o mediante estrazione di informazioni dal database, mediante interrogazione della base dei dati (*query language*).

L’approccio seguito è stato quello di tipo *verification-driven* a partire dalle risposte fornite al questionario da studenti e insegnanti cercando di giungere, alla fine del processo, ad una interpretazione dei risultati utili ed alla loro rappresentazione visuale. Dunque,

¹⁴⁵ Fayyad, U.M., Haussler, D. e Stolorz, Z., (1996). *KDD for Science Data Analysis; Issues and Examples*. Proc. 2nd Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96), Menlo Park, CA: AAAI Press.

¹⁴⁶ Milone G., (2007). Tesi di dottorato in statistica: *Temporal Data Mining - tecniche e algoritmi di clustering*. Università di Napoli “Federico II”, pp. 29,30.

il processo di reperimento dati da strutturare in flusso informativo utile alla progettazione dell'*open space* del terzo livello ha previsto:

- *Definizione di un modello sperimentale “tipo questionario”* per acquisizione diretta di *feedback-utenza* in riferimento agli aspetti di design, dotazioni e servizi offerti;
- *Trasposizione a livello tecnico dei feedback collezionati*, per la costruzione di un *dataset* informativo come base di conoscenza per operazioni future di *post evaluation*;
- *Definizione di un modello digitale per analizzare e comprendere le informazioni acquisite* al fine di orientare e rimodulare la proposta progettuale per le aree di insediamento definitive della Apple;

Definire un *modello sperimentale “tipo questionario”* che possa restituire informazioni utili in grado di veicolare e, dove necessario, rettificare le scelte progettuali proposte per l'*open space* definitivo, ha previsto l'articolazione dei principi fondanti della progettazione esigenziale-prestazionale¹⁴⁷ alla base della progettazione tecnologica.

Si è individuato all'interno della norma UNI 8289:1981¹⁴⁸ sei delle sette classi esigenziali a partire dalle quali sono stati selezionati specifici requisiti rispetto ai quali porre degli interrogativi ben specifici e facilmente “rintracciabili” in termini di risposta all'uso da parte dell'utenza finale. Le classi esigenziali individuate sono: *sicurezza, benessere, fruibilità, aspetto, integrabilità e gestione*. L'esclusione della *salvaguardia dell'ambiente* è determinata dalla inclusione naturale di tale classe all'interno dei principi e processi di produzione dei beni prodotti e collocati all'interno degli spazi dell'Academy – l'inclusione di quest'ultima avrebbe alterato negativamente l'esito della raccolta del pacchetto informativo esperienziale. Di seguito le classi di esigenza ed i relativi requisiti selezionati:

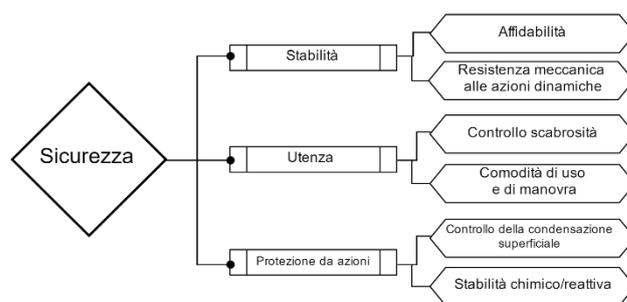


Fig. 62: Classe esigenziale sicurezza e relativi requisiti selezionati

¹⁴⁷ La bibliografia scientifica contemporanea identifica tale approccio col termine anglosassone “performance based” e “performance oriented”.

¹⁴⁸ UNI 8289 del 1981 – tra gli scopi di tale norma si annovera la necessità di definire il quadro di riferimento di quelle esigenze dell'utenza finale che, opportunamente trasposte, identificano requisiti e/o sistemi di requisiti.

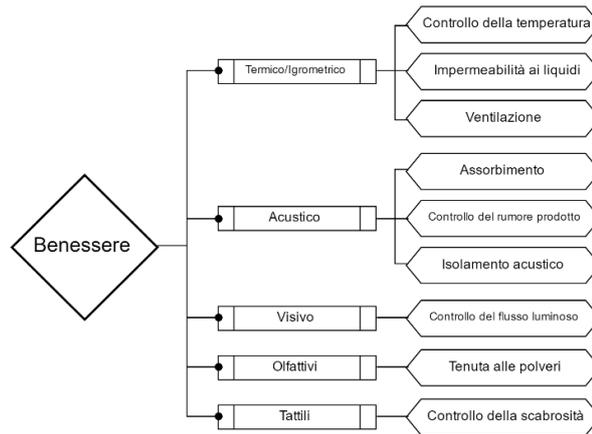


Fig. 63: Classe esigenziale benessere e relativi requisiti selezionati

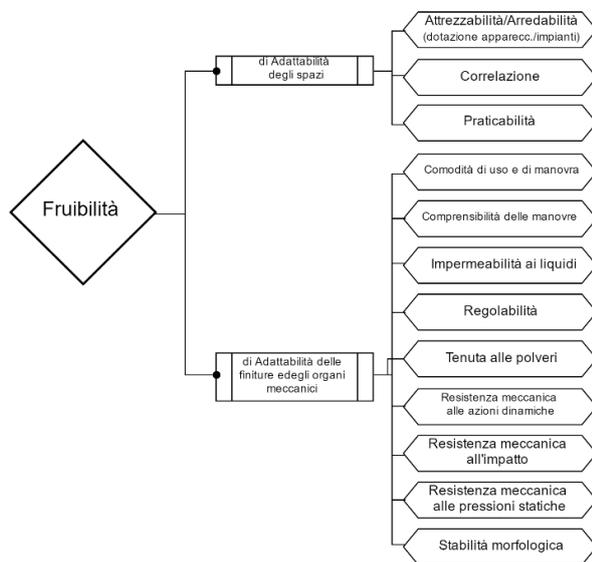


Fig. 64: Classe esigenziale fruibilità e relativi requisiti selezionati

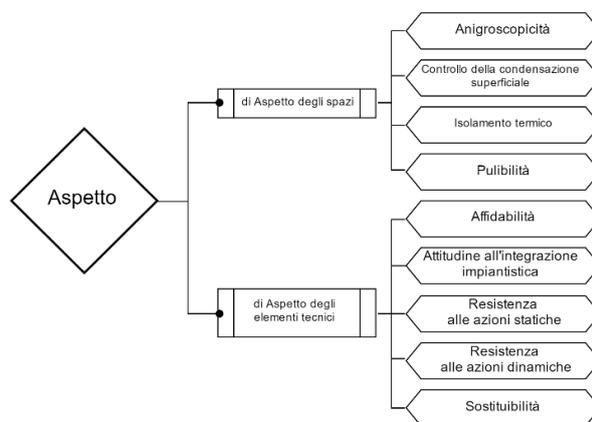


Fig. 65: Classe esigenziale aspetto e relativi requisiti selezionati



Fig. 66: Classe esigenziale integrabilità e relativi requisiti selezionati

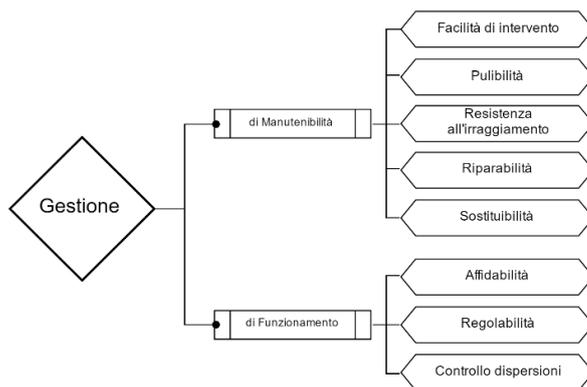


Fig. 67: Classe esigenziale gestione e relativi requisiti selezionati

La selezione di requisiti specifici è scaturita dalla necessità di individuare una serie di “parametri” facilmente associabili alle caratteristiche funzionali e formali di oggetti di arredo previsti in fase progettuale nonché facilmente riconducibili ad un principio di valutazione funzionale di specifiche “unità operative”.

In questa sede per unità operative si intende fundamentalmente l’area laboratoriale e l’area collaborativa che, nella maggior parte delle configurazioni spaziali di progetto sono spesso complementari (l’una pertinenza dell’altra). All’interno di tali unità sono stati individuati gli elementi, a loro volta, caratterizzanti le postazioni di lavoro/studio nonché determinanti per gli spazi di collaborazione/relax (vedi Fig. 68 e Fig. 69).

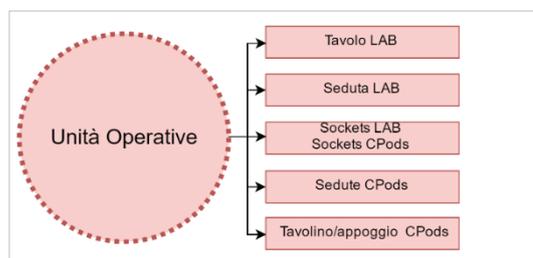


Fig. 68: L’insieme delle unità operative è costituito da laboratorio e lo spazio collaborativo di pertinenza. In figura si riportano gli elementi caratterizzanti di entrambe le unità operative

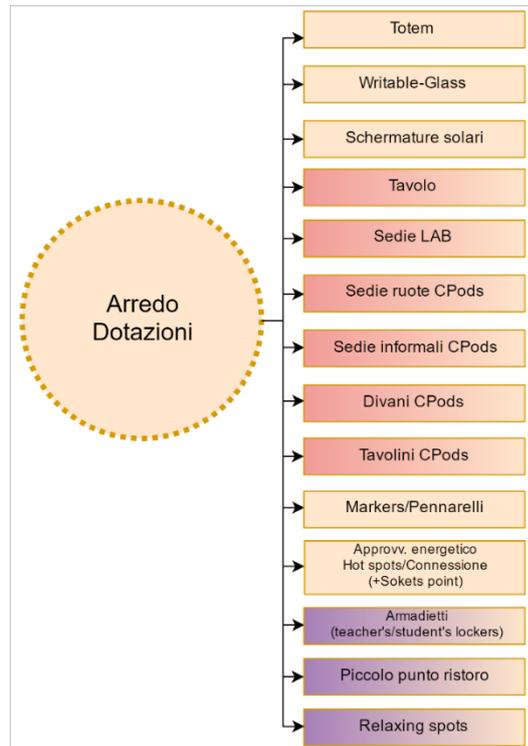


Fig. 69: Elementi che caratterizzano l'unità operative (elementi di arredo o dotazioni specifiche)

L'obiettivo finale prevede la possibilità di collezionare sistematicamente all'interno di un foglio di calcolo tutti i *feedback* dell'utenza in grado di delineare in maniera semplice e concisa gli elementi apprezzati (funzionanti) e quelli meno apprezzati di modo tale da rimodulare la proposta progettuale prevista al terzo livello - *open space*.

L'articolazione del questionario-tipo avrebbe dovuto prendere in considerazione anche i *feedback* relativi agli aspetti emozionali e motivazionali all'interno dell'Academy (Fig. 70). Quest'ultimo aspetto non è stato direttamente considerato nelle fasi meta-progettuali descritte di seguito.

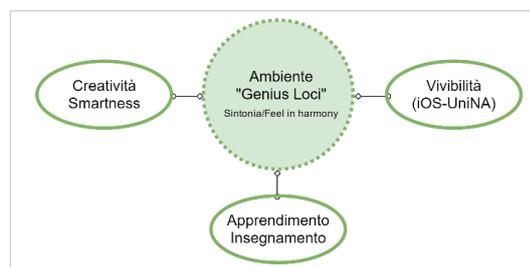


Fig. 70: Influenza dell'Academy rispetto ai temi della creatività, apprendimento e vivibilità

Per poter associare ad ogni risposta un effettivo *link* all'arredo/dotazione rispetto al quale interrogare l'utenza, è stata prevista una codifica per ciascun quesito così da poter risalire immediatamente al requisito tecnologico-ambientale indagato e, dunque, alla classe

di esigenza esaminata. Ad esempio: *Sicurezza* → *primo requisito=S1*; *Fruibilità* → *terzo requisito=F3*, etc.

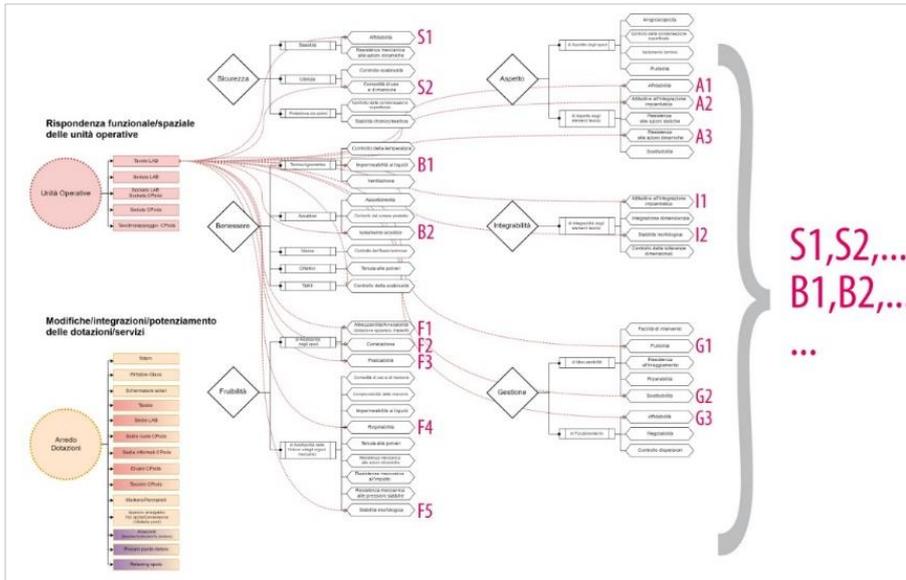


Fig. 71: Codifica dei requisiti principali rispetto ai quali saranno formulati opportuni quesiti a risposta multipla ed aperta

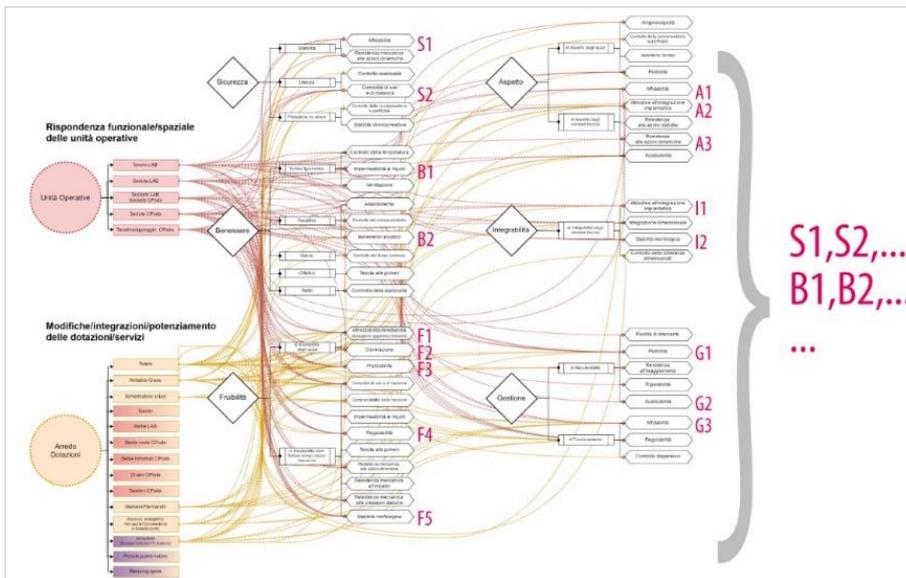


Fig. 72: Diagramma delle correlazioni elemento/dotazione e requisiti progettuali tecnologico-ambientali

Avendo stabilito la correlazione tra elemento e requisito si è proceduti alla costruzione di un questionario in lingua inglese ed italiana da somministrare all'utenza dell'Academy. Successivamente si è proceduto ad una trasposizione del questionario su opportuna piattaforma web per migliorarne la fruibilità e la possibilità di “manipolare” in fase di progettazione algoritmica le informazioni collezionate.

Si riporta di seguito un esempio dei quesiti somministrati all’utenza finale (il questionario completo è riportato in Appendice 1):

Temporary Apple Settlement
Experience survey for STUDENTS (~ 63)

1. Which is your workstation?
Indicate the right number from image

2. How do you evaluate your workstation in relation to the stability of your desk? **S1**

1. Very satisfied
2. Quite satisfied
3. Indifferent
4. Quite unsatisfied
5. Very unsatisfied

Fig. 73: Esempio dei quesiti somministrati agli studenti

La scelta della piattaforma di *web survey* è ricaduta su SurveyMonkey¹⁴⁹, il motivo principale è giustificato dalla presenza di funzioni logiche, dette *jump*, in grado di migliorare l’articolazione logica secondo costrutti selettivi, tipici della programmazione informatica, in grado di produrre “salti logici” al verificarsi o meno di un dato evento previsto (*if then else = if (evento) fai qualcosa else fai altro*).

Esemplificando: se all’utente si chiede se ha mai utilizzato la lavagna (*writable glass wall*) e la risposta risultasse negativa, al medesimo utente non sarà mai chiesto se ha riscontrato problemi di diversa natura nell’uso della lavagna – e così discorrendo per tutti gli elementi oggetto d’indagine.

Un secondo motivo relativo alla scelta dello strumento appena descritto è dato dalla possibilità di personalizzare il formato digitale di output delle risposte collezionate e, infine, alla possibilità di fruizione del questionario da PC, smartphone e tablet.

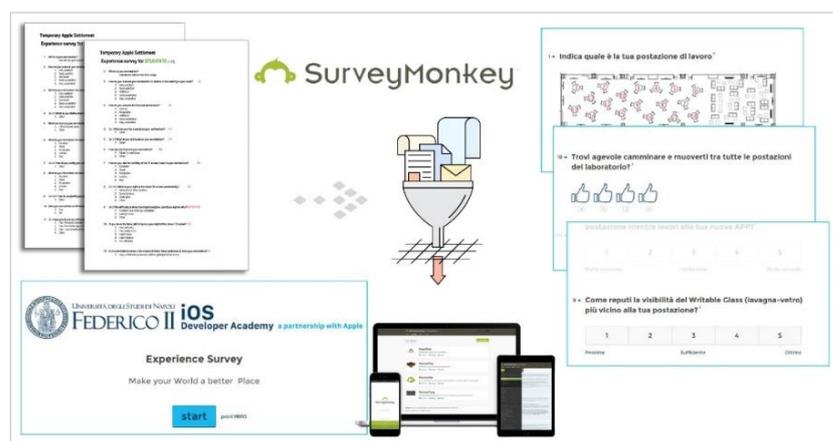


Fig. 74: Potenziamento dell’esperienza d’uso del questionario-tipo mediante piattaforma di web survey

¹⁴⁹ Modelli di indagini on-line [accesso web link 18/06/2017] www.surveymonkey.com

Dal processo di *data mining* si evidenzia un importante aspetto insito nell'approccio algoritmico e parametrico alla progettazione tecnologica, ovvero, la capacità di definizione e gestione del valore espresso dalla cosiddetta “catena informativa” (Fig. 75):

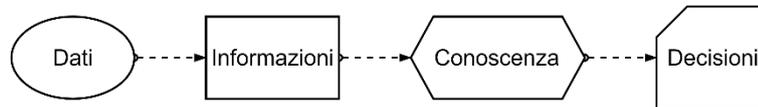


Fig. 75: Catena dell'informazione, dal dato alle decisioni

Avere contezza dell'apprezzamento funzionale delle scelte progettuali espresse in prima battuta durante la realizzazione del laboratorio “pilota”, si è rivelata una operazione in perfetta sintonia con i principi di agevolazione delle fasi di *decision making* per la progettazione degli spazi laboratoriali definitivi (terzo livello del polo universitario). Si riporta di seguito il *workflow* adottato e a seguire l'articolazione dello stesso (Fig. 76).

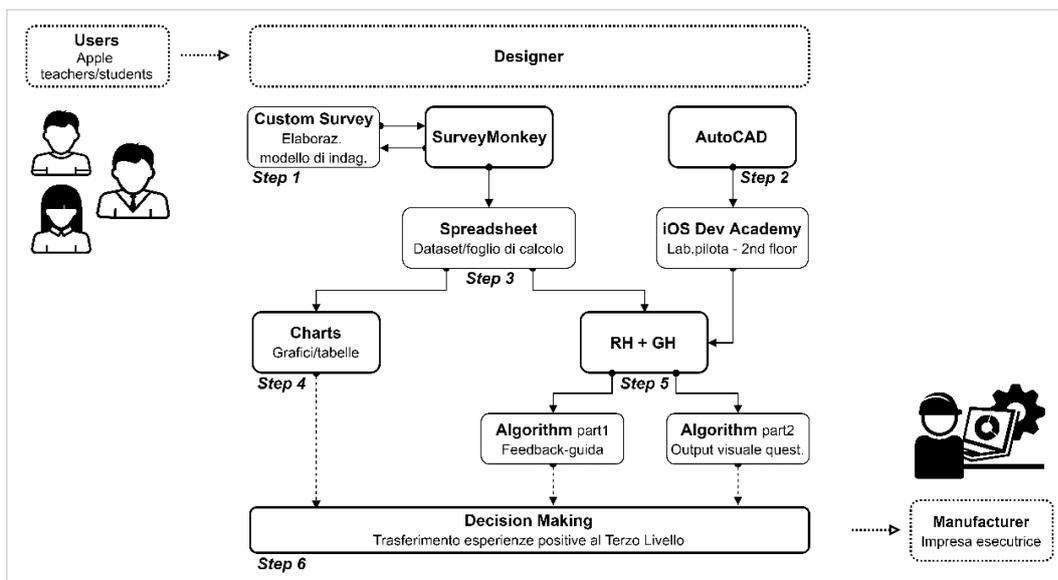


Fig. 76: Diagramma del workflow adottato – dal data mining al decision making

Bisogna chiarire innanzitutto cosa si intende per *modello di conoscenza*¹⁵⁰ *digitale e semi-interattivo* prima di approfondirne gli aspetti tecnici ed operativi come riportato nel diagramma in Fig. 76.

¹⁵⁰ Si definisce ontologia formale, una forma di rappresentazione della conoscenza che descrive il modo in cui diversi schemi vengono combinati in una struttura dati contenente tutte le entità rilevanti e le loro relazioni in un dato dominio. I programmi informatici utilizzano l'ontologia per molteplici scopi, dal ragionamento induttivo alla classificazione fino al *problem solving*.

In un ambiente di modellazione tridimensionale altamente flessibile, come Rhinoceros e Grasshopper, parlare di *modello di conoscenza* implica l’introduzione di algoritmi logico-semantici¹⁵¹ in grado di discretizzare l’insieme delle informazioni contenute nei *feedback* esperienziali raccolti e archiviati in uno *spreadsheet* - foglio di calcolo - mediante il quale implementare il modello informativo digitale.

In data 6 maggio 2017 si è proceduti alla somministrazione del sondaggio a studenti e insegnanti della Apple Academy collezionando rispettivamente 157 e 9 *feedback* dagli intervistati (Step 1 in Fig. 76). Il numero di quesiti sottoposti alla categoria insegnanti e studenti oscilla tra un minimo di 52 ad un massimo di 65, come conseguenza dei *jump* logici innescati dall’utenza.

La piattaforma SurveyMonkey ha permesso di avere una prima lettura e visualizzazione dei risultati attraverso la generazione di *charts* – tabelle e grafici - come riportato in Fig. 77:

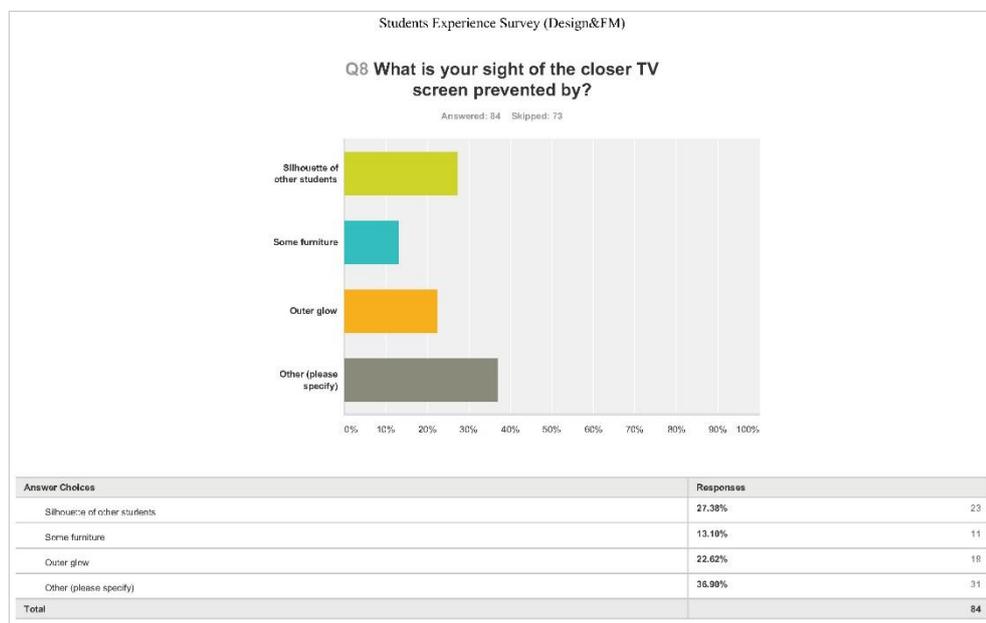


Fig. 77: Grafico tipo prodotto dalla piattaforma SurveyMonkey

I dati raccolti sono stati archiviati e riprodotti all’interno di un foglio di calcolo tipo Excel (Step 3 in Fig. 76) come risulta in Fig. 1Fig. 78 definendo, in questo modo, il *dataset* dal quale si è attinto in fase di progettazione degli algoritmi.

¹⁵¹ Algoritmi costituiti da costrutti selettivi basati sul riconoscimento di stringhe di carattere.

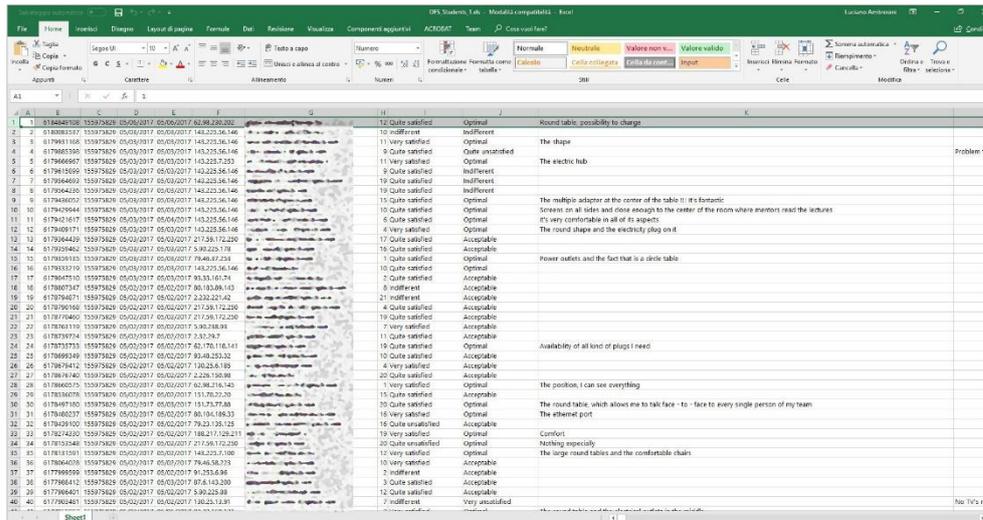


Fig. 78: Schermata del dataset in formato Excel - 157 righe per 63 colonne

Dal diagramma in Fig. 76 lo Step 2 è risultato fondamentale, grazie ai *files* in CAD, per preparare il modello tridimensionale del secondo livello del polo universitario.

Per chiarezza espositiva è bene fare alcune precisazioni sulle finalità dello sviluppo di un modello digitale di conoscenza mediante la progettazione algoritmica e, in particolar modo, della sua effettiva utilità in prospettiva delle scelte progettuali per il terzo livello.

Il sistema di istruzioni contenuto negli algoritmi permette l'integrazione degli output visuali delle informazioni incrementando la cognizione del progettista riguardo i rapporti dimensionali che intercorrono tra gli elementi di arredo/dotazioni e la spazialità del laboratorio. Il secondo aspetto tecnico è quello della *semi-interattività*, ovvero, l'introduzione di "elementi guida" per facilitare il processo di modellazione e disposizione delle postazioni di lavoro e dei TV screen/lavagne. L'interfaccia grafica risulta *semi-interattiva* perché da un lato, il modello digitale funziona da output visuale per le informazioni raccolte, dall'altro, consente di comparare quest'ultime con il modello spaziale costituito dalle postazioni e dai TV screen (il tutto assistito da *feedback guida digitali*¹⁵²). Lo schema visuale, dell'interfaccia utente (UI) elaborata, è riportato di seguito:

¹⁵² I feedback guida digitali rappresentano una sorta di *alert* visuali, algoritmo definito in Grasshopper, collocati nella *viewport* dell'ambiente di modellazione tridimensionale Rhinoceros.

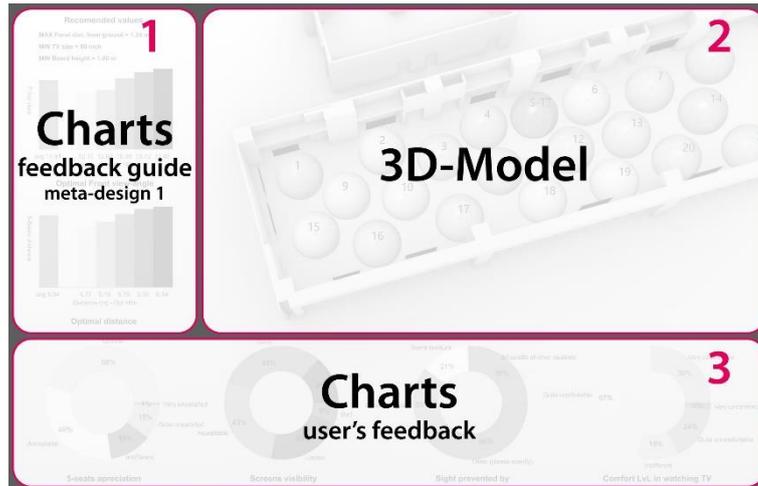


Fig. 79: Schema del modello dell'interfaccia utente (UI) – tipo A

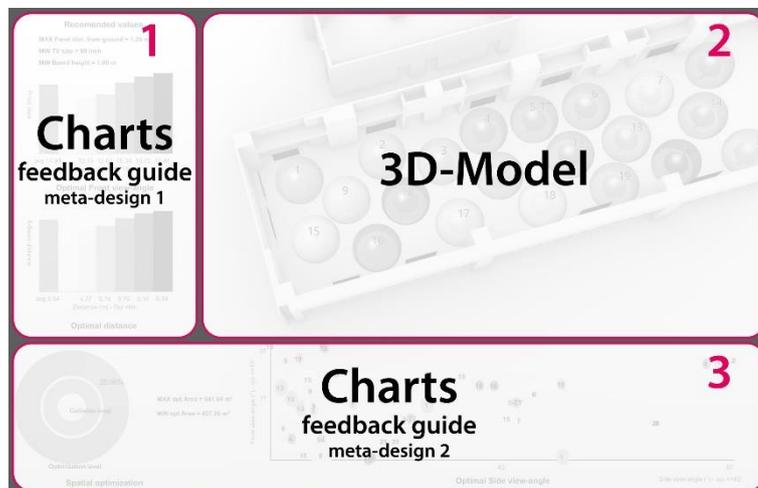


Fig. 80: Schema del modello dell'interfaccia utente (UI) – tipo B

All'interno del *Frame 1* in Fig. 79 e Fig. 80 si riportano alcune informazioni meta-progettuali (*meta-design 1*) che saranno illustrate nel paragrafo seguente e che ritorneranno molto utili in fase di *decision making* (Step 6 in Fig. 76). Il *Frame 2* in entrambe le interfacce è dedicato alla visualizzazione del modello tridimensionale raffigurante il laboratorio pilota nonché alla collocazione delle postazioni di lavoro (*workstation*) e dei Tv screen con le relative lavagne (*writable glass wall*). Il *Frame 3*, dell'interfaccia tipo A, è destinato alla visualizzazione di grafici a torta (*pie charts*) relativi ai *feedback* collezionati tramite questionario esperienziale; invece il medesimo *frame* nell'interfaccia di tipo B mostra ulteriori informazioni meta-progettuali (*meta-design 2*) ad integrazione dell'aspetto informativo del modello digitale.

3.2.2 Codifica e integrazione di informazioni e di best-practices geometrico-spaziali in fase di meta-design

Di seguito è stata riportata la schermata complessiva della definizione algoritmica elaborata tramite piattaforma VPL Grasshopper:

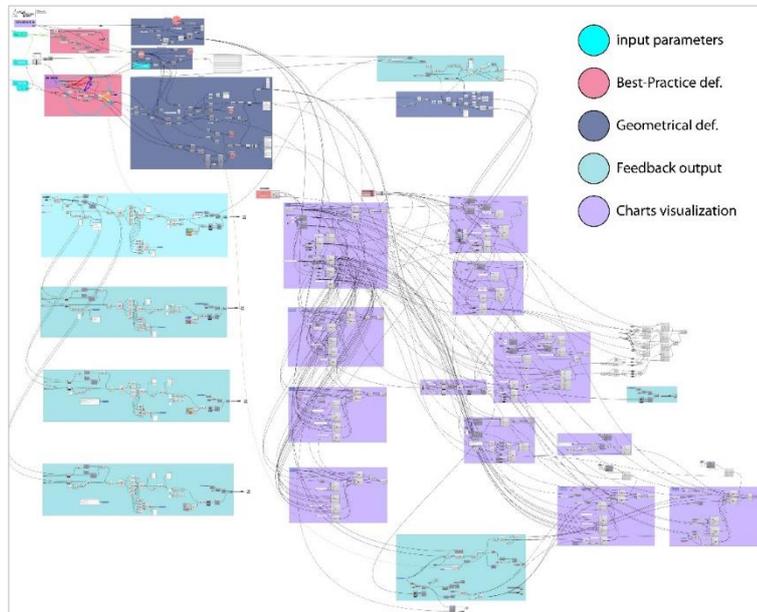


Fig. 81: Definizione di Grasshopper - modello digitale di conoscenza semi-interattivo

Per facilitare la gestione dell'algoritmo si è proceduti con una differenziazione per colore delle diverse funzioni svolte da ciascun "pezzo" di codice. I parametri su cui è possibile agire e per cui si è riprodotto un *feedback guida* sono indicati con il colore ciano; tutti gli altri definiscono intrinsecamente le operazioni di calcolo e rappresentazione dei risultati sovrapponendoli, in *real time*, al modello tridimensionale riprodotto.

In termini di postazione (*workstation*) la dimensione del diametro del tavolo e l'altezza delle sedute dal suolo costituiscono i primi due parametri dinamici dell'algoritmo; in termini di TV screen e lavagne (*writable glass wall*) la dimensione massima del pannello (lato minore) e una distanza arbitraria che definisce il raggio di influenza del TV screen rispetto alle *workstation* intercettate, sono stati considerati come ulteriori parametri dinamici.

I *feedback guida* relativi ai TV screen, e funzione dei parametri su citati, forniscono indicazioni utili in merito a:

1. dimensione ottimale del TV screen (in pollici)
2. posizionamento minimo dal suolo del TV screen per garantire una visione ottimale agli studenti
3. dimensione minima del lato minore della *writable glass wall*
4. distanza media di visione del TV screen

Allo stesso modo:

I *feedback guida* relativi alle *workstation*, e funzione dei parametri su citati, forniscono in *real time* l'effettiva verifica di *best-practice* in merito a:

1. livello di ottimizzazione distributivo-spaziale delle postazioni all'interno dell'area laboratoriale
2. mobilità fisica ottimale tra due o più *workstation* (livello di collisione tra le aree di influenza delle postazioni)
3. visualizzazione del numero di TV screen intercettati dalle singole postazioni
4. angolo visuale frontale e laterale tra postazione e TV screen intercettati

Il principio dal quale si è originato l'algoritmo per il primo gruppo di *guide* si fonda sulle buone pratiche di progettazione delle caratteristiche costruttive delle tribune. I parametri di riferimento sono estratti dalla normativa UNI 9217:1988 e, più precisamente, relative al calcolo della distanza ottimale e del dimensionamento dello schermo in base al tipo di proiezione¹⁵³ (Fig. 82).

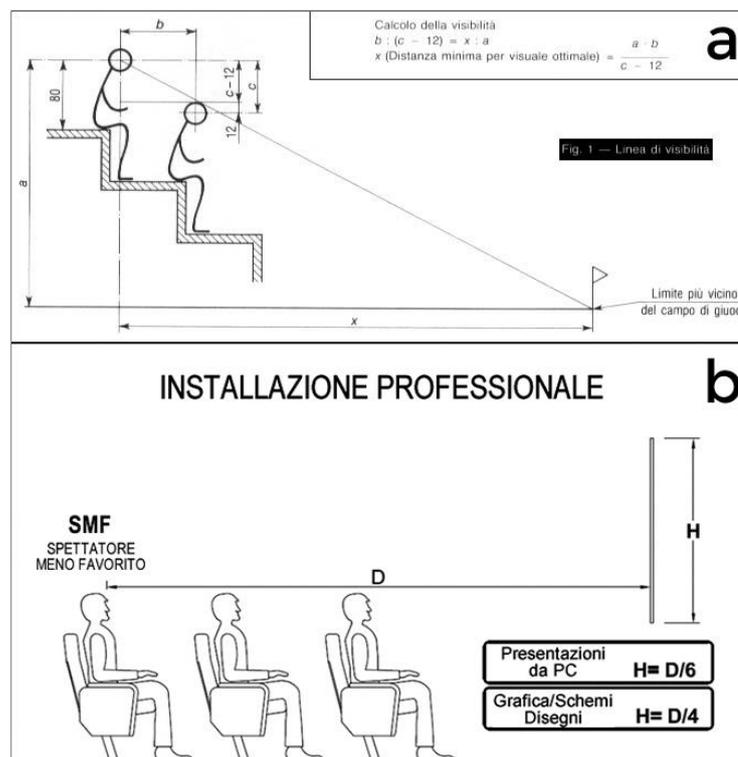


Fig. 82: (a) Estratto tecnico dalla norma UNI 9217:1988;
(b) Schema installazione professionale con regole di predimensionamento

¹⁵³ Buone pratiche di installazione professionale adottate da molti produttori e costruttori di impianti di proiezione – nello specifico tratto da [accesso web link 20/06/2017] <http://www.adeoscreen.com>

Si riporta all'attenzione del lettore che la norma UNI di riferimento è la stessa menzionata dal *senior architect* Vito SIRAGO di ARUP citato nel caso studio della Generali Tower in apertura. Tali principi sono stati adattati e rielaborati per meglio rispondere alle esigenze progettuali così da fornire una risposta di indirizzo ragionevolmente efficace. Con le opportune considerazioni pratiche e gli assunti geometrici adottati si è sviluppato un modello di computazione e rappresentazione geometrica integrandolo nell'algoritmo di Fig. 81 e schematicamente riportato in Fig. 83:

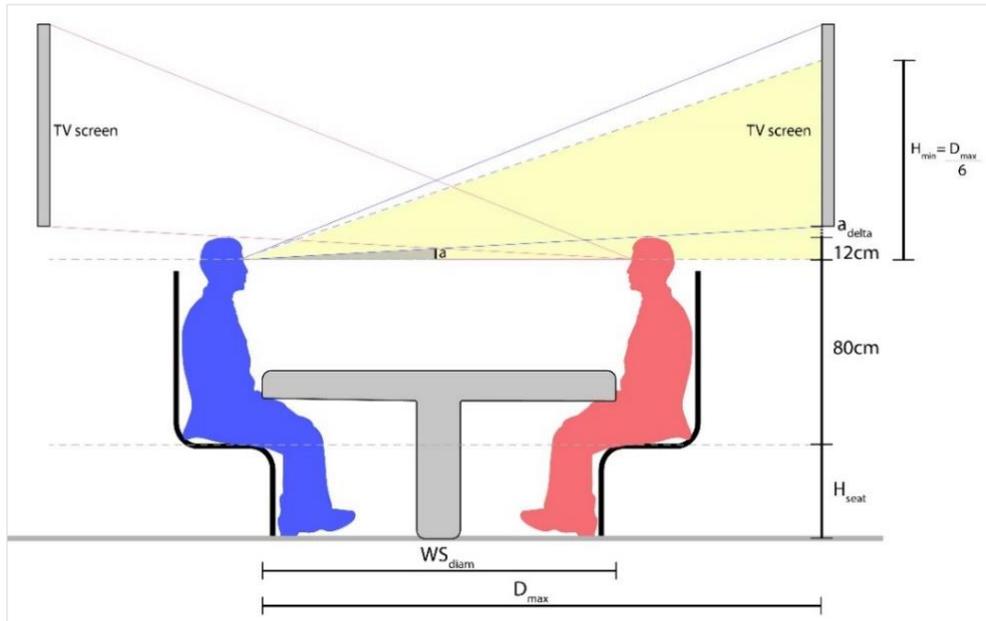


Fig. 83: Schema del modello di computazione e rappresentazione geometrica sviluppato per il primo gruppo di feedback guida

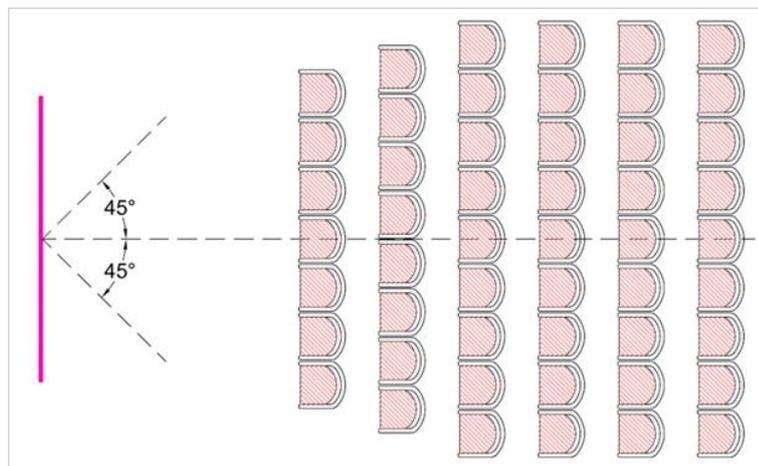


Fig. 84: Visione ottimale laterale entro un angolo di 45° dall'asse di proiezione

Lo schema geometrico riportato in Fig. 83 e Fig. 84 riporta tutti i parametri di input e di calcolo adoperati nella definizione algoritmica di Grasshopper (GH) che, per un

efficace gestione del dato, ha necessitato la programmazione di componenti di GH *ad hoc* in linguaggio informatico Python (Fig. 85).

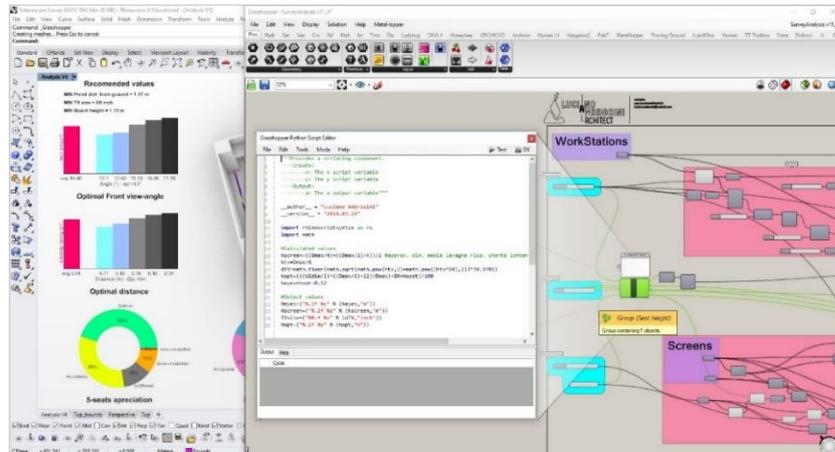


Fig. 85: Scripting in Python per la computazione del modello geometrico elaborato

La dimensione consigliata per il TV screen, espressa in pollici, è determinata dal fattore di forma (*aspect ratio* - AR) del prodotto indicato nell’offerta tecnica dell’impresa esecutrice. Il valore raccomandato è calcolato a partire dalla regola di predimensionamento illustrata in Fig. 82 (b) nonché dalla distanza di visione *workstation*-TV screen.

Il valore minimo di posizionamento dal suolo degli screen è ottenuto dalla somma dei singoli parametri indicati in Fig. 83 (a destra) espressione di dati noti e computati¹⁵⁴. Il parametro “a”, calcolato, corrisponde all’ostruzione visiva frontale teorica tra due utenti-tipo; esso rappresenta un’aliquota “delta” da aggiungere all’equazione complessiva di posizionamento dei TV screen. Seguono le equazioni ottenute dal modello geometrico sviluppato:

$$(a_{\text{delta}})^{155} \quad a = a_{\text{delta}} = \frac{WS_{\text{diam}} \cdot (H_{\text{min}} + 12)}{D_{\text{max}}} \quad (\text{f:1})$$

$$H_{\text{min}}^{\text{TVscreen}} = H_{\text{seat}} + 80 + 12 + a_{\text{delta}} \quad (\text{f:2})$$

$$\frac{D_{\text{max}}}{4} \geq H_{\text{min}}^{\text{Wglass}} \geq \frac{D_{\text{max}} - WS_{\text{diam}}}{4} \quad (\text{f:3})$$

$$\text{TVsize}_{\text{min}}^{\text{inch}} = \sqrt{H_{\text{min}}^2 + H_{\text{min}} \cdot \text{AR}_{16:9}}^2 \quad (\text{f:4})$$

¹⁵⁴ I dati noti sono i parametri di input inseriti manualmente mentre quelli computati sono valori calcolati per similitudine e proporzione geometrica.

¹⁵⁵ Il parametro a_{delta} nel processo esperito definisce una tolleranza dimensionale che contribuisce al miglioramento complessivo della collocazione dei TV screen. Tale tolleranza, dunque, non risulta affatto proporzionale alla proiezione del segmento “a” ad una distanza D_{max} dalla workstation presa in esame.

La relazione (f:1) si determina dalle proprietà dei triangoli simili illustrati in Fig. 83 e dai quali si evince una diretta proporzionalità tra i parametri di input dell'algoritmo quali: WS_{diam} (diametro tavolo laboratorio) e D_{max} (distanza di influenza del TVscreen visibile dalle postazioni). La relazione (f:2) adatta le caratteristiche geometriche della *Task Execution A* a partire dalla norma UNI precedentemente richiamata e posta in relazione al parametro di input H_{seat} (altezza della seduta variabile). La relazione (f:3) è definita da un assunto pratico che media la regola di predimensionamento riportata in Fig. 82 (b) considerando la posizione favorevole/sfavorevole. L'ultimo dei *feedback guida*, appartenenti al primo gruppo, restituisce la dimensione minima raccomandata del TV screen da installare. La regola dimensionale adoperata si basa sul fattore di forma (AR) fissato dal rapporto geometrico di 16:9 (AR=1.777), tipico dei display di tipo HD. Si segnala che l'algoritmo prevede la variazione in dinamico del fattore AR in base alle esigenze di proiezione richieste: standard (4:3), theaters (21:9), Imax digital (19:10) ed altri.

Si passa così alla descrizione dell'algoritmo di Fig. 81 che interessa il secondo gruppo di *guide*. Il livello di ottimizzazione distributivo-spaziale delle postazioni all'interno dell'area laboratoriale si fonda su un principio geometrico molto semplice, ovvero, il rapporto areale vuoto-pieno tra due figure geometriche semplici come il cerchio ed il rettangolo, tale principio risulta ragionevolmente efficace in termini icastici. Immaginando di assimilare lo spazio laboratoriale ad una superficie di forma rettangolare circoscrivente le 21 postazioni, assimilate, a loro volta, a forme circolari. Attraverso un'analisi sperimentale (Fig. 86 e Fig. 87), si è individuato un range operativo dei vuoti che caratterizzano le differenti disposizioni spaziali dei cerchi inscritti in un unico grande rettangolo.

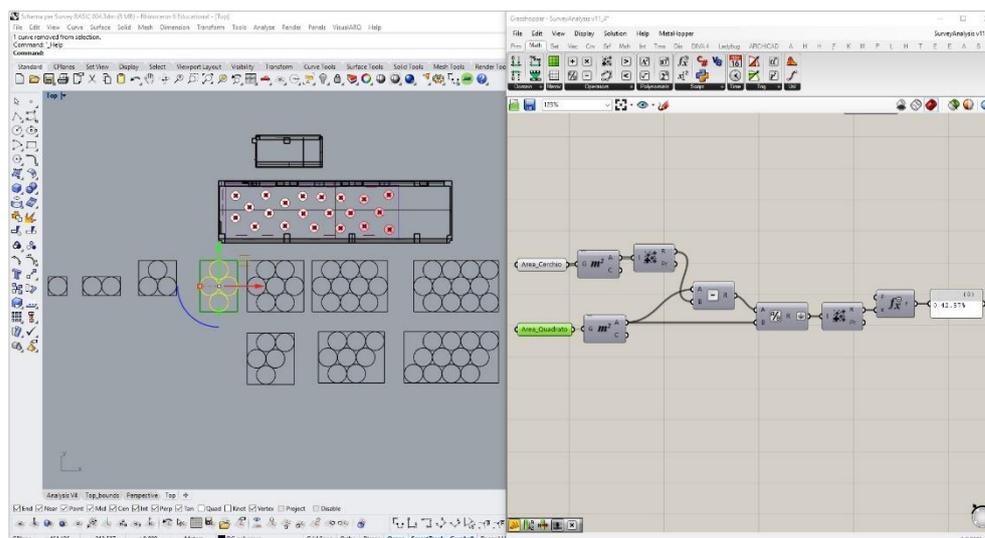


Fig. 86: Definizione di Grasshopper per determinare i rapporti areali vuoto-pieno

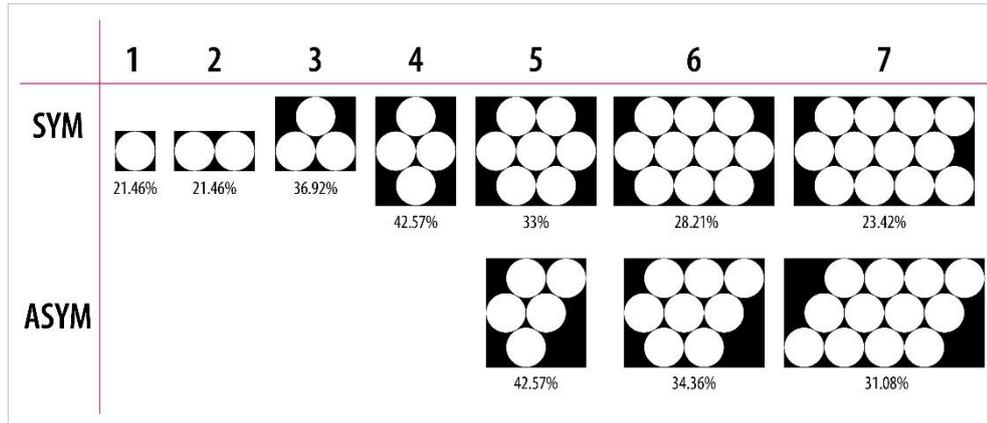


Fig. 87: Schema delle possibili disposizioni spaziali e le percentuali di rapporto areale vuoto-pieno

Dall’analisi effettuata si evince una certa periodicità del *pattern* distributivo (Fig. 87) sia per le disposizioni simmetriche (SYM) che per quelle asimmetriche (ASYM) e, indistintamente, per le quantità di superfici circolari in numero pari e in numero dispari. I valori individuati oscillano tra il 21,46% e il 42,57% e in funzione di questi valori è stato codificato un algoritmo tale da restituire, in funzione della disposizione geometrica settabile manualmente, il “livello di ottimizzazione spaziale” rispetto ad una disposizione favorevole (percentuale maggiore) oppure rispetto a quella meno favorevole (percentuale minore). Operativamente stabilito il diametro del tavolo delle *workstation* (WS_{diam} – anch’esso settabile manualmente) l’algoritmo determina i due valori limite dell’area laboratoriale in modo proporzionale agli estremi percentuali individuati.

Per chiarezza espressiva si riportano di seguito il sistema di equazioni elaborato:

$$\frac{(A_{square} - \sum_1^n A_{circle})}{A_{square}} = p_{empty} \in [0.21, 0.43] \quad (f:5)$$

$$A_{min}^{opt} = \frac{\sum_1^n A_{circle}}{0.79} \quad (f:6)$$

$$A_{max}^{opt} = \frac{\sum_1^n A_{circle}}{0.57} \quad (f:7)$$

$$p_{opt} = 100 - \left[\frac{(A_{circle}^{bbox} - A_{min}^{opt}) \cdot 100}{A_{max}^{opt} - A_{min}^{opt}} \right] \quad (f:8)$$

La relazione (f:5) definisce il valore percentuale di vuoto su pieno e da tale relazione si determinano i due valori areali minimo (f:6) e massimo (f:7) corrispondenti alla configurazione spaziale corrente, ovvero, quella manualmente definita dal progettista nella UI di Fig. 79 e di Fig. 80. Infine, mediante una operazione di rimappaggio del valore

reale del rettangolo-limite¹⁵⁶ che circonda le *workstation* ($A^{b\text{box}}$) in una scala numerica [0,100] si definisce contestualmente il livello percentuale di ottimizzazione spaziale.

A supporto dell'azione manuale di disposizione spaziale delle *workstation* nel modello digitale il progettista, grazie all'algoritmo, visualizzerà nell'interfaccia utente (*frame* modello 3D in Fig. 79 e Fig. 80) un effetto “ramificato” espressione del livello di collisione tra le aree di influenza delle postazioni. Ogniqualvolta la fruibilità tra le diverse postazioni si ridurrà a causa dello spostamento virtuale dell' “oggetto tavolo”, al superamento di uno specifico valore soglia¹⁵⁷, apparirà un *alert* visuale a segnalarlo (ramificazione di colore rosso, Fig. 88).

Gli ultimi due *feedback* guida riportano graficamente i valori dell'angolo visuale frontale (positivo se $\leq 15^\circ$) e la distanza media dai TV screen intercettati. Contemporaneamente in un grafico a doppio asse sono riportati i valori degli angoli visuali laterali per ciascuna *workstation* (positivo se $\leq 45^\circ$).

Il risultato delle analisi e dello sviluppo dei differenti algoritmi si concretizza in una interfaccia utente (UI) di immediata lettura (Fig. 88).

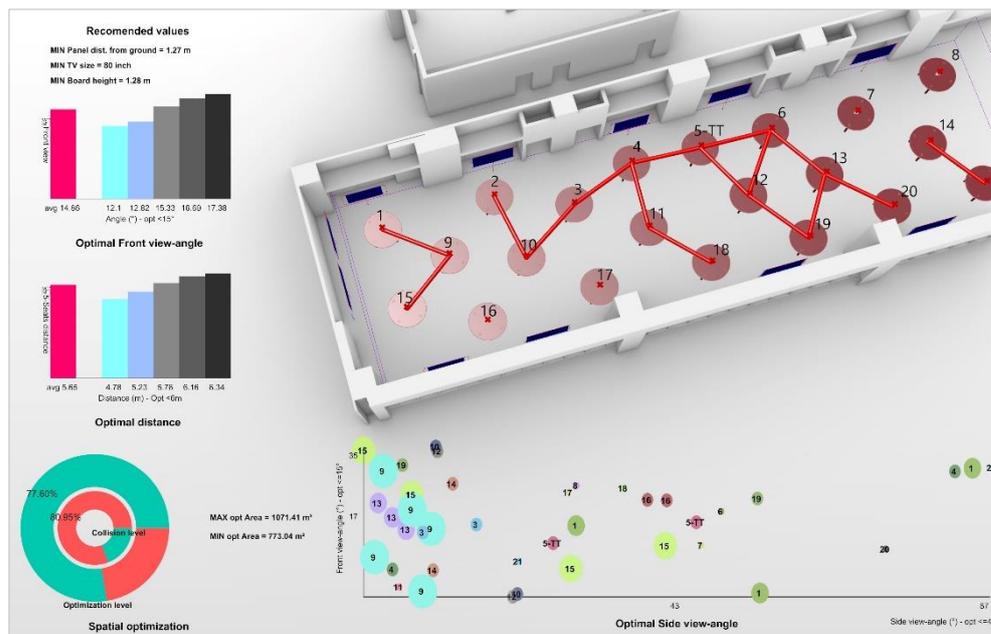


Fig. 88: Interfaccia utente tipo B - output visuale delle collisioni spaziali tra le postazioni di lavoro

¹⁵⁶ Il rettangolo-limite che circonda uno o più oggetti tridimensionali (o bidimensionali) è tecnicamente definito nell'ambiente di modellazione digitale come “bounding box”. La sua estensione coincide con la coordinata spaziale massima e minima degli oggetti che circonda. Nell'algoritmo elaborato esso rappresenta il rettangolo che circonda le configurazioni dei cerchi illustrati in Fig. 86.

¹⁵⁷ Il valore soglia è dato dal diametro del tavolo della workstation ampliato da una fascia di rispetto costituita dall'ampiezza della seduta in dotazione sommata ad una costante variabile: $160 + (50 + 30)$ cm (tutti i parametri di input sono settabili manualmente).

Si precisa che in fase di consulenza progettuale l’ottimizzazione spaziale del laboratorio pilota ha veicolato la configurazione finale delle postazioni nella progettazione architettonica definitiva. Una condizione sperimentata per progressiva modulazione delle singole disposizioni spaziali. La verifica dell’efficacia ed efficienza dell’algoritmo proposto è da considerarsi, a consuntivo, come “base di indagine” del questionario esperienziale.

Gli spostamenti progressivi degli “oggetti tavolo” (Fig. 89) risultano costantemente monitorati nei valori ottimali caratterizzanti ciascuna configurazione spaziale.

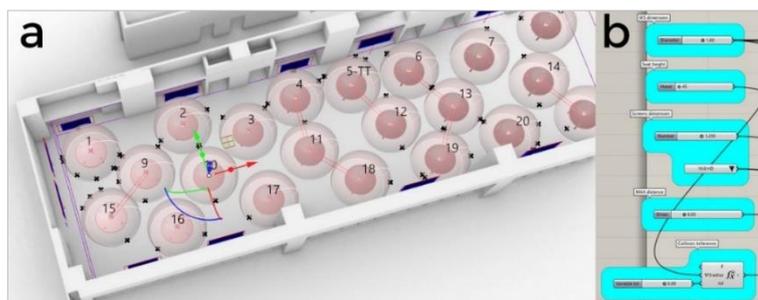


Fig. 89: (a) Sfere di influenza di ciascuna postazione e “gumball” per spostare lungo gli assi l’oggetto tavolo; (b) Parametri di input previsti nell’algoritmo

Infatti, in (Fig. 90) è possibile verificare in *real time* il numero di display intercettati e il valore medio della relativa distanza da essi, *optimal distance*, nonché l’angolo visuale frontale, *optimal Front view-angle* (collocati nel *frame meta-design 1* della UI in Fig. 79 e Fig. 80). Questi valori ottimali sono leggibili negli istogrammi in alto a sinistra come illustrato di seguito.

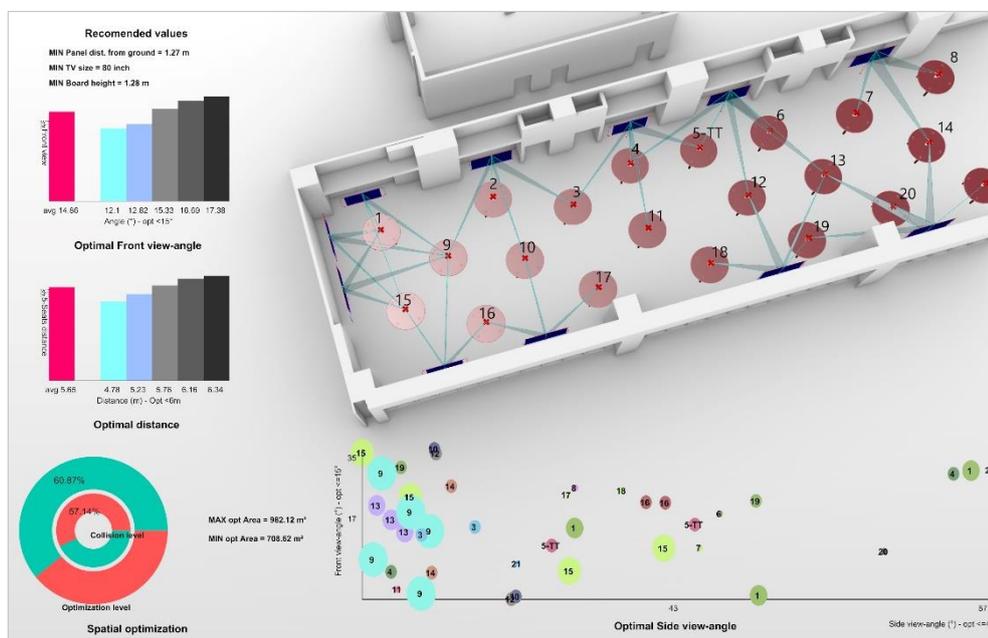


Fig. 90: TV screens intercettati ed angolo visuale frontale di ciascuna postazione

Nella parte bassa dell’interfaccia utente (*frame meta-design 2* della UI in Fig. 79 e Fig. 80) si leggono distintamente i valori del livello di ottimizzazione spaziale e quello delle

collisioni compressive (grafico a corona circolare concentrica). Accanto a tali valori è posizionato il grafico a doppio asse in cui è possibile leggere la collocazione dell'angolo visuale laterale per ciascuna *workstation*, *optimal Side view-angle*, e visualizzarne la corrispondenza grafica-testuale nel modello 3D (Fig. 91).

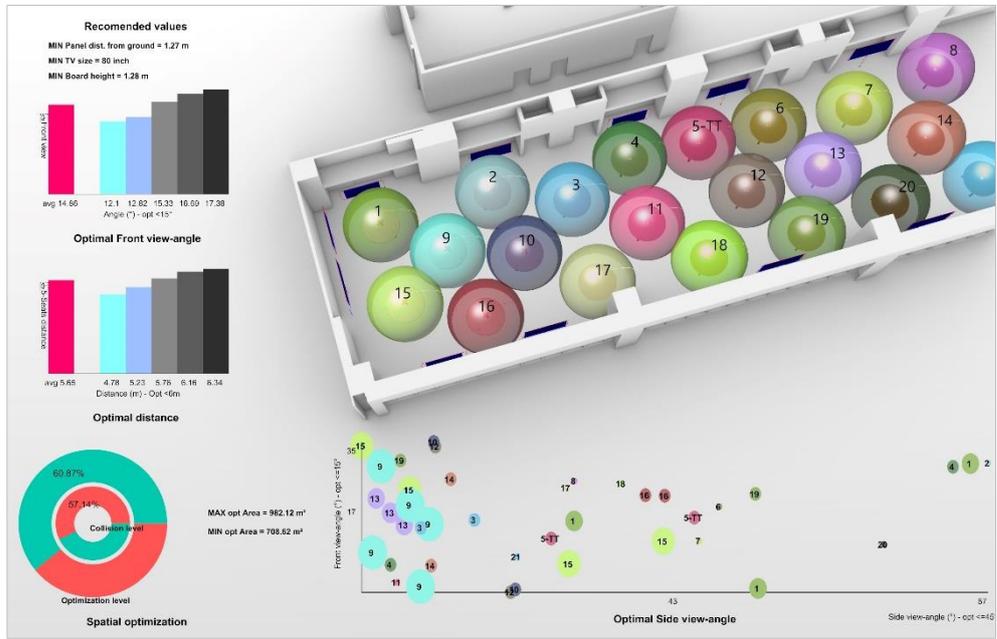


Fig. 91: Output visuale nel modello 3D dei valori degli angoli visuali laterali di ciascuna postazione. Corrispondenza tra modello 3D e grafico a doppio asse in basso

3.2.3 Dal meta-design allo sviluppo di un modello di analisi post-occupativo

Nel diagramma di Fig. 76 relativo al flusso di lavoro adottato si giunge alla fase decisionale attraverso i contributi dello Step 4 e dello Step 5. Per chiarire la complessità computazionale affrontata si riporta, in Fig. 92, il *data tree* (albero dei dati), ovvero, la struttura organizzativa del flusso informativo utile ai fini degli output visuali.

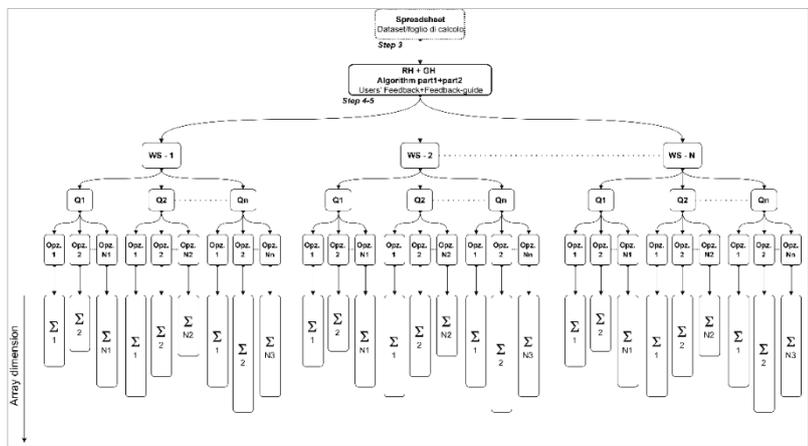


Fig. 92: Strutturazione dell'informazione contenuta nel Data Tree

Per ognuna delle 21 *workstation* (WS-1,...,WS-N in Fig. 92) sono stati somministrati un numero finito di quesiti (Q1,...,Qn in Fig. 92) e per ogni quesito si è previsto dalle 4 alle 5 opzioni di risposta. La sommatoria delle risposte collezionate per singolo quesito definisce l’espressione di apprezzamento positivo o negativo da parte dell’utenza finale.

La complessità computazionale si è riscontrata in modo decisivo nell’azione di *clustering*¹⁵⁸ “setacciando” l’intero *dataset* archiviato nello Step 3 di Fig. 92.

Questo contributo informativo è gestito dalla seconda parte dell’algoritmo sviluppato, ovvero, quella relativa alla gestione e visualizzazione dei *feedback utente*.

Un’analisi post-occupativa prevede molteplici approcci allo stesso problema caratterizzata da tempi e modalità di monitoraggio che esulano dalla presente ricerca tuttavia, il processo elaborato per la generazione degli output visuali può ritenersi parte integrante di un futuro modello digitale di *Post Occupancy Evaluation* (POE).

Per esigenze tecniche l’interfaccia utente considera solo alcune macro-categorie di quesiti come:

- Apprezzamento della postazione di lavoro a 5 sedute
- Visibilità dei TV screen prossimi alla postazione
- Ostruzione visiva riscontrata
- Livello di comfort nell’osservare i TV screen

Come già specificato i quesiti rivolti agli studenti sono stati circa 65 e trattano differenti categorie di interesse, come illustrato in Fig. 69, il rappresentarli tutti avrebbe deviato gli intenti metodologici e strumentali affrontati in questo paragrafo. Per consentire il rapido passaggio tra le molteplici visualizzazioni analitiche prodotte si è deciso di implementare l’algoritmo di modo tale da gestire simultaneamente, all’interno dell’ambiente Rhinoceros, gli output visuali e i parametri di input (QRc:1). Dal pannello di controllo collocato a sinistra nella Fig. 93 si attivano le seguenti opzioni di visualizzazione:

- *Screen Save/File* (preparare l’output visuale al salvataggio su file)
- *Reset view* (ricollocazione etichette postazioni)
- *Show/Hide All charts*
- *Show/Hide Stat charts* (visualizzazione dei grafici *feedback utente*)
- *Show/Hide Meta charts* (visualizzazione dei grafici *feedback guide*)
- *Show/Hide F-Angle ed S-Angle* (guida angolo visuale frontale e laterale)
- *Show/Hide Intersection and Collision*
- *Show/Hide Stat 1-2-3-4* (visualizzazione dei risultati nel modello 3D)

¹⁵⁸ Raggruppamento di elementi omogenei in un insieme di dati. Nel caso descritto il parametro discriminatorio è rappresentato dal numero identificativo delle postazioni. Operativamente: ogni singola risposta, ad esempio al quesito Q1, è distribuita nel dataset secondo un ordine pseudo-casuale dettato dalla sequenza temporale di accesso al sondaggio da parte di ciascun utente.



Video dimostrativo

Funzionalità dell'interfaccia e output visuale dei risultati collezionati

(QRc:1)

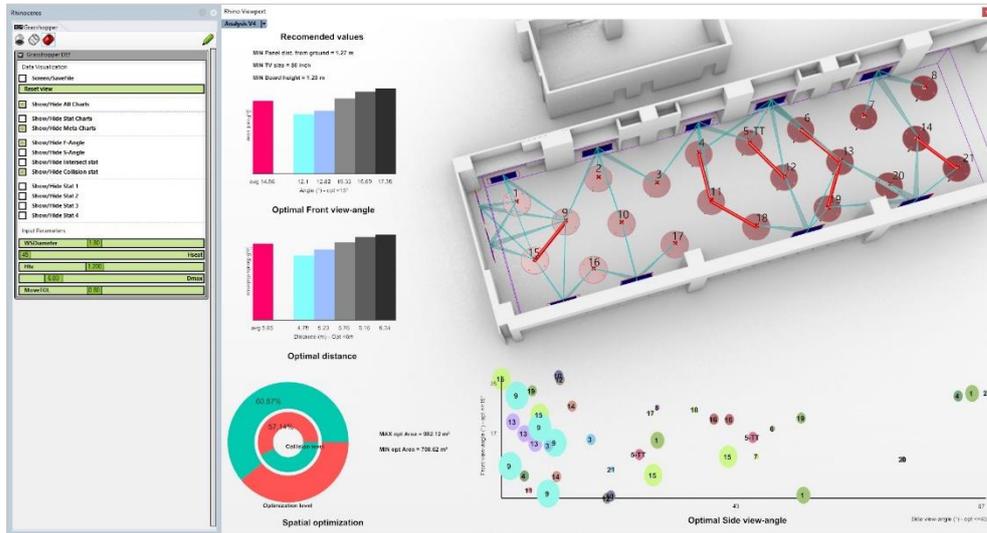


Fig. 93: Gestione semplificata dell'interfaccia per la visualizzazione delle analisi prodotte. Pannello di controllo sulla sinistra

Si riportano in sequenza le illustrazioni dell'interfaccia utente con i *feedback* delle quattro macro-categorie su citate.

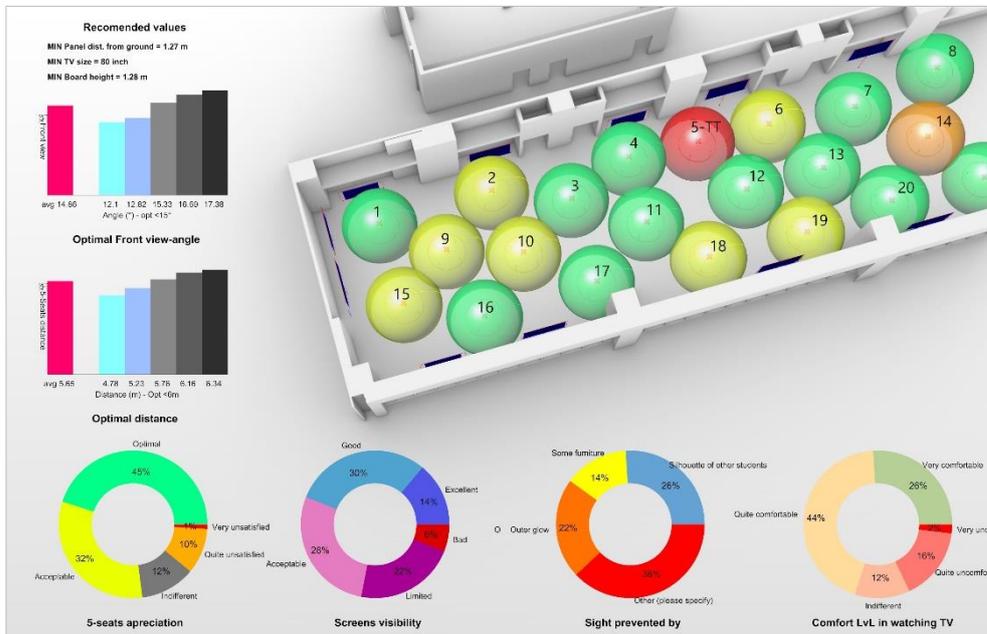


Fig. 94: Output visuale nel modello 3D dell'apprezzamento complessivo riscontrato

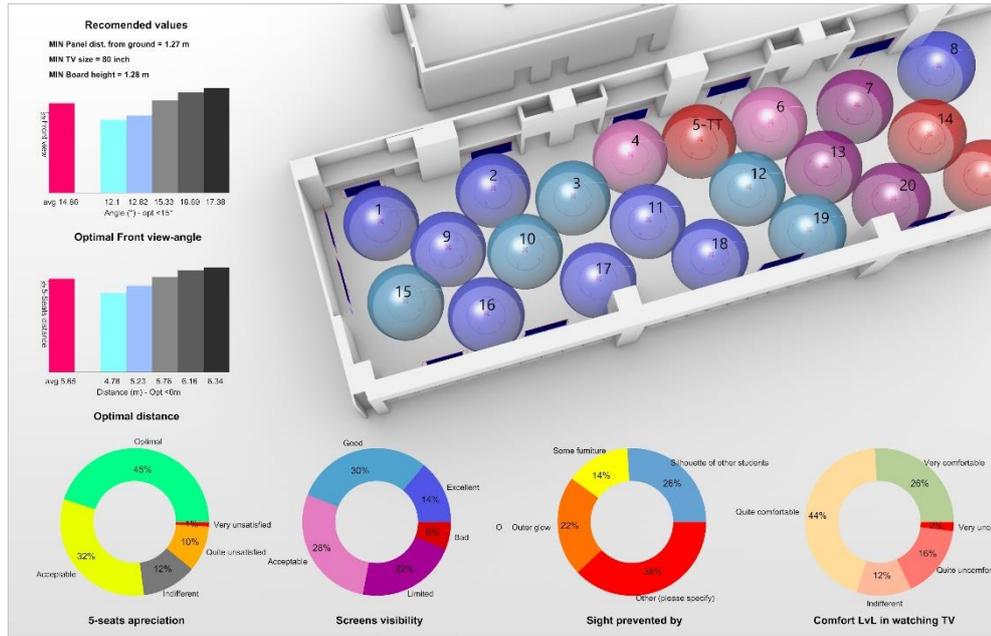


Fig. 95: Output visuale nel modello 3D della visibilità complessiva dei TV screen intercettati

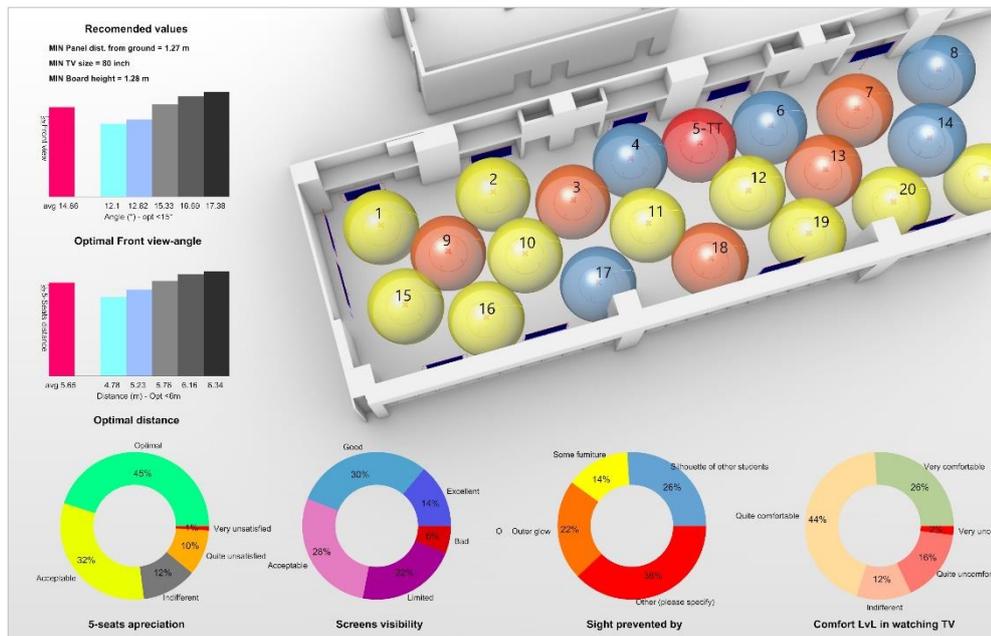


Fig. 96: Output visuale nel modello 3D del livello complessivo di ostruzione visiva riscontrata

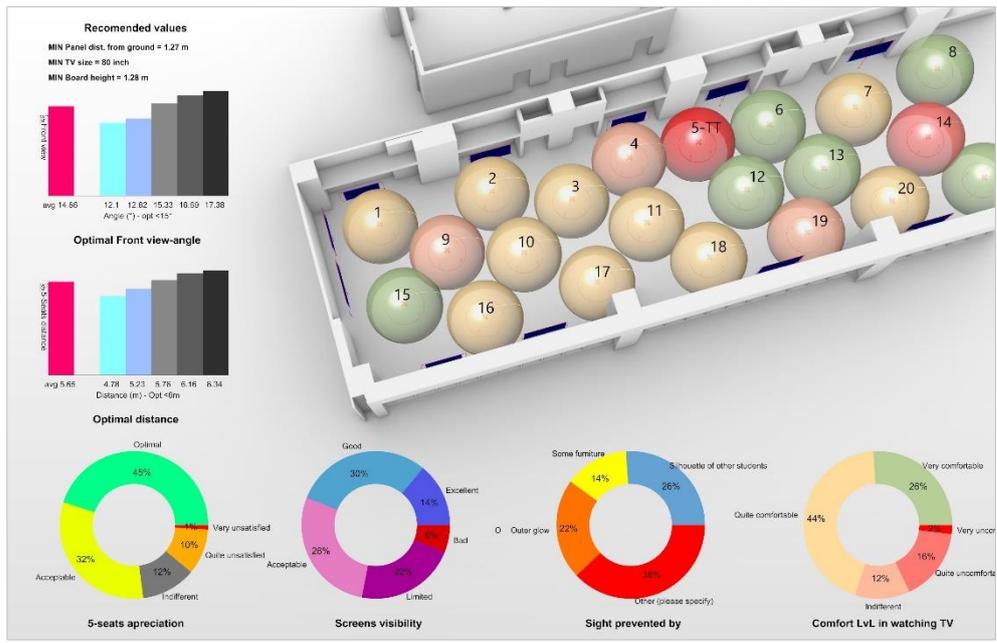


Fig. 97: Output visuale nel modello 3D del livello di comfort complessivo nell'osservare i TV screen

Ad una osservazione attenta è possibile constatare che la postazione “5-TT” risulta tra le più sfavorevoli. In tal proposito si precisa che tale postazione è quella destinata al *tutor teacher* per cui in fase di indagine nessun studente ha selezionato¹⁵⁹ come propria quella etichettata “5-TT”.

Uno dei vantaggi immediati nel visualizzare i *feedback* dell'utenza all'interno del modello tridimensionale è, indubbiamente, la possibilità di collocare spazialmente le informazioni collezionate ed evidenziarne le criticità. Un modello di conoscenza così concepito può facilmente essere implementato con algoritmi in grado di approfondire ulteriormente la correlazione tra dato e contesto spaziale-geometrico. Ciononostante, il modello è soggetto a compromessi tecnici legati alla rappresentazione digitale (implementabile anch'essa) ma sulla quale è necessario fare un appunto.

Mentre nei grafici a corona circolare le percentuali rappresentano il risultato effettivo delle risposte collezionate, la loro trasposizione nel modello 3D è soggetta ad un filtro di mediazione delle risposte. Su un massimo di 5 opzioni di risposta collezionabili l'algoritmo effettua una media depurando, se presenti, le risposte di “indifferenza” e valutando il livello di apprezzamento rispetto un valore soglia compreso tra il 60%-80% sul totale di risposte collezionate¹⁶⁰. In questo modo si è definita la legge di attribuzione del colore

¹⁵⁹ Il questionario somministrato agli studenti apre l'indagine esperienziale con il seguente quesito (numero 1): 1. “Which is your workstation? Indicate the right number from image”. Ad esso segue l'illustrazione in alto a destra riportata in Fig. 74.

¹⁶⁰ Si è deciso di adottare una soluzione di rappresentazione delle informazioni su legge maggioritaria per motivi di tempistiche legate al rapporto di collaborazione Apple-Unina-DiARC.

(codice RGB) a ciascuna sfera di rappresentazione del livello di apprezzamento delle postazioni.

In Fig. 98 si riporta il diagramma esplicativo del processo appena descritto focalizzato sulla postazione numero 1:

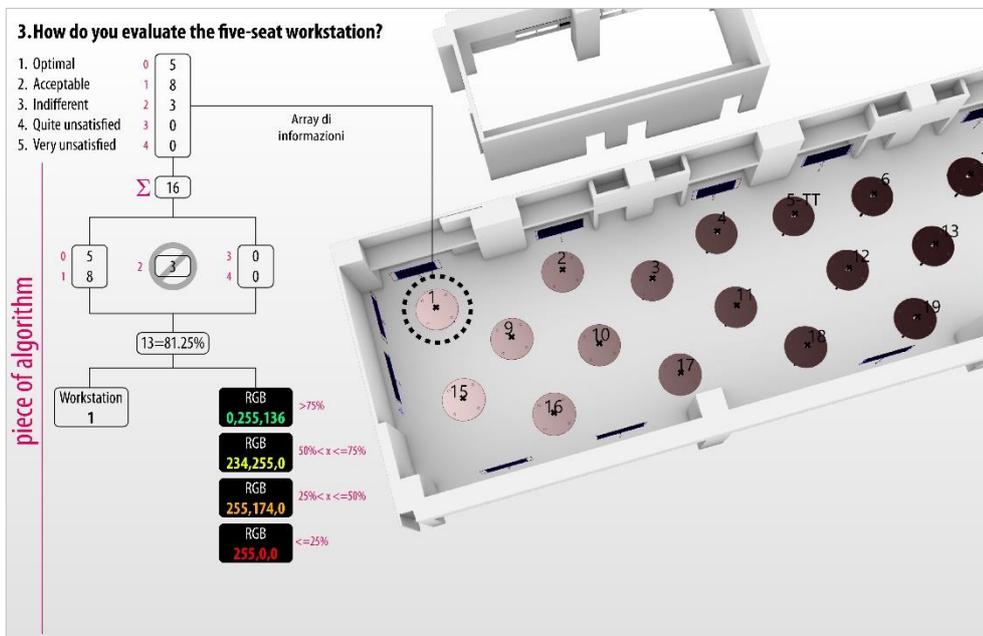


Fig. 98: Schema logico per l'attribuzione del codice "colore RGB" alle workstation in funzione del livello di apprezzamento espresso dall'utente

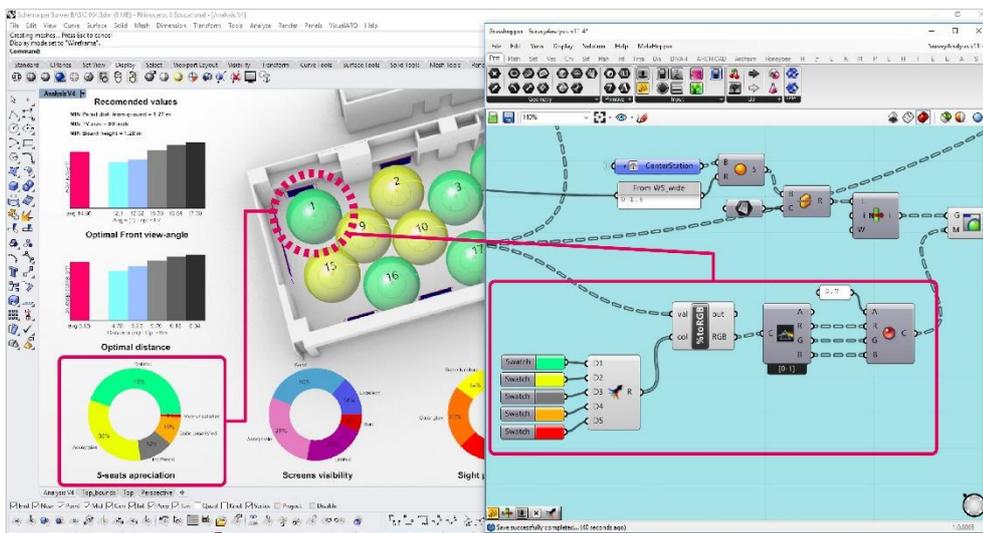


Fig. 99: Definizione algoritmica con componente programmato in Python per l'assegnazione del codice "colore RGB"

Segue un riepilogo schematico dei *feedback* collezionati in riferimento alla medesima postazione (Fig. 100):

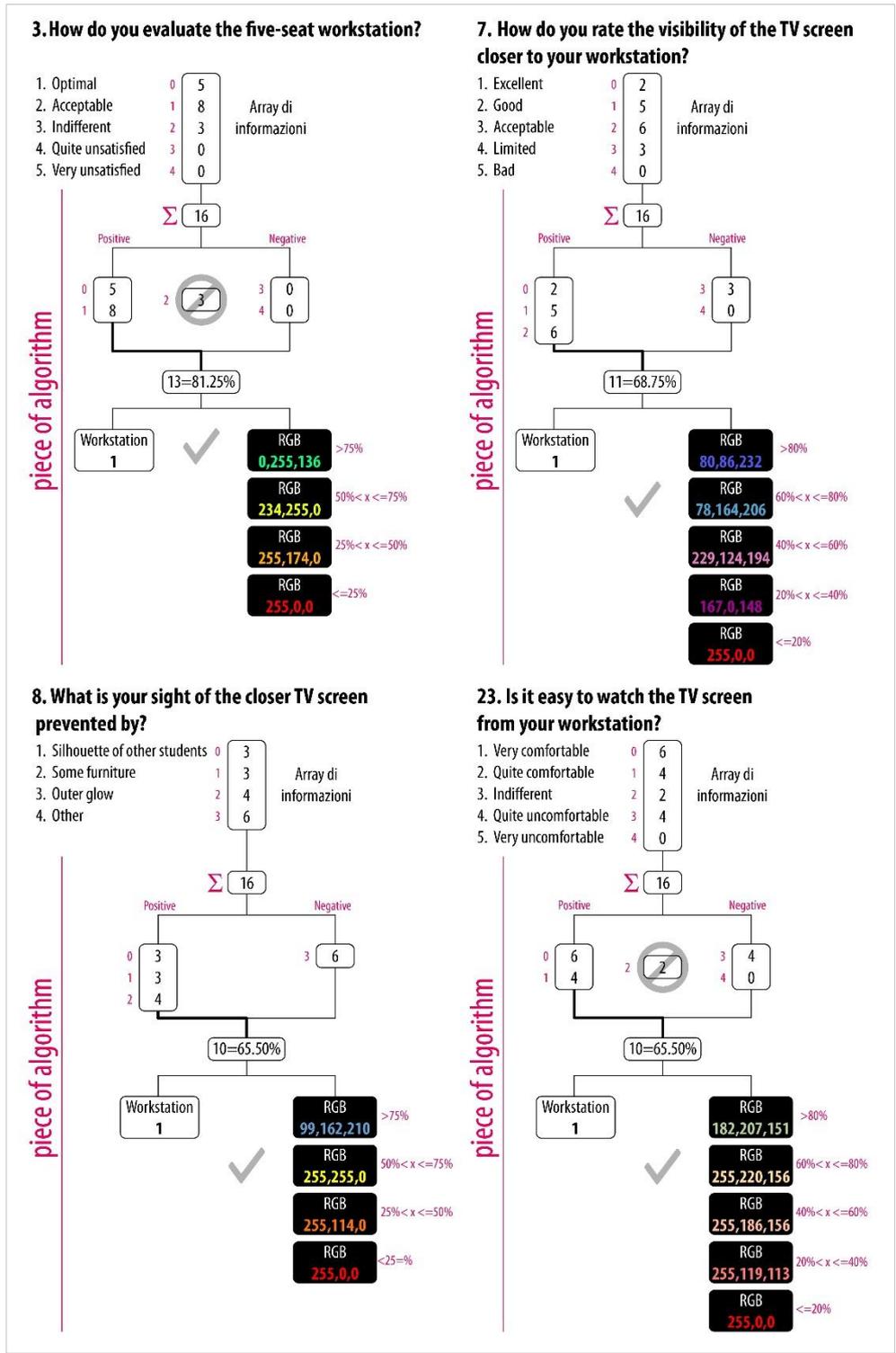


Fig. 100: Schema di attribuzione codice colore RGB alla workstation 1 per ciascuna delle 4 macro-categorie di quesiti e relativi valori soglia di apprezzamento

Osservando i risultati della configurazione spaziale ottimale del laboratorio pilota si può constatare che i *feedback guida* hanno veicolato ragionevolmente il progetto di meta-design contribuendo alla concretizzazione di una risposta ragionevolmente positiva da parte di studenti e insegnanti. Infatti, osservando i risultati di Fig. 94, Fig. 95, Fig. 96 e Fig. 97 si riscontra un certo apprezzamento complessivo oltre i valori medi aritmetici. In riferimento ai problemi di natura percettivo-visiva si evince dal grafico in Fig. 96 una percentuale del 38% di studenti che attribuisce la difficoltà di visione dei TV screen e delle *writable glass walls* all’eccessiva luminosità esterna¹⁶¹ (abbagliamento).

A valle di questi risultati si è rimodulata la proposta progettuale del terzo livello, ad esempio, per il caso appena descritto, migliorando con sistemi di attenuazione della luminosità naturale e una migliore collocazione dei TV screen e delle lavagne in modo da ridurre la distanza media tra questi e le postazioni.

A scopo dimostrativo si riporta in Fig. 101 una ulteriore interfaccia di analisi relativa allo strumento di *data visualization* Tableau Public utilizzato per generare una *dashboard* interattiva (QRc:2) atta a visualizzare rapidamente su *chart* le postazioni e le relative preferenze espresse (quesito 3 di Fig. 100).



Video dimostrativo
Dashboard interattiva

(QRc:2)

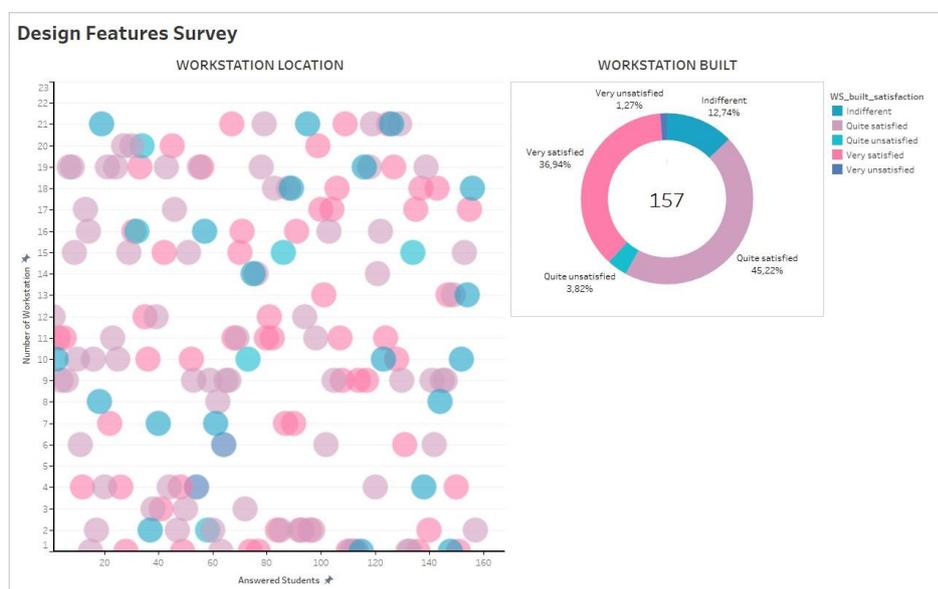


Fig. 101: Schermata base della dashboard

¹⁶¹ Nel questionario somministrato agli studenti al quesito numero 8: “What is your sight of the closer TV screen prevented by?” – il 38% ha risposto “Other”. Nella risposta aperta si è evinto una particolare attenzione all’aspetto tecnico-ambientale dell’abbagliamento.

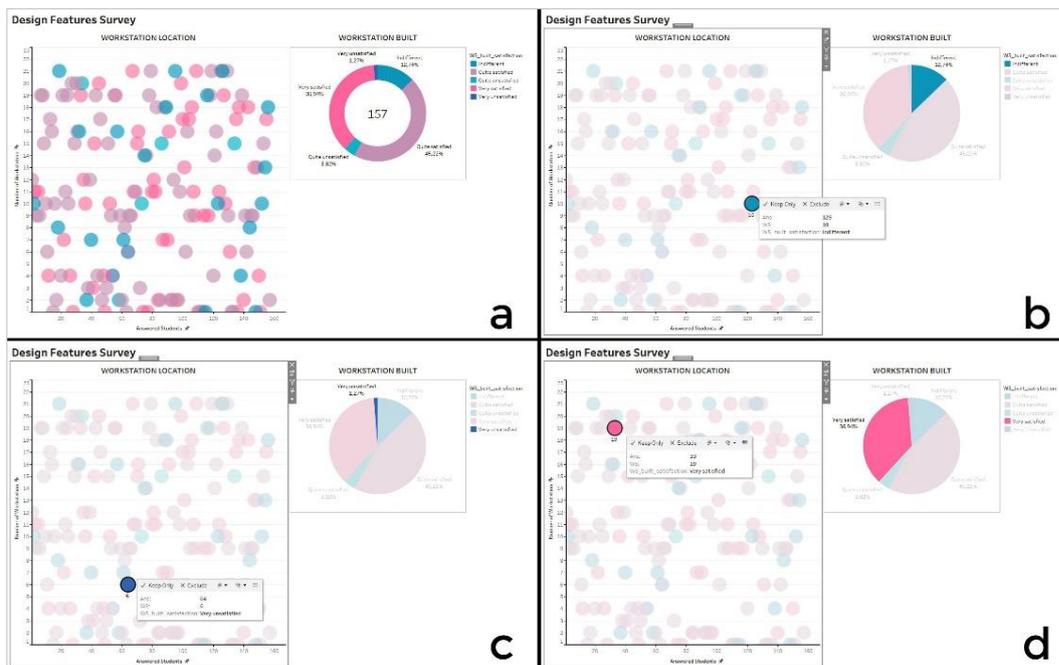


Fig. 102: Dashboard in cui selezionando i “dots” nella schermata (a) si visualizza il numero di postazione, di utente interrogato e la collocazione del gradimento espresso leggibile nel diagramma a torta in alto a destra (b) (c) (d)

Attraverso il *modello di conoscenza digitale e semi-interattivo* e i tradizionali *charts* ottenuti dall'uso integrato della piattaforma di *web survey*, si è potuto sostenere il rapporto consultivo progettuale con gli attori coinvolti nel processo di istituzione della Apple iOS Developer Academy con maggior contezza e consapevolezza.

3.3 Task Execution B: tra Progettazione Algoritmica e Construction Management

La realizzazione della Main Classroom (MC) della Apple iOS Developer Academy di Napoli, ha rappresentato una opportunità di approfondimento ulteriore in termini di progettazione tecnologica contemporanea ed in particolar modo ha permesso di sperimentare un flusso di lavoro basato sulla definizione di un design *cross platform* tra ambienti di modellazione 3D, fortemente orientati al meta-design, e quelli BIM prevalentemente di gestione e coordinamento del progetto digitale. L'approccio algoritmico e parametrico alla progettazione tecnologica impone al progettista rigore, sintesi e creatività - attitudini fondamentali per risolvere problemi ricorrenti in modo innovativo. Questo approccio alla progettazione obbliga il designer a definire molto bene, in prima istanza, il problema dato e a dover tracciare, in seconda istanza, una strada ripercorribile, un vero e proprio processo – semplificando: un percorso progettuale che si fa metodo.

L’importanza di inquadrare le problematiche progettuali nell’ottica della digitalizzazione dei processi è illustrata in alcuni passaggi critici relativi alla ottimizzazione delle informazioni progettuali associate al sistema di sedute che caratterizza la MC dell’Academy. Prima di introdurre le caratteristiche tecniche della *task execution* B è bene sottolineare che la flessibilità progettuale esperita attraverso l’approccio culturale e strumentale sino ad ora trattato risulta particolarmente valido per le problematiche relative al trasferimento dei modelli concettuali nell’ambiente BIM. Il presente contributo si articolerà attorno l’uso congiunto dei software già citati quali: Rhinoceros, Grasshopper, Autodesk Revit, Dynamo e infine la piattaforma *cloud* Flux.io. A dimostrazione della bontà del processo adottato si riportano alcune procedure tecniche che si sono positivamente riflesse sull’intero flusso di lavoro.

La prima operazione utile è stata quella di riprodurre in ambiente BIM l’intero modello del polo universitario di San Giovanni a Teduccio. Questa operazione ha origine dai file CAD già adoperati nello Step 2 di Fig. 76.

Il ridisegno delle planimetrie, abbastanza articolate, presenta spesso un problema nel tracciamento corretto della *grid guide* (griglia dei fili fissi), ovvero uno sfasamento nell’enumerazione delle guide¹⁶² come riportato in Fig. 103:

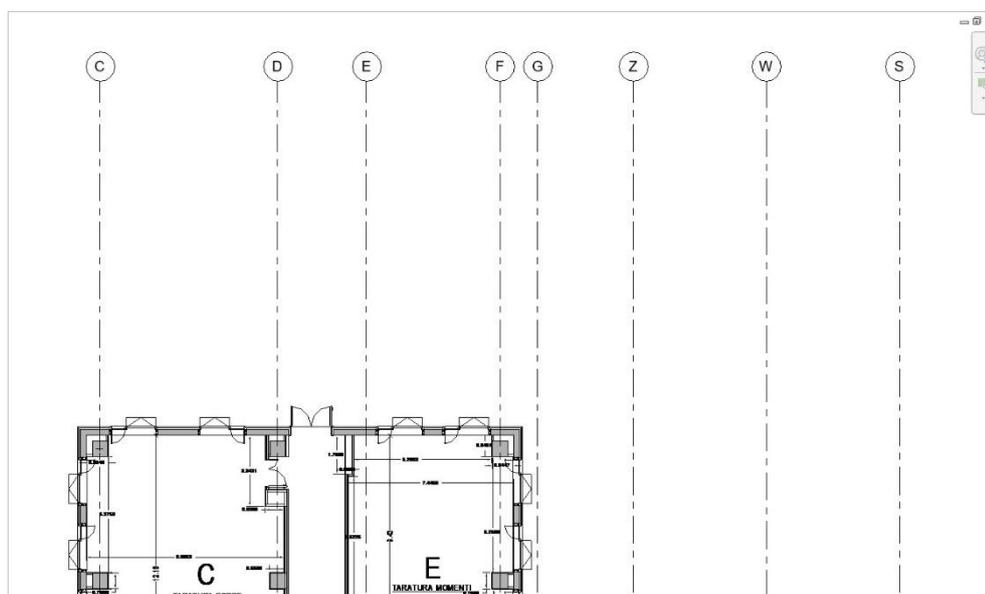


Fig. 103: Enumerazione non corretta delle grid guide del modello BIM

¹⁶² Il tracciamento delle grid guide può essere soggetta ad errori di distrazione o sistemici. Quest’ultimi legati al principio di funzionamento del software di BIM authoring (Revit) che lascia in memoria l’etichetta delle griglie già adoperate.

Questa problematica è stata aggirata attraverso una semplice definizione di Dynamo che ha consentito di enumerare ed orientare, in entrambe le direzioni, le *grid guide* (Fig. 104):

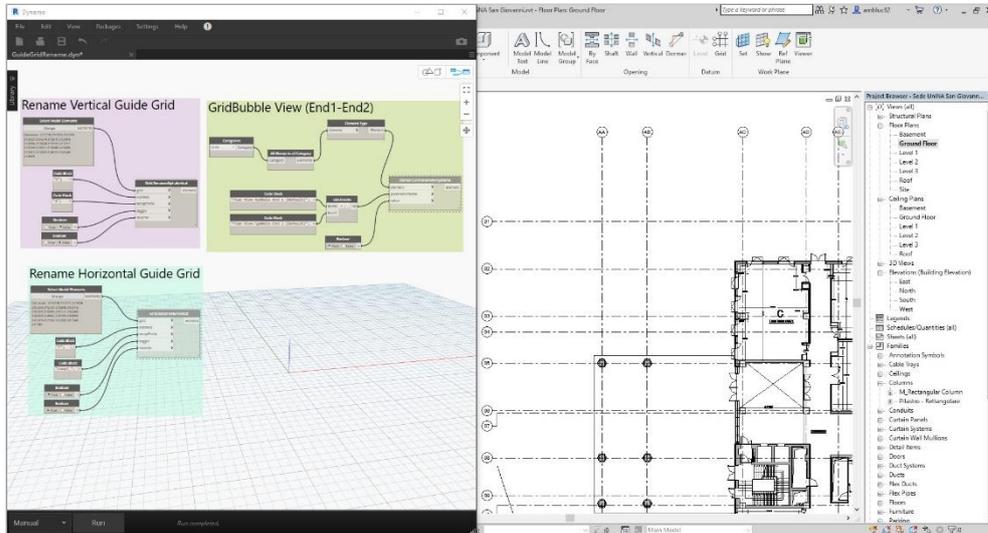


Fig. 104: Definizione di Dynamo sulla sinistra e il workspace di Revit sulla destra

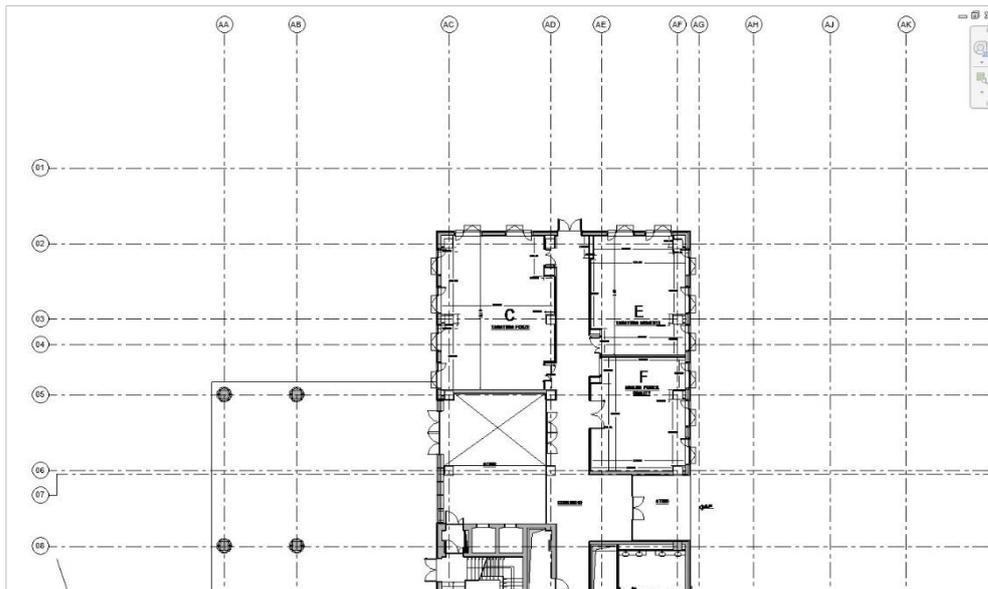


Fig. 105: Enumerazione ed orientamento delle grid guide corretta

Un secondo problema si è focalizzato sulla modellazione di aiuole dalla forma organica e con un'area centrale caratterizzata da un dislivello positivo rispetto alla quota di calpestio. La difficoltà di riprodurre il dislivello centrale è stata aggirata in ambiente Rhinoceros e

Grasshopper mediante un algoritmo a comportamento fisico¹⁶³ (QRc:3) e, infine, esportando il risultato ottenuto in formato CAD – classico DWG interoperabile con Revit.

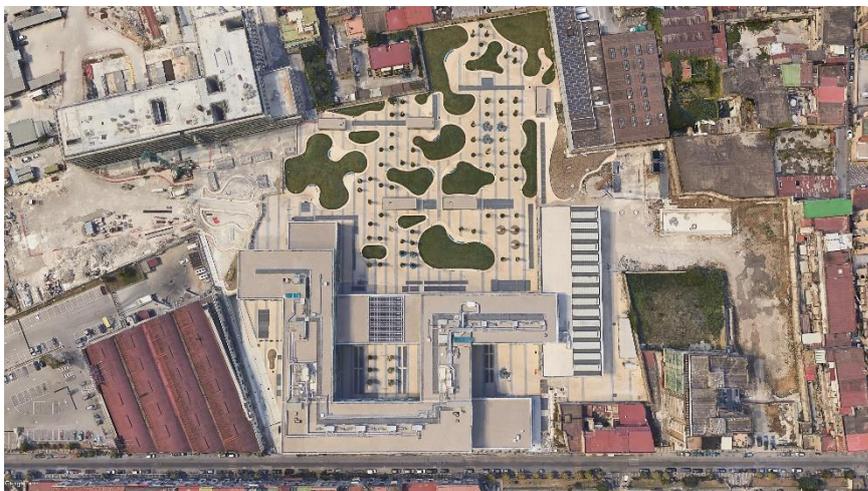


Fig. 106: Immagine da Google Earth del polo universitario di San Giovanni a Teduccio in cui si notano le forme organiche che caratterizzano le aiuole



Video dimostrativo

Modellazione algoritmica del Sistema aiuole

(QRc:3)

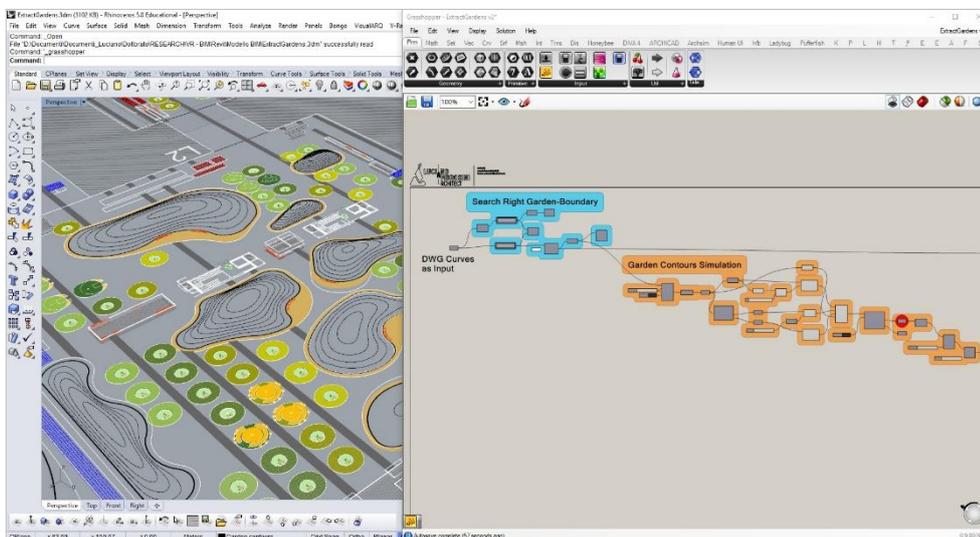


Fig. 107: A sinistra il workspace di Rhinoceros; sulla destra la definizione di Grasshopper utilizzata per la modellazione delle aiuole

¹⁶³ Per algoritmo a comportamento fisico si intende una definizione di Grasshopper che integra al suo interno un simulatore fisico – Kangaroo (plugin di Grasshopper).

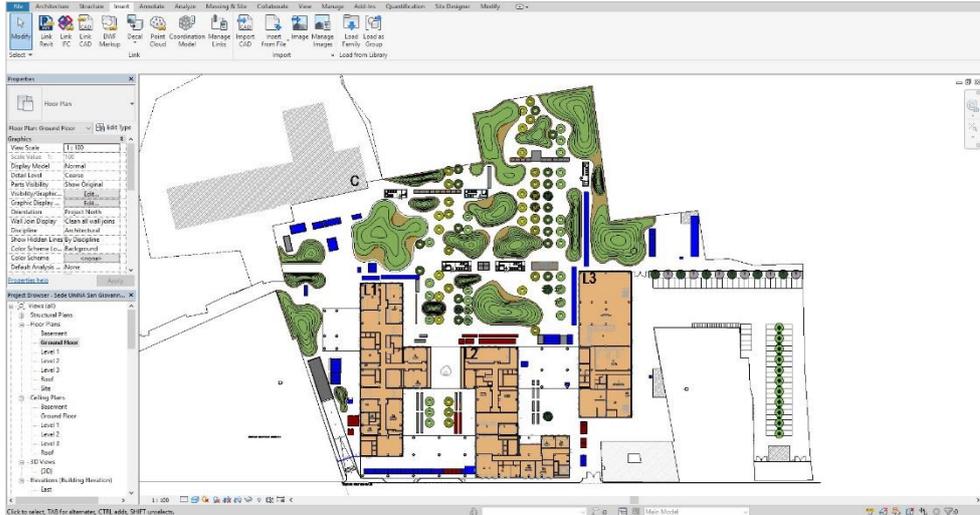


Fig. 108: Risultato della modellazione algoritmica in ambiente Revit

Un ultimo appunto inerente alle problematiche della rappresentazione è relativo all'involucro trasparente dell'edificio universitario. In prima istanza si è realizzato un modello generico in ambiente BIM e sulla base del modello definito si è scritto un algoritmo di trasferimento dalla piattaforma Dynamo alla piattaforma Grasshopper (Fig. 109):

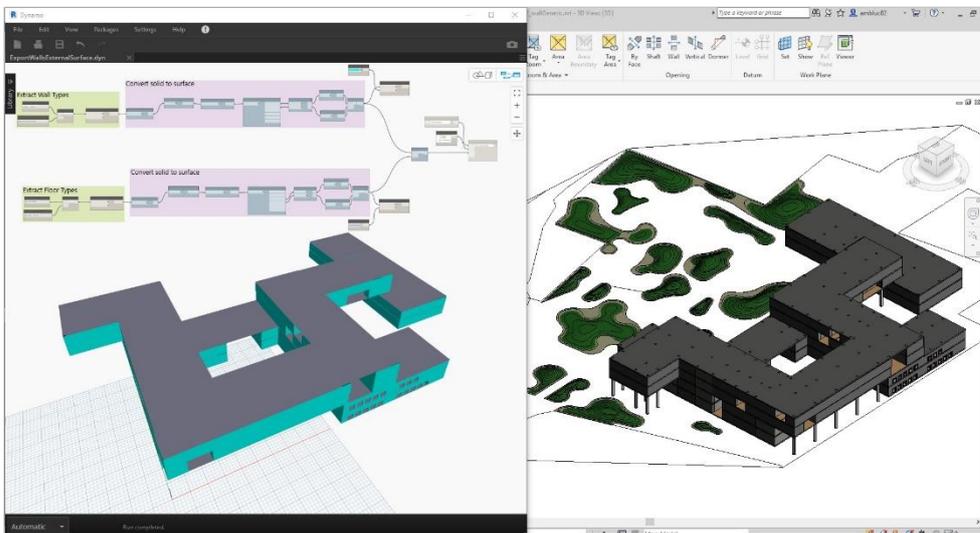


Fig. 109: Modello 3D concettuale trasferito mediante algoritmo di Dynamo alla piattaforma Grasshopper

Attraverso gli strumenti di modellazione parametrica offerti da Grasshopper si è semplificata la superficie esterna rappresentativa dell'involucro trasparente dell'intero edificio (QRc:4). La modellazione parametrica messa a punto prevede la discretizzazione del dominio matematico caratterizzante la superficie esterna in un sistema-griglia

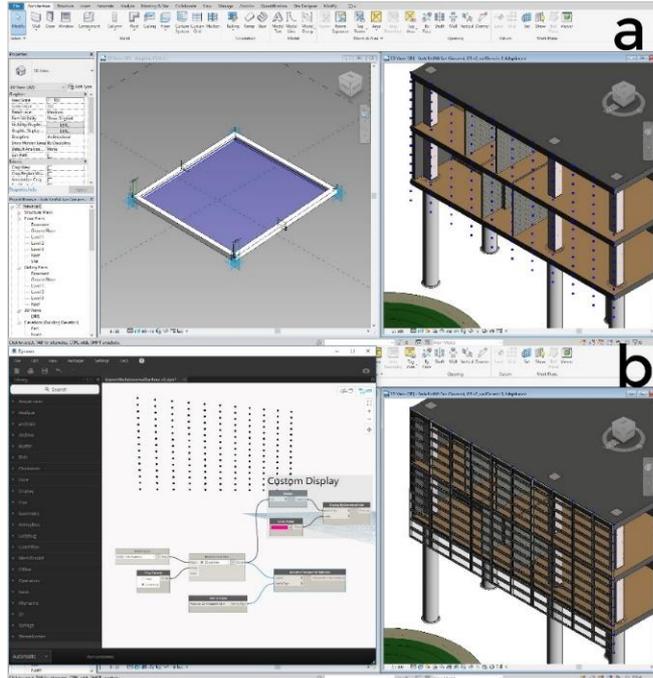


Fig. 112: (a) Generazione della famiglia Revit “adaptive component”;
 (b) Algoritmo di Dynamo per l’acquisizione dati da piattaforma Grasshopper

3.3.1 Main Classroom: Concept e realizzazione – il Design cross-platform

Gli spazi dell’intero *open space* dell’Apple Academy si caratterizzano da un uso del colore fortemente ispirato al progetto architettonico originale di ISHIMOTO Architectural & Engineering Firm (Fig. 112 e Fig. 113).

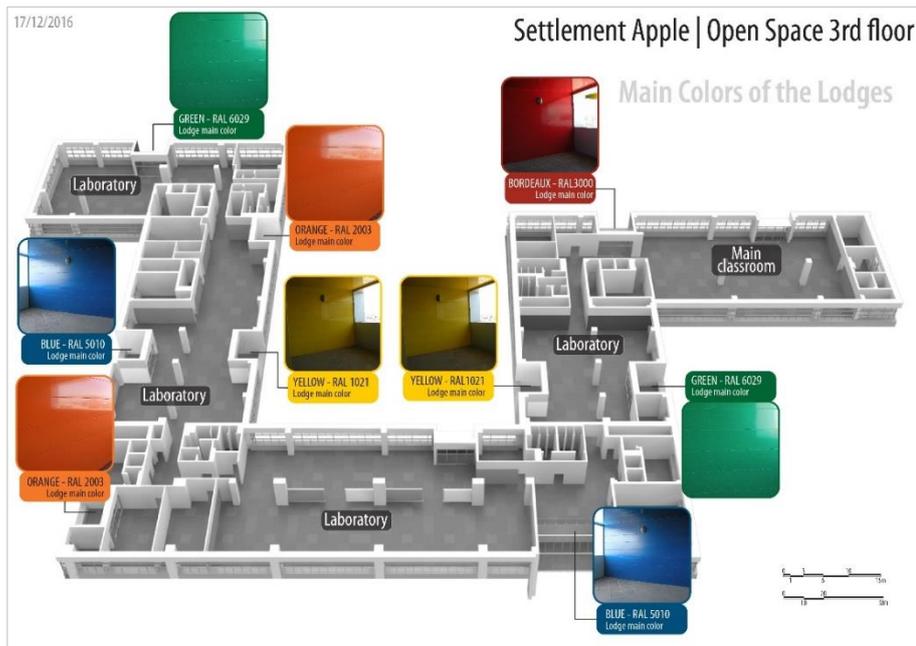


Fig. 113: Tematismi cromatici del sistema “loggia”

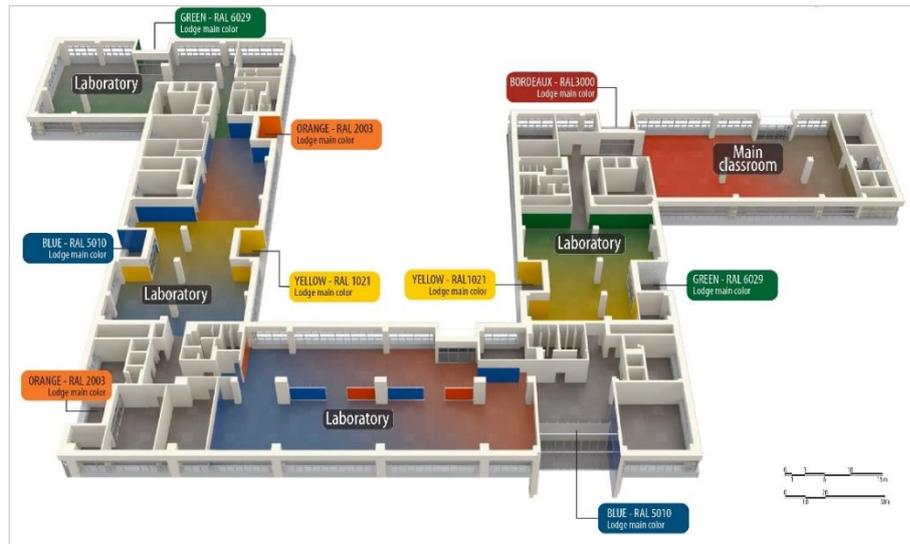


Fig. 114: Modello dei tematismi cromatici adottati in accordo al progetto originale dello Studio Ishimoto

Il colore e il formalismo estetico minimale hanno veicolato l'intero processo affrontato in questa *task*.

L'esigenza progettuale si è focalizzata sulla collocazione di 200 sedute per la configurazione di una platea come spazio collaborativo e laboratoriale dell'Academy. Le condizioni al contorno hanno imposto:

- la possibilità di rendere indipendente la disposizione spaziale dalla tipologia di arredo prescelto;
- un certo grado di “dinamicità” delle sedute al fine di assecondare la didattica collaborativa tra i diversi *teamwork*;
- preservare un'area centrale destinata a *tutors* e *speakers*;

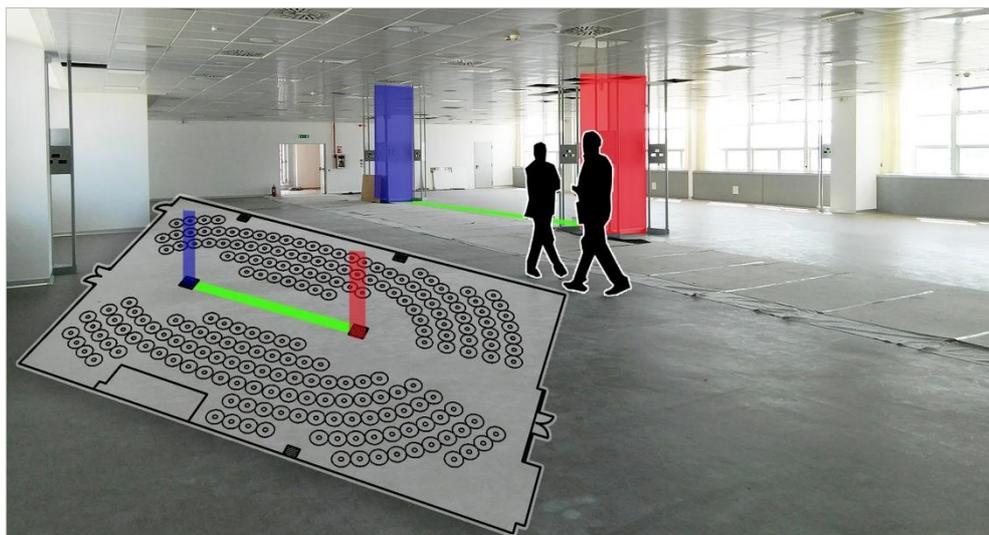


Fig. 115: Apple iOS Developer Academy - spazio da destinare ad area collaborativa (Main Classroom)

Oltre agli aspetti formali sono stati tenuti in debito conto anche quelli strettamente operativi, come quelli di produrre in tempi rapidi gli elaborati tecnici che consentissero un'efficace ed efficiente installazione delle sedute. Questo *case history* si colloca, dunque, nell'ambito degli interventi progettuali a piccola scala e al contempo vuole farsi testimone dell'uso "flessibile" della risorsa BIM supportata da strumenti di progettazione digitale avanzati come le piattaforme di Visual Programming Language (VPL) per la progettazione algoritmica e di piattaforme *cloud* per il *data sharing* (flux.io¹⁶⁴), entrambi validi strumenti per implementare il livello informativo del progetto in un'ottica *cross platform*.

La gestione dell'innovazione tecnologica nell'AEC *industry* a partire dall'impiego delle risorse BIM, trova nel nostro Paese un certo rallentamento nella sua adozione e diffusione ma certamente l'introduzione di disposizioni più restrittive ed esplicite nel nuovo Codice degli Appalti e delle Concessioni¹⁶⁵ farà registrare un significativo cambio di paradigma progettuale ed una maggiore propensione all'innovazione. Tuttavia, nelle pratiche di consulenza professionale è consuetudine intervenire operativamente in realtà produttive in cui la variabile tempo gioca un ruolo determinante e, per tale motivo, l'approccio alla progettazione tende a consolidare tecniche e metodi acquisiti nella dimensione pratica e lavorativa della stessa impresa. Sebbene da un lato si registrano ritardi nell'interiorizzare la filosofia BIM, dall'altro si palesa una forte specializzazione delle figure professionali volte a colmare questo *gap* di competenze e strumentazioni (quest'ultimo argomento sarà oggetto di discussione del terzo e ultimo capitolo). Questo specifico contributo è mirato all'ottimizzazione dei tempi di produzione della documentazione tecnica necessaria per l'installazione delle sedute in modo efficace ed efficiente.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte si è reso necessario in fase di *concept* discretizzare il problema distributivo delle sedute in modo tale da semplificarne l'installazione durante le fasi operative, ovvero, procedere alla formalizzazione tecnica dei requisiti progettuali all'interno dell'algoritmo. Le peculiarità tecniche dell'arredo-sedia sono state determinanti per il soddisfacimento dei requisiti funzionali esposti in apertura. Si è proceduti alla selezione di un modello dotato di rotazione della seduta che, tramite meccanismo "di richiamo", fosse in grado di ritornare al suo stato iniziale imperturbato. Questo aspetto tecnico si è rivelato efficace da un punto di vista didattico in quanto ha reso possibile l'orientamento indipendente delle sedute favorendo il raggruppamento dei *teamworks* all'interno della medesima platea. Il naturale riallineamento delle postazioni ha consentito di rispettare all'interno della Main Classroom un certo ordine formale anche in assenza di studenti, e di poter traguardare con una certa autonomia l'area centrale (*stage*) destinata agli *speakers*, lasciando al contempo libero lo studente di orientarsi verso i

¹⁶⁴ Il Team X di Google (cfr. Fig. 47 e Fig. 46) in data 31 marzo 2018 ha ufficialmente terminato l'erogazione del servizio di data sharing e data storing offerto dalla piattaforma flux.io.

¹⁶⁵ In riferimento all'uso di strumenti elettronici specifici per la razionalizzazione delle attività di progettazione e infrastrutturazione. Rif. art. 23. c.1 (h), c.13, Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi. Rif. Art. 31 c.9, Ruolo e funzioni del responsabile del procedimento negli appalti e nelle concessioni. Rif. art. 113 c.4, Incentivi per funzioni tecniche.

dispositivi visivi di output dislocati nella sala. Il design delle sedute, e la relativa configurazione spaziale-geometrica, ha esaltato un linguaggio architettonico dinamico e formalmente espressivo. Il posizionamento delle sedute multicolore, distribuite lungo specifiche orbite pseudo-ellittiche, è avvenuto assegnando ad esse un gradiente di colore “caldo-freddo” come funzione della loro distanza dallo *stage*. Infine, l’aspetto tecnico-costruttivo tenuto fortemente in conto, cioè il “dato” da gestire e veicolare attraverso la progettazione algoritmica di supporto al modello BIM, è stato quello della collocazione dei fori di ancoraggio al suolo (4 fori, $\Phi 12$ mm) dell’arredo prescelto. La posizione di tali fori determina lo “zero” dell’orientamento angolare di ciascuna seduta verso lo *stage*. La soluzione individuata, e condivisa con gli attori coinvolti, è schematizzabile attraverso lo specifico *workflow* riportato in Fig. 116.

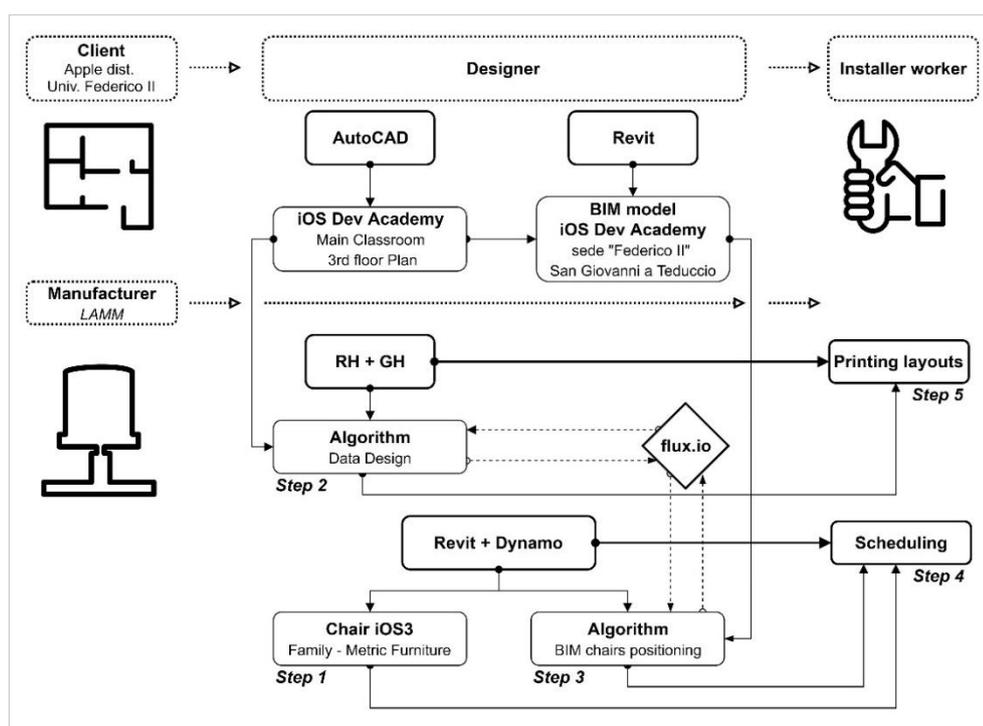


Fig. 116: Diagramma del flusso di lavoro BIM sperimentato

Sono di seguito indicati i passaggi fondamentali (Step 1-5) che hanno potenziato il livello informativo del modello BIM.

Step 1 – Trasferimento e modellazione in ambiente BIM dell’oggetto “sedia iOS3” e del disegno CAD messo a disposizione dal fornitore. Creazione di una “famiglia arredo” (Fig. 117) che consentisse l’attribuzione personalizzata del materiale a seduta, schienale e braccioli predisponendo “parametri condivisi istanziati” relativi al codice di identificazione della seduta, al posizionamento dei fori di ancoraggio e, infine, al valore angolare di traguardo verso lo *stage*. Tali informazioni risultano leggibili nella scheda

tecnica dell'oggetto indicizzati sotto la voce: "Division Geometry". La "famiglia arredo", così definita, è stata importata, ma non spazialmente posizionata, all'interno del modello BIM dell'intero complesso universitario di San Giovanni a Teduccio rielaborato in ambiente Revit¹⁶⁶.

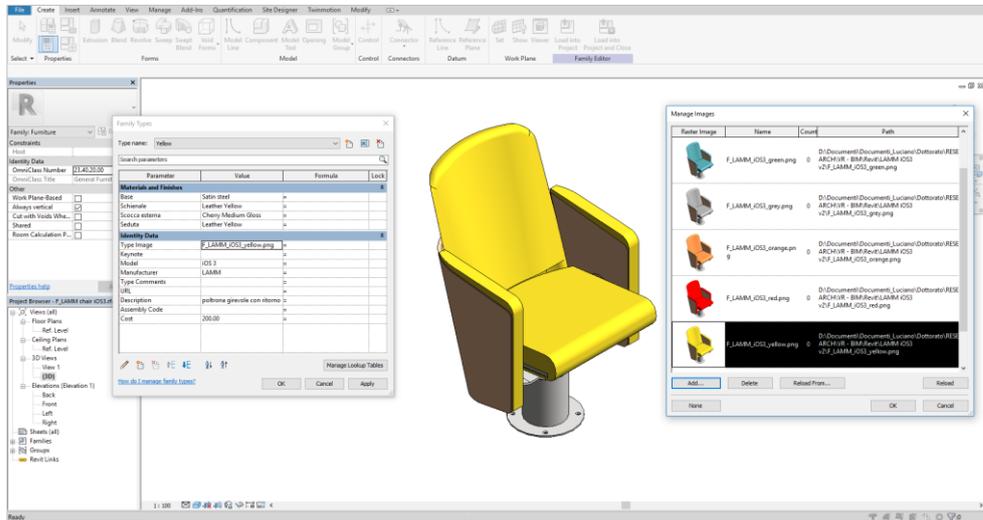


Fig. 117: Creazione dei 6 "Family-Type" implementati nel modello

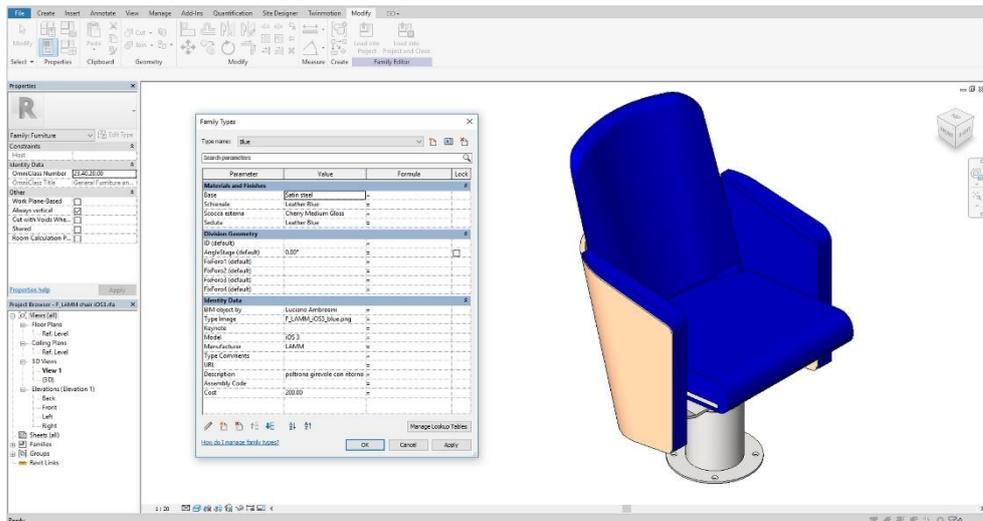


Fig. 118: Modellazione della "sedia iOS3" in ambiente Revit, predisposta all'implementazione "informativa" del proprio dataset

Step 2 – Progettazione di un algoritmo in ambiente Rhinoceros e Grasshopper (Fig. 119 e Fig. 120) che automatizzasse le seguenti azioni: A) estrapolazione dei centroidi per il posizionamento dell'oggetto "sedia iOS3" dallo schema distributivo del modello-

¹⁶⁶ Modello a cura di Lucia Pierni – tesi di laurea A.A. 2017-2018, relatore: prof. Sergio Russo Ermolli, correlatore: arch. Luciano Ambrosini. DiARC Università degli Studi di Napoli "Federico II".

sedia 2D in formato CAD; B) assegnazione del materiale/colore in funzione del codice identificativo della seduta; C) collocazione e orientamento verso lo stage di ogni singolo oggetto-sedia; D) tracciamento delle “coordinate relative” di ciascun foro di ancoraggio.

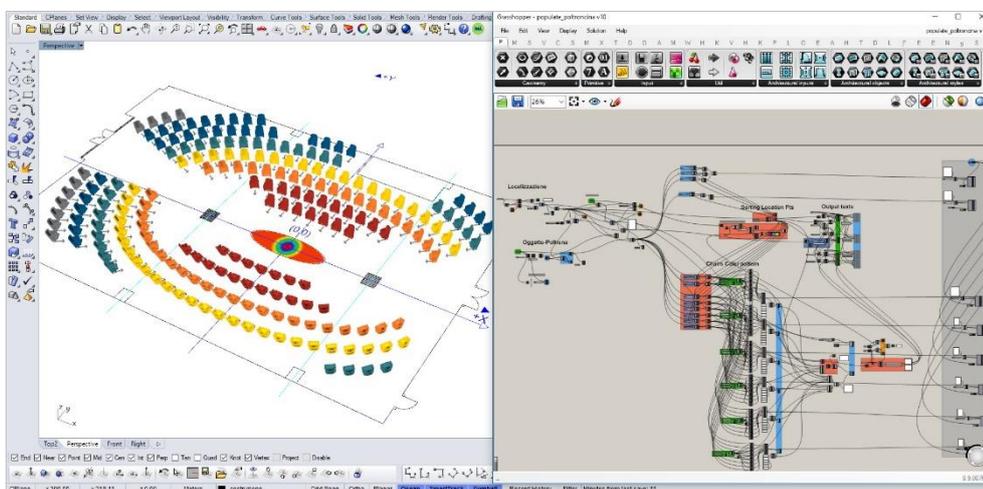


Fig. 119: Algoritmo per la distribuzione spaziale in ambiente Rhinoceros e Grasshopper

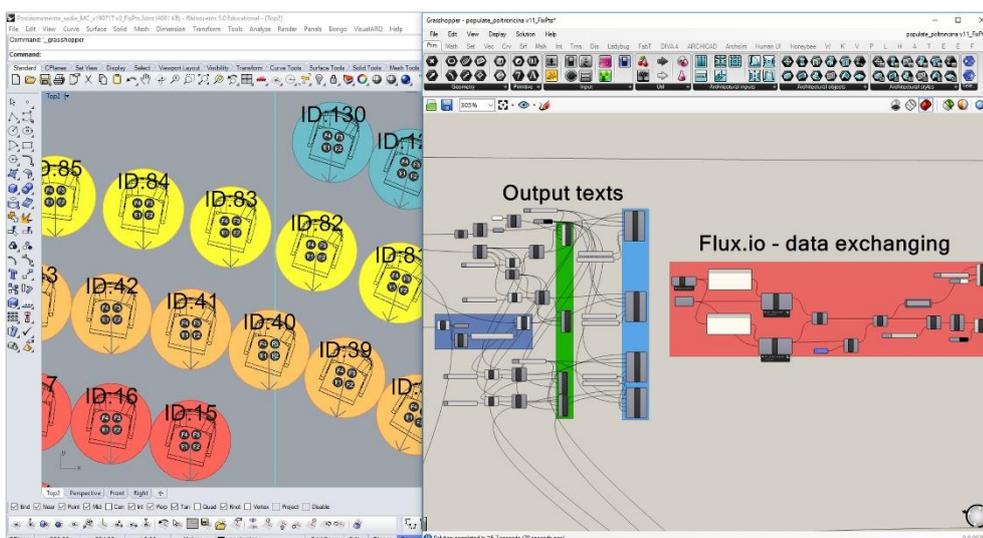


Fig. 120: Algoritmo di Grasshopper per la strutturazione delle informazioni interrogabili in ambiente BIM

Step 3 – Progettazione di un algoritmo in ambiente Revit e Dynamo (Fig. 121) in grado di: A) acquisire e selezionare dal database del modello BIM ciascun “set tipologico” della “famiglia arredo” precedentemente importata (sedia iOS3); B) acquisire mediante piattaforma cloud di *data sharing* – flux.io – la posizione che occuperà la seduta in ambiente BIM nonché le relative informazioni riferite ai codici materiale/colore; C) orientare le

sedute in funzione dell'estensione di una linea di riferimento¹⁶⁷ (QRc:5), tracciata all'interno del modello BIM, come asse principale del sistema di riferimento ausiliario; D) trasferire attraverso piattaforma *cloud*, flux.io, le coordinate spaziali dell'oggetto "linea";



Video dimostrativo
 Main Classroom – Chairs Positioning

(QRc:5)

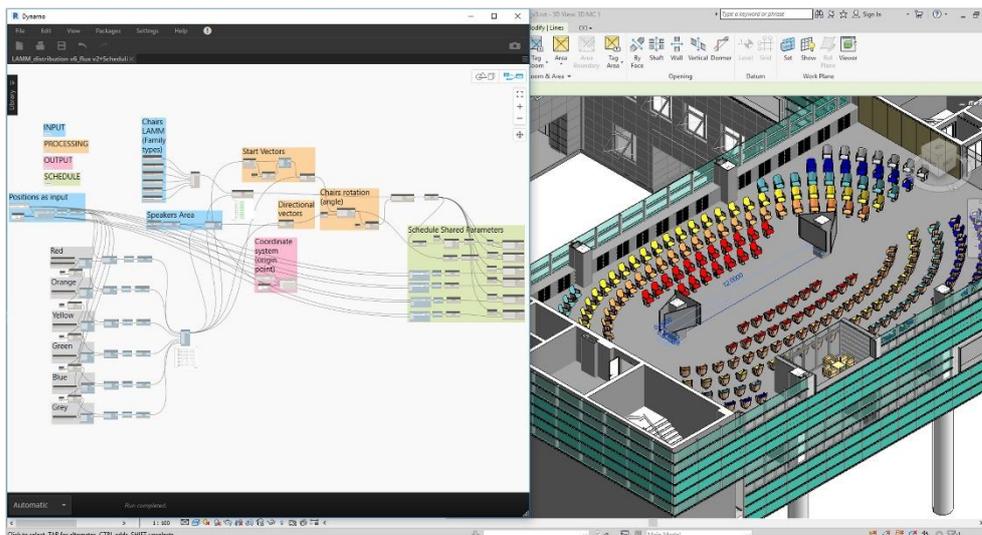


Fig. 121: Algoritmo di Dynamo per il posizionamento orientato della "sedia iOS3" e l'implementazione del suo dataset

Nel descrivere con chiarezza la metodologia seguita nella soluzione proposta, è necessario precisare che l'esecuzione dello Step 2 e dello Step 3 è avvenuta simultaneamente. Attraverso l'algoritmo in Dynamo si è trasferito, via *cloud*, il valore esatto delle coordinate spaziali del locale Main Classroom direttamente all'algoritmo "ricettore" definito in Grasshopper. Quest'ultimo ha rielaborato il sistema di distribuzione spaziale delle sedute rinviandolo all'ambiente di lavoro BIM, tramite Dynamo, implementando il *dataset* dell'oggetto "sedia iOS3".

Step 4 – Produzione della documentazione: "scheduling" e stampa degli schemi illustrativi utili per l'installazione delle sedute (Fig. 122).

¹⁶⁷ L'algoritmo orienta le sedute in funzione della dimensione lineare assegnata alla linea di riferimento.

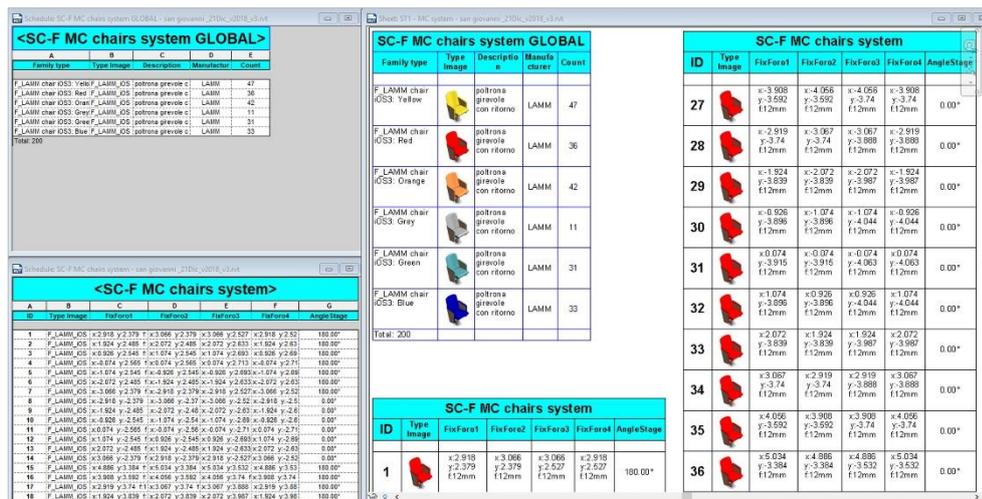


Fig. 122: BIM scheduling - schede tecniche utili per l’installazione delle sedute

Avendo implementato in ambiente BIM le informazioni tecniche relative all’oggettosedia, si è proceduto alla produzione di un abaco tecnico “filtrato” secondo la numerazione cardinale delle sedute ed il codice/colore dei tessuti. Per ogni oggetto-sedia istanziato si è evidenziata la sequenza di informazioni utili all’installazione dell’arredo quali: coordinate (x,y) e dimensione dei quattro fori, nonché l’angolo “zero” che orienta le sedute verso lo stage.

Secondo la normativa tecnica americana inerente alla filosofia BIM, US Standard (AIA G202-2013), ed in particolare ai livelli di sviluppo, *Level of Development (LOD) = Level of detail+Level of information*, la risoluzione della task B ha generato con una certa agilità un LOD 400 includendo nel *model element* le relative informazioni di installazione/assemblaggio. L’omologo tecnico nella normativa britannica UK Standard (PAS 1192-2:2013) il livello di definizione raggiunto, *Level of Definition = Level of model Detail (LOD) + Level of model Information (LOI)*, è LOD 5.

Per quanto concerne la fase di stampa, si è optato per una soluzione pratica fortemente vincolata al cronoprogramma di progetto.

Step 5 – Riproduzione in scala 1:1 dei *layouts* di stampa dello schema distributivo delle sedute. Quest’ultima operazione è stata anch’essa frutto di un algoritmo progettato in ambiente Rhinoceros e Grasshopper (Fig. 123) al fine di velocizzare il processo di stampa ottimizzando dimensioni ed etichettatura (*tagging*) sequenziale dei fogli (QRc:6).

Tramite il suddetto algoritmo è stato possibile fornire informazioni utili sulla corretta sequenza di posizionamento dei fogli di stampa mediante coordinate autodeterminate rispetto al sistema di riferimento cartesiano ausiliario opportunamente indicato negli schemi di installazione.



Video dimostrativo
 Produzione dei frames di stampa

(QRc:6)

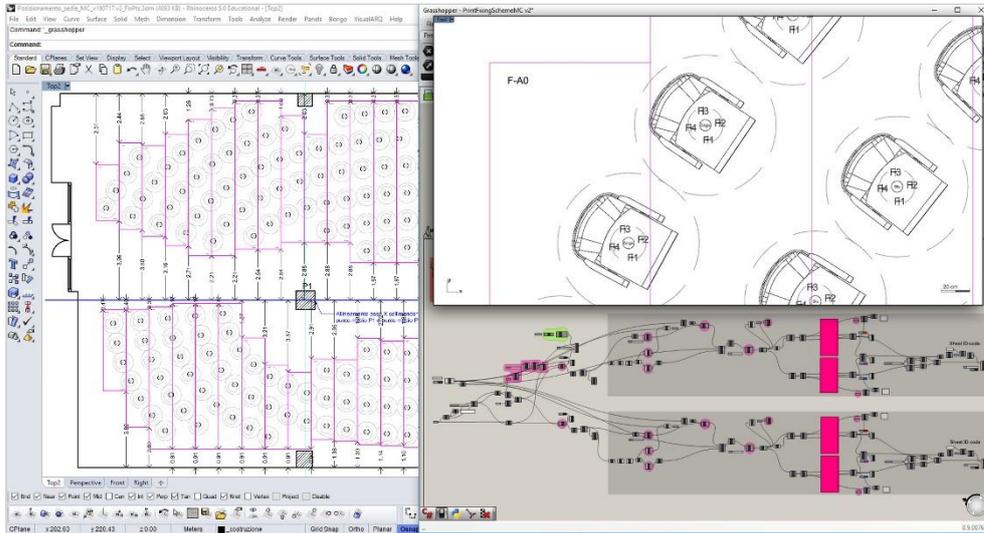


Fig. 123: Algoritmo di Grasshopper per l'ottimizzazione dei frames di stampa

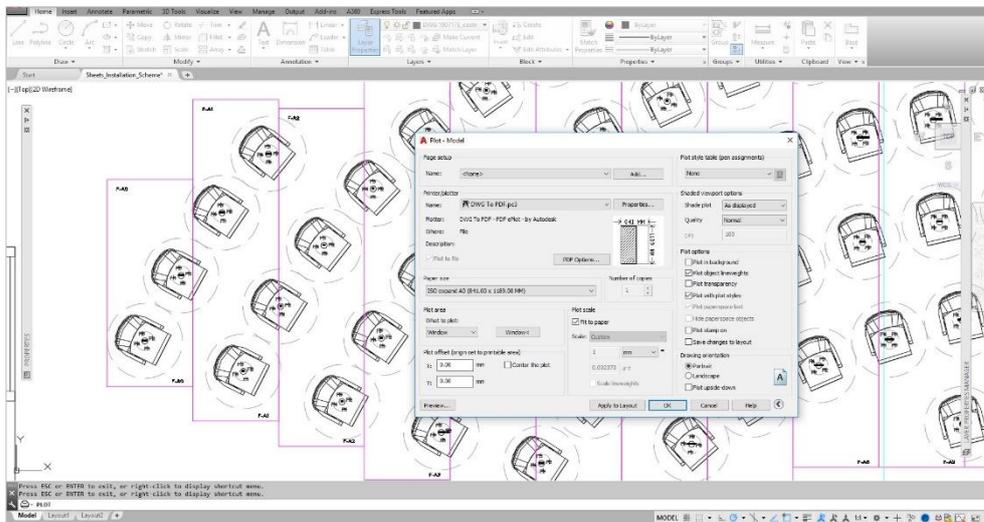


Fig. 124: Output di stampa del file DWG generato dall'algoritmo di ottimizzazione dei frames

3.3.2 Risultati conseguiti: dallo spazio virtuale allo spazio reale

Il risultato delle azioni eseguite nel percorso metodologico del presente contributo, ha agevolato in modo determinante l’operazione finale di installazione della “sedia iOS3” all’interno della Main Classroom della iOS Developer Academy.

Seguono le immagini esplicative del progetto.

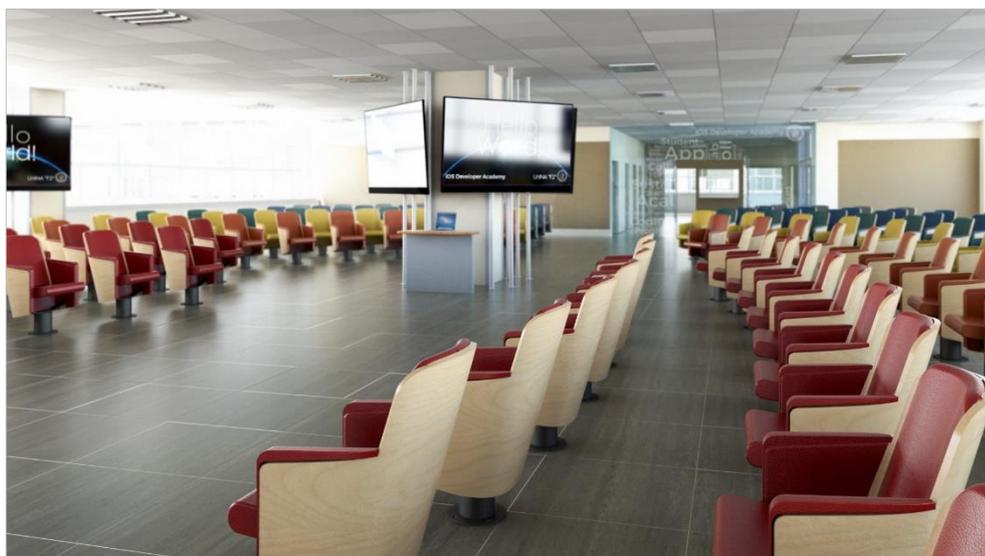


Fig. 125: fase di concept - render Main Classroom 01

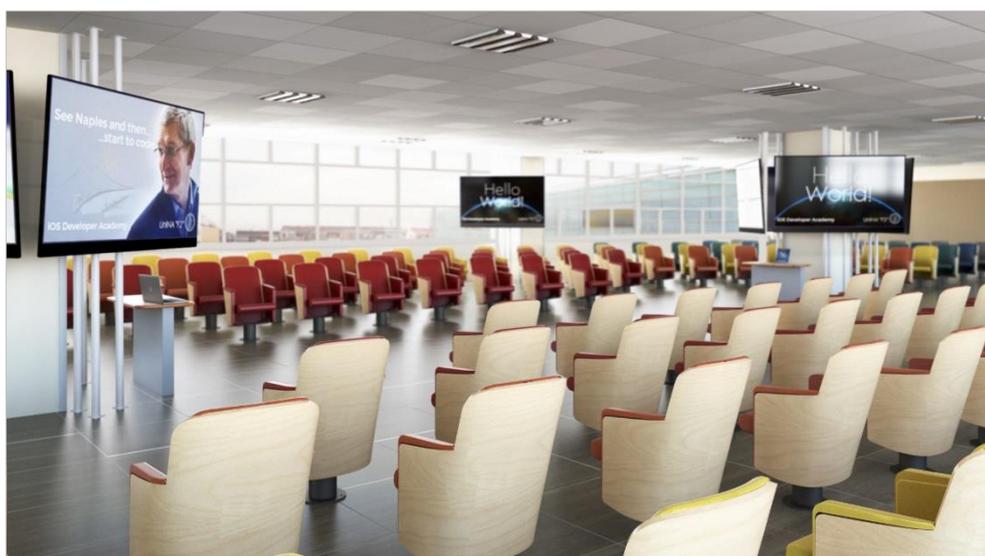


Fig. 126: fase di concept - render Main Classroom 02



Fig. 127: (a) dettaglio del layout di stampa; (b) predisposizione dei layouts di stampa; (c)(d) parziale installazione delle sedute – foto

La strategia di discriminare parametricamente la richiesta iniziale in azioni risolutive semplici (geometriche, spaziali e informative) ha permesso di beneficiare dell'approccio parametrico-algoritmico alla progettazione sin dai primi *briefing* decisionali, ad esempio, sulla scelta del posizionamento e della "regola distributiva" dei colori delle sedute editando in tempo reale orientamento e quantità parziali delle sedute a cui attribuire una colorazione specifica. Conseguenza di tale metodologia è stata l'effettiva rispondenza dei requisiti tecnici con la loro trasposizione sul piano prestazionale come stabilito dalla committenza, dal progettista e dall'impresa.

Dal *render* fotorealistico dello spazio ideale fino alla fase realizzativa dello stesso, la filosofia BIM supportata da quella *Algorithms Aided Design oriented* (AAD) si è dimostrata una risposta efficace ed efficiente alle esigenze funzionali e formali espresse nella pratica

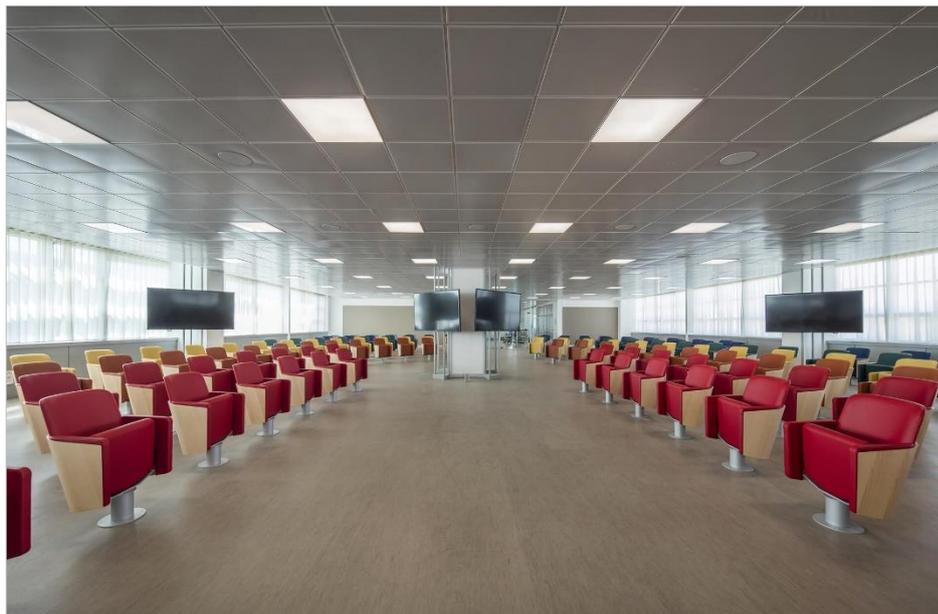


Fig. 128: Main Classroom ultimata - ph. LAMM

progettuale e costruttiva odierna.

Questa nuova forma di approccio esigenziale-prestazionale alla progettazione tecnologica ha dimostrato di contribuire alla produzione di una documentazione tecnica che, oltre ad essere in grado di “in-formare senza alcun limite” il progetto, acquisisce un peso determinante nelle fasi di negoziazione con gli *stakeholders* e con gli operatori di cantiere. Un architetto o designer in grado di motivare le proprie proposte progettuali attraverso dati e fatti concreti in perfetta armonia con l’*intentio* progettuale è un’eloquente dimostrazione del cambio di paradigma indotto dal *know-how* digitale nella progettazione architettonica.

Sebbene il valore invariante della natura culturale del progetto di architettura resti sempre dominio dell’intelletto umano, riflettere sulle implicazioni che gli strumenti sortiscono su di esso potrebbe aiutare a comprendere la direzione vettoriale verso cui il mondo professionale sta già muovendosi. Una diretta conseguenza dell’enorme quantità di *tools* adoperati oggigiorno da un’utenza più o meno esperta è quella di fronteggiare costantemente il problema della interoperabilità tra piattaforme. Questa necessità si presta a due osservazioni: la prima di natura operativa e la seconda di natura programmatica. Nel primo caso si registra nella pratica professionale una crescente inclusione di piattaforme *cloud* di *data computing* e *data storing* che rendono il “dato” sempre accessibile e disponibile incrementando così il *rate* di condivisione e di efficienza collaborativa del team di lavoro e la diffusione della filosofia BIM ed AAD. Nel secondo caso, considerando l’influenza degli strumenti sulla consapevolezza del designer di essere parte attiva nell’intero processo costruttivo non va dimenticato, ed è un aspetto significativo, che dietro al concetto di integrazione strumentale ci saranno sempre strategie di *marketing* delle *Software House* nell’intento di veicolare il sapere tecnico comune. Sarà probabilmente questo il principale

problema tecnico e professionale dell'immediato futuro che bisognerà fronteggiare nelle fasi di definizione, di adozione e di accreditamento dei formati informatici neutri di interscambio al fine di promuovere una cultura del progetto digitale intellettualmente e strumentalmente libera¹⁶⁸.

La realizzazione della Main Classroom in ambiente Revit ha consentito di chiudere il processo produttivo digitale attraverso l'esportazione del modello BIM e del sistema delle sedute all'interno di piattaforme di visualizzazione e condivisione del progetto. La piattaforma *cloud* in questione è Autodesk A360 e gli output che seguono sono visualizzabili su qualsiasi *smartdevice*:

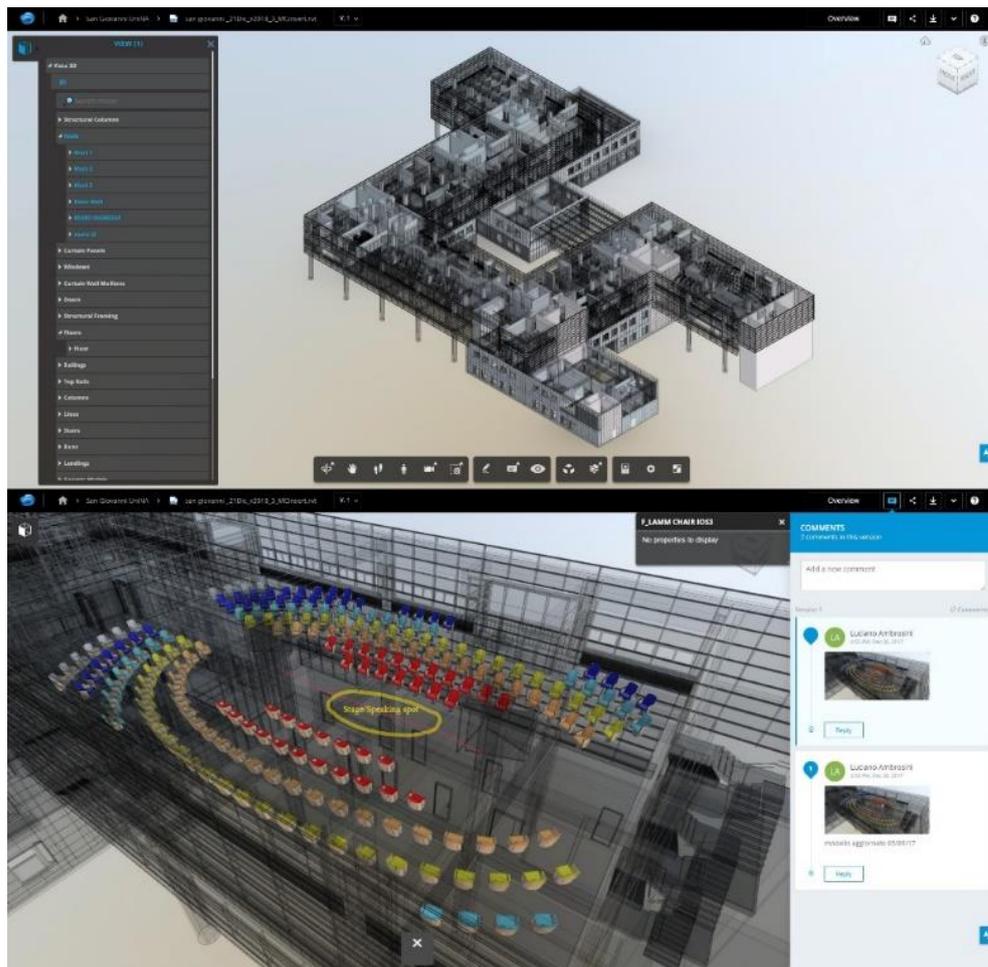


Fig. 129: In alto la visualizzazione in A360 dell'intero modello BIM del polo universitario di San Giovanni a Teduccio; in basso un dettaglio della MC con commenti digitali

¹⁶⁸ L'articolo *Apple Developer Academy tra Progettazione Algoritmica e Construction Management* (L. Ambrosini), è stato presentato alla conferenza "3DModelling & BIM 2018", Università di Roma "La Sapienza" e, congiuntamente, pubblicato sulla rivista digitale "Dn" anno 2018 curata dal prof. Tommaso Empler.

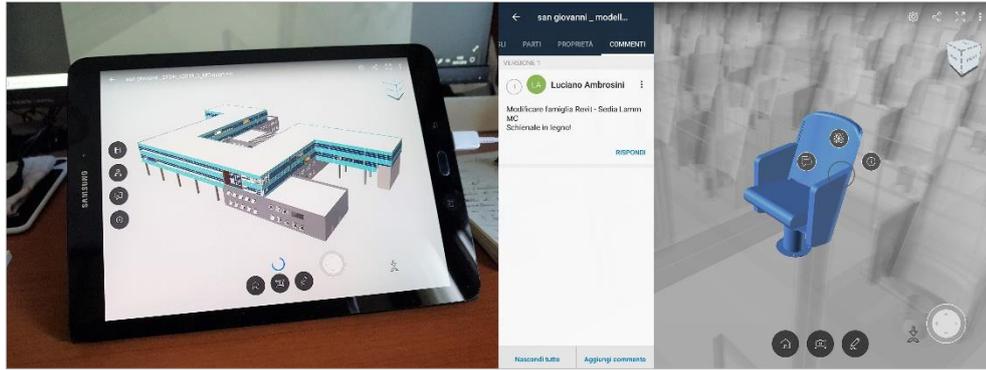


Fig. 130: Fruizione del modello BIM e degli assets prodotti attraverso tablet

3.4 Task Execution C: Comunicazione del progetto e Model sharing

Parallelamente ai metodi in grado di delineare un percorso ripercorribile e modificabile per meglio rispondere alle esigenze progettuali, di certo, la condivisione del modello tridimensionale rappresenta uno dei vantaggi della produzione digitale.

La risoluzione della precedente *task* ha mostrato l’efficacia e l’efficienza di un flusso di lavoro condiviso e, soprattutto, *cross platform*. È proprio l’indipendenza dalle piattaforme¹⁶⁹ ha permesso di esplorare la validità di strumenti in grado di potenziare il livello informativo e comunicativo del progetto stesso. Il caso specifico, la *task* C, ha contemplato la realizzazione di un dispositivo analogico-digitale, *totem*, per la didattica innovativa proposta dalla Apple. La richiesta esplicitata ha riguardato la creazione di un supporto in grado di proiettare a mezzo TV screen il materiale didattico (ma anche quello elaborato dagli studenti) e, al contempo, integrare nello stesso l’aspetto cognitivo che si attribuisce alle tradizionali lavagne. Da un’idea progettuale del professore Sergio Russo Ermolli si è sviluppato il dispositivo denominato *totem*. Quest’ultimo ha richiesto, come prescrive una efficace ed efficiente progettazione collaborativa, il continuo confronto con l’impresa prescelta per la lavorazione delle lamiere per la realizzazione delle opere di lattoneria¹⁷⁰. Di seguito il *concept* del supporto (Fig. 131) con le differenti opzioni di colore concordi col modello dei tematismi cromatici precedentemente illustrati in Fig. 114.

¹⁶⁹ Per indipendenza dalle piattaforme si intende anche la possibilità di utilizzare software installabili su diversi sistemi operativi (multiplatform) e in taluni casi di applicativi in grado di essere eseguiti in ambienti neutri (ad esempio piattaforme web).

¹⁷⁰ La realizzazione del prototipo di totem è stata eseguita dall’azienda FALP (per il laboratorio pilota), una importante azienda di Saviano in provincia di Napoli. Il prototipo, ed i relativi documenti tecnici prodotti per questa ricerca, sono stati successivamente posti a base di gara per la realizzazione del piano definitivo destinato alla Apple Academy.



Fig. 131: Concept del totem con le differenti opzioni di colore

A seguire, invece, l'esploso assonometrico (Fig. 132) prodotto a valle delle molteplici osservazioni avanzate dai diversi attori coinvolti nel processo (ufficio tecnico, impiantisti/informatici, produttore lamiere)



Fig. 132: Esploso assonometrico prodotto per il prototipo di totem - dotazione per i "collaborative pods"

In tal proposito alcuni degli strumenti citati nel primo capitolo si sono rivelati molto utili nella misura in cui la visualizzazione del *concept* digitale è stata condivisa prevalentemente tra i membri del *team* di progettazione per poter modulare la proposta

tecnica del *totem*. La scelta della piattaforma di *Model sharing* è ricaduta su *Modelo*¹⁷¹, un applicativo *browser* che permette di potenziare la gestione del modello e la relativa condivisione della documentazione grafica. Sul terreno culturale della interoperabilità affrontato nella ricerca la piattaforma *Modelo* ha consentito la gestione dei formati CAD più diffusi compresi quelli con estensione .3dm adoperati in ambiente *Rhinceros*.

Questa tipologia di piattaforme si sta aprendo anche sul versante della “comunicazione del progetto” ai modelli BIM proprio per accelerare il processo di *design asset management* e il discorso sui *feedback* interni al *team* di progettazione (ad esempio il citato *slack* - vedere primo capitolo).

Si riporta di seguito il collegamento ipertestuale al video dimostrativo in cui si esplora/studia il modello di prototipo sviluppato (QRc:7).



Video dimostrativo

Esplorazione virtuale e comunicazione del prototipo di “totem”

(QRc:7)



Fig. 133: Interfaccia dell'applicativo *Modelo.io* - sulla sinistra la gestione semplificata dei layers del modello 3D

La sicurezza dell’utenza e la rapidità di assemblaggio del *totem* hanno definito i capisaldi della progettazione attorno i quali sono stati gestiti gli aspetti di *design* nonché quelli funzionali. Senza entrare eccessivamente nel processo produttivo del prototipo che devierebbe dagli intenti del presente contributo si riportano, a seguire, alcuni momenti di confronto in officina durante la produzione della struttura portante del *totem*.

¹⁷¹ Applicativo eseguibile via web da qualunque browser di navigazione internet. In tal modo si svincola l’utente dall’installazione di software di terze parti [accesso web link 18/05/2018] <https://modelo.io>



Fig. 134: Dettagli della struttura portante - Officine FALP



Fig. 135: Fase di assemblaggio della struttura portante del totem

Condivisione e comunicazione efficace hanno portato alla realizzazione di un manufatto ragionevolmente fedele al *concept* di progetto (Fig. 136):



Fig. 136: in alto l'installazione dei totem nel LAB4; in basso il risultato finale del totem in esercizio d'uso

3.5 Task Execution D: Scripting come espressione creativa del Design

L'ultima delle *task execution* è in realtà una sorta di “hack” processuale che razionalizza la procedura di produzione di *stickers*. Questi ultimi sono stati utilizzati per motivi di sicurezza per la segnalazione delle superfici trasparenti che separano alcuni ambienti funzionali della Apple Academy (laboratori e aree collaborative, ma anche uffici amministrativi e spazi comuni). Nel collegamento ipertestuale QRc:8 si rimanda al video dimostrativo del *walkthrough* concettuale mediante il quale è possibile esplorare gli spazi dell'Academy.



Video dimostrativo

Walkthrough concettuale all'interno del modello
BIM della Apple Academy

(QRc:8)

La “passeggiata virtuale” nel modello 3D concettuale consente di visionare gli spazi laboratoriali e collettivi (*collaborative pods* - CoP). La transizione tra questi due spazi con caratteristiche formali e funzionali differenti è definita da infissi con tamponature trasparenti. Per queste ultime si è prevista una soluzione pratica e creativa caratterizzata da *stickers* aventi la forma di una “nuvola” (*cloud* – simbolo evocativo del sistema iCloud della Apple) da qui la definizione di *wordcloud*.

Quest'ultima si caratterizza da un certo numero di parole selezionate disposte secondo una legge distributiva che ne randomizza l'orientamento (Fig. 137).



Fig. 137: Esempio di wordcloud come concept-design per gli stickers

Di seguito si riporta l'effetto renderizzato del concept di base (Fig. 138 e Fig. 139):



Fig. 138: Render dell'area di transizione tra il LAB2 e CoP2



Fig. 139: Render dell'area di accesso alla Main Classroom

Per chiarezza espositiva risulta utile fissare i requisiti che sono stati perseguiti con la produzione di uno *script ad hoc*:

- Necessità di evidenziare in modo opportuno le tamponature trasparenti che separano le aree con differenti attitudini funzionali;
- Customizzazione dell'output in termini di contenuti (testo) e *layout*;
- Adattare il *design* della *wordcloud* alle dimensioni (variabili) delle superfici individuate;
- Gestire il formato digitale di output per agevolare il processo di stampa (materializzazione del concept-design);

Il flusso di lavoro adottato è illustrato in Fig. 140 e descrive il modo in cui il problema assegnato si è trasformato in una occasione di espressione creativa non tanto dell'oggetto prodotto, ma del processo di genesi della *wordcloud*.

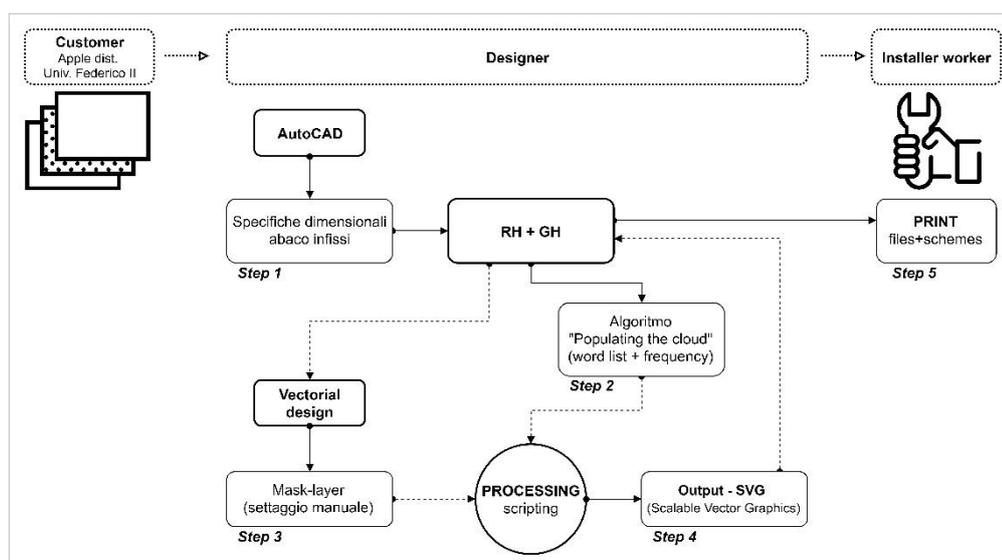


Fig. 140: Diagramma del flusso di lavoro sperimentato per la produzione della wordcloud

L'esperienza collaborativa ha consentito di verificare l'efficacia del flusso descritto nell'immagine precedente focalizzando l'operato sul portale di ingresso alla Main Classroom. Il processo è stato scomposto in 5 fasi definite operativamente dall'uso dei disegni CAD sino allo sviluppo di uno *scripting* mediante la piattaforma "Processing" in grado di generare una immagine vettoriale (dunque scalabile) gestita agevolmente nell'ambiente di modellazione Rhinoceros.

Step 1 - Acquisizione delle specifiche dimensionali dai file dimensionali dell'abaco degli infissi fornito dall'ufficio tecnico (Fig. 141).

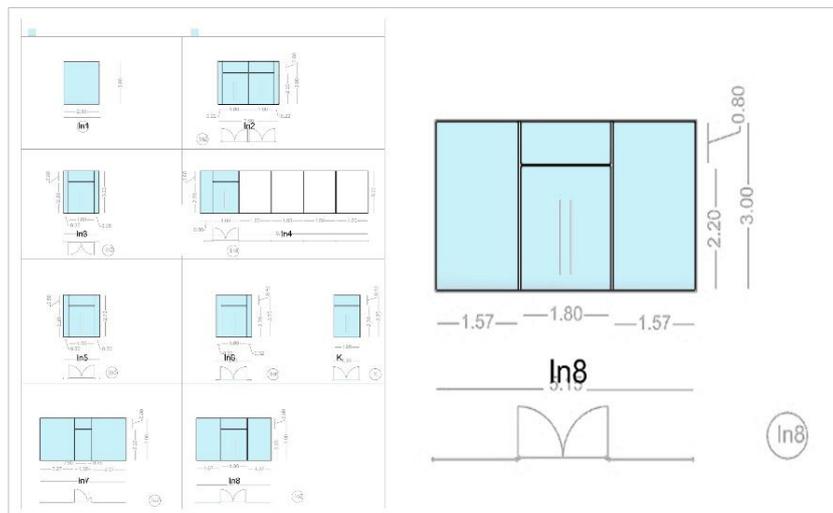


Fig. 141: Sulla sinistra l'abaco degli infissi; sulla destra il dettaglio dell'infisso della Main Classroom

Il dettaglio tecnico è importato nell'ambiente di modellazione al fine di riprodurre un *layout* in scala 1:1 ottenendo le corrispondenze corrette (entro una certa tolleranza dimensionale) tra supporto trasparente e oggetto vettoriale che sarà generato negli steps successivi.

Step 2 – L'idea originale è una "nuvola di parole". È necessario chiarire alcuni aspetti formali che definiscono il *design* finale dell'artefatto generato. Per "nuvola" si intende la forma geometrica del "contenitore" che delimita l'area di stampa della lista di parole prescelte. L'oggetto "contenuto", le parole, devono necessariamente sottostare ad una legge generale di distribuzione che risulta funzione di un parametro numerico che definisce il "peso ponderale" attribuito arbitrariamente a ciascuna parola. Da questo parametro dipenderanno le proporzioni finali delle parole presenti in lista. A tal fine è stato sviluppato un algoritmo (Fig. 142 a) in grado di editare una lista di parole con relativo peso ponderale (mediante *sliders pool*) e con l'opzione di poter salvare la lista in un semplice file di testo (estensione .txt).

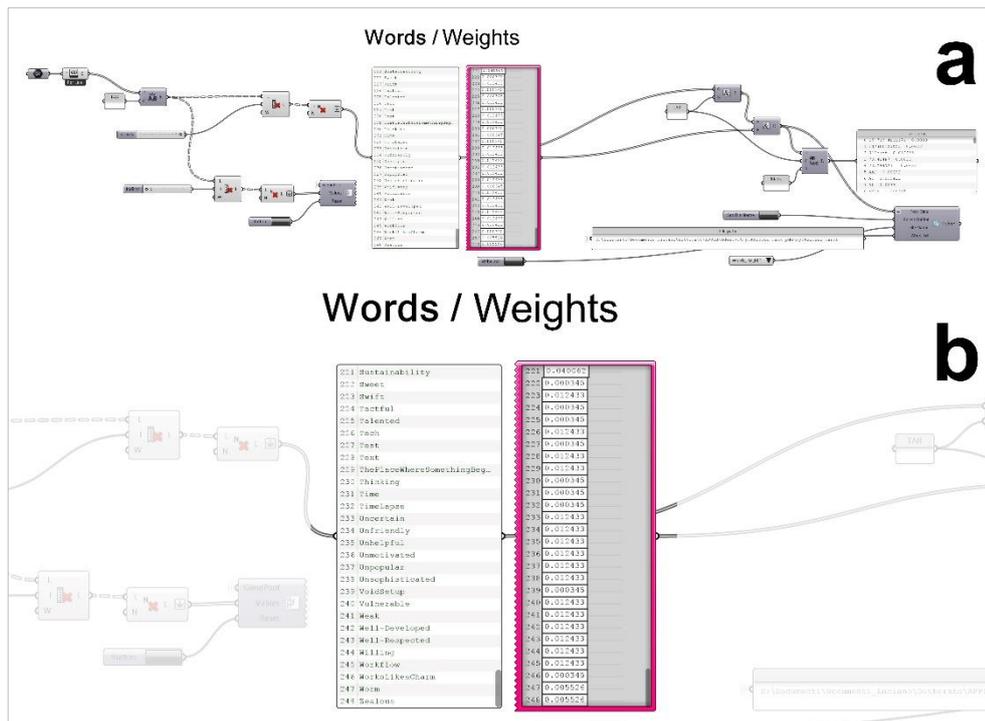


Fig. 142: (a) Definizione di Grasshopper per la produzione della lista di parole con relativo peso ponderale; (b) dettaglio delle caratteristiche della lista

Lo **Step 3** e lo **Step 4** – Definiscono la scelta della forma geometrica del “contenitore” (maschera) che andrà a delimitare l’area destinata alle parole in lista. La possibilità di modellare vettorialmente¹⁷² una “maschera” consente di gestire la corrispondenza formale tra l’oggetto infisso e il dettaglio delle parole in essa contenute. Si riporta di seguito il *mask-layer* adoperato per dimensionare l’area di stampa in modo da sovrapporsi geometricamente all’infisso mostrato in Fig. 141:

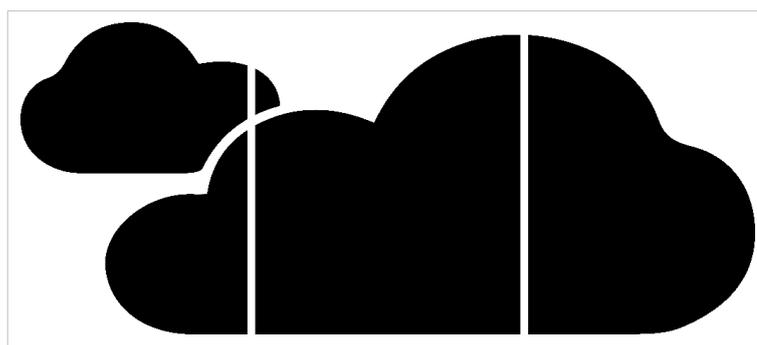


Fig. 143: Mask-layer dell’infisso posto all’ingresso della Main Classroom

¹⁷² Per modellazione vettoriale si intende il disegno di un oggetto con software di editazione vettoriale (ad esempio Adobe Illustrator, Ink Scape, etc.) in grado di esportare i file in formato scalabile.

Lo *scripting* elaborato mediante la piattaforma Processing ha orientato ed eseguito in maniera *random* la distribuzione e la scelta delle parole prescelte.

Il Processing è un linguaggio di programmazione visuale (derivato da quello JAVA) creato nel 2001 da Ben FRY e Casey REAS al MIT Media Lab di Boston, nasce come piattaforma educativa per insegnare a programmare. In particolar modo la sua diffusione è da imputare all'uso che ne fanno i *visual artists*¹⁷³ di grande effetto e a tutti quei designers orientati alla multimedialità ed interattività dei propri prodotti. Si rende necessario in questo appunto precisare che l'accezione visuale è legata alla risposta che la piattaforma restituisce al codice scritto in termini di *feedback* visuali e non in termini di azioni per scrivere il codice semplificandone i costrutti mediante ausili grafici come accade per le piattaforme VPL adoperate (Grasshopper, Dynamo, etc.).

Il collegamento ipertestuale QRc:9 consente di esplorare parte della *task execution D*, mentre in Fig. 144 si riporta l'output generato dal Processing.



Video dimostrativo

Produzione della wordcloud

(QRc:9)

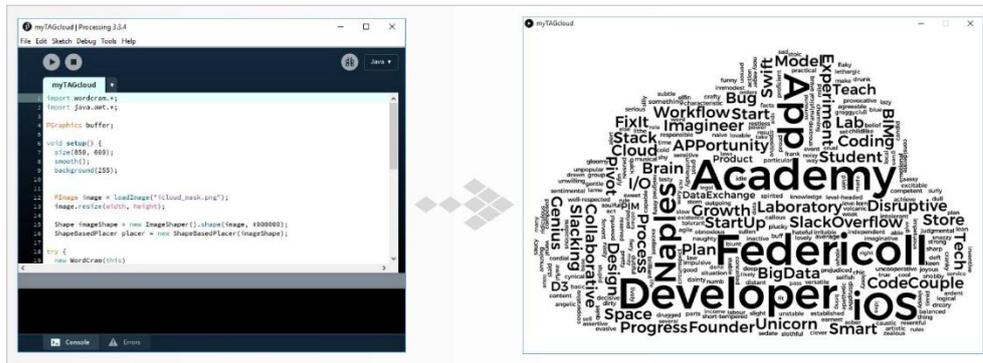


Fig. 144: Produzione della wordcloud mediante scripting in Processing

Ogniquale volta è lanciata l'esecuzione dello script si genera una wordcloud differente; operativamente un *design* di questo tipo porta alla produzione di un artefatto che responsabilmente può mutare in forma e sostanza.

Step 5 – L'ultimo step operativo concerne la trasposizione sul piano materiale dell'artefatto prodotto tuttavia, prima di generare i files di stampa è stato necessario calibrare dimensionalmente la *wordcloud* per ridurre al minimo gli esiti negativi di stampa.

¹⁷³ È possibile visionare un contributo artistico realizzato in Processing dal titolo "unnamed soundsculpture" degli artisti Daniel Franke & Cedric Kiefer al seguente [web link] <https://vimeo.com/38840688>

In ambiente Rhinoceros si è migliorato il posizionamento della nuvola rispetto alle caratteristiche dimensionali del supporto trasparente. Uno dei principali problemi riscontrati ha riguardato spesso la dimensione minima leggibile dei caratteri stampati. Lo sviluppo di un algoritmo di verifica/controllo ha permesso di leggere, all'interno di un *layout* metaprogettuale in scala 1:1, molteplici peculiarità geometriche della *wordcloud* in una anteprima di stampa (Fig. 145):

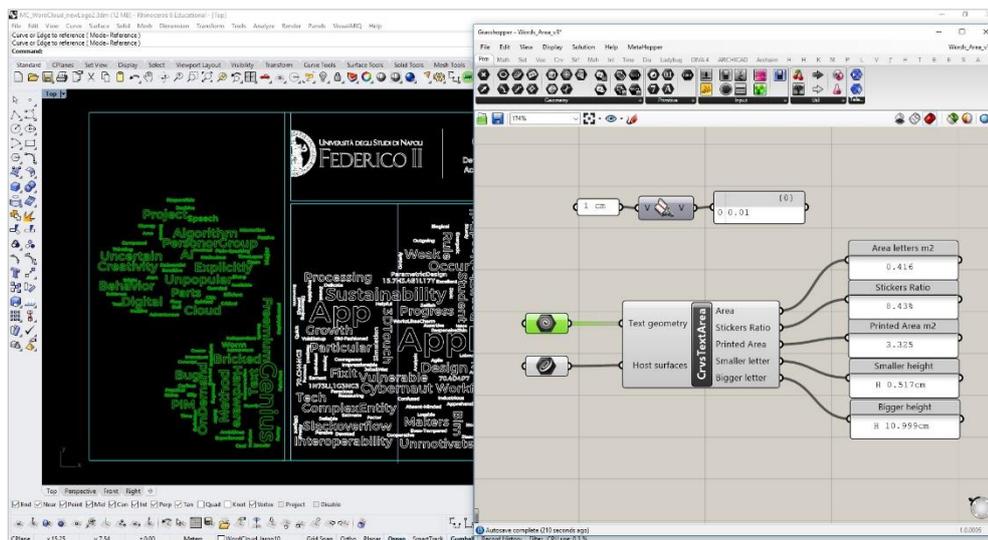


Fig. 145: Definizione di Grasshopper clusterizzata per esercitare un'azione di controllo/verifica sul layout finale della wordcloud

L'algoritmo ha permesso di estrarre, come valore aggiunto, alcuni parametri significativi che caratterizzano l'output digitale e la sua prefigurazione nello spazio reale.

Si riportano nei pannelli alla destra del *cluster* in Fig. 148 i seguenti parametri computati: valore areale delle lettere stampabili (*Area letters*); il rapporto tra area stampata e area priva di stampa (*Stickers ratio*); area di stampa (*Printed area*, layout); dimensione della lettera più piccola (*Smaller heights*); dimensione della lettera più grande (*Bigger heights*). La gestione delle altezze minime dei caratteri è funzione della abilità manuale dell'operatore addetto al taglio del materiale adesivo prescelto; lettere inferiori ad una certa soglia dimensionale non potevano essere agevolmente rifilate senza perdita di dettaglio (nella fattispecie inferiori ai 2 cm). Maggiori dettagli della *wordcloud* sono riportati in Appendice 2.

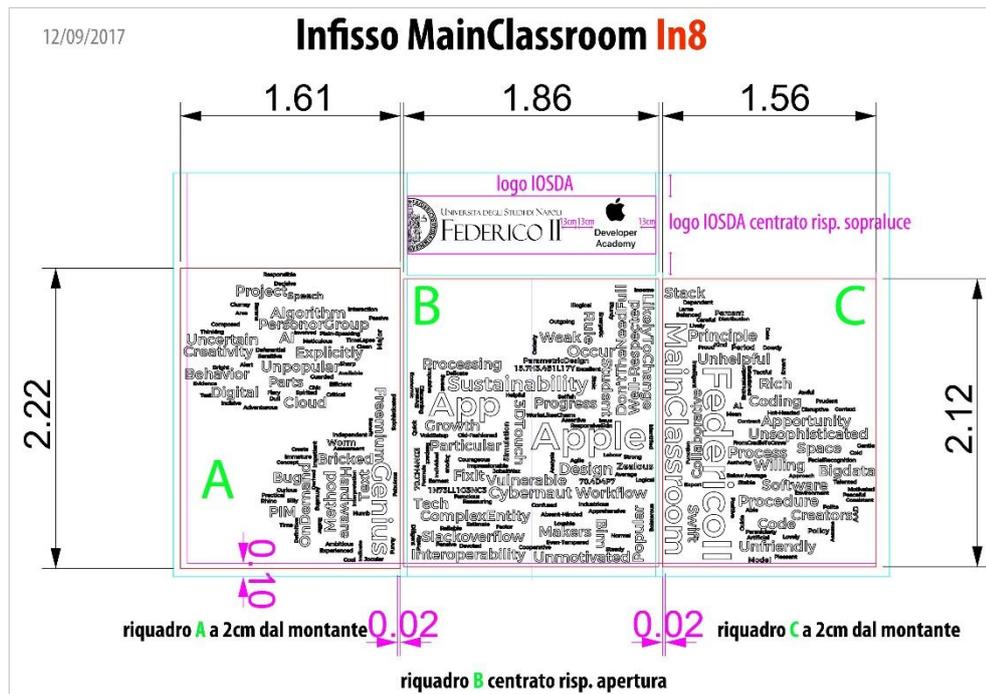


Fig. 148: Schema di installazione della wordcloud

3.6 Considerazioni finali sul caso applicativo

Le considerazioni che verranno di seguito proposte interpretano i macro-temi attorno ai quali si articola il concetto di progettazione “flessibile” come espressione culturale ed operativa dell’Era Digitale. La scomposizione del caso applicativo in quattro *Tasks Execution* ha permesso l’emersione dei seguenti macro-temi:

- *data mining* e *data visualization* – come nuove pratiche di concepimento e comunicazione del progetto
- *sharing model* – come aspetto collaborativo e di condivisione del progetto
- *construction management* – come *outcomes* della digitalizzazione dei processi
- *scripting/coding* – come nuovi linguaggi e strumenti con cui si articola il progetto digitale

Le esperienze riportate nei due casi studio, Generali Towers di ZHA e Artic di HOK, descrivono molto bene il panorama culturale ed operativo all’interno del quale è stato mosso l’intero approccio metodologico esperito nel caso applicativo. Emblematica risulta la lettura di Fig. 32 e Fig. 49 in cui si è entrati nel vivo del flusso di lavoro adottato dai due prestigiosi studi di progettazione. Ciò che risalta è, sostanzialmente, il profilo di competenze in possesso del *design team* in termini di consapevolezza interoperativa degli strumenti digitali adoperati. Nelle immagini su menzionate la fase di *meta-design* è quella

che mette in risalto l'integrazione multidisciplinare, nonché strumentale, dell'intero processo che, come per lo studio ZHA e HOK, anche nel caso applicativo il fulcro centrale della progettazione e il relativo studio delle soluzioni è gravitato proprio attorno al nucleo strumentale costituito da piattaforme di VPL e il modellatore NURBS (*free-form*) Rhinoceros. Si sottolinea come riscontrato da ZHA che il passaggio al BIM è avvenuto in maniera graduale nel tempo secondo un meccanismo di azione-reazione, necessità-obiettivi mentre per HOK e BUROHAPPOLD l'aspetto sperimentale della prassi progettuale era già stato orientato all'utilizzo di *tools* innovativi basati sul *data sharing* consentendo al proprio *teamwork* di eludere la necessità di sviluppare un sistema interno di gestione informativa dei modelli progettuali.

Il sistema innovativo introdotto dalla piattaforma *cloud flux.io* ha rappresentato un ulteriore elemento di innovazione nel flusso di lavoro adottato nella *task execution B*, processo costruttivo della Main Classroom. La messa appunto di un *design cross-platform* è espressione della costante necessità di svincolare il ruolo del progettista dalle logiche operative imposte dagli stessi software ed è esattamente ciò che il *team* di *flux.io* ha descritto molto bene negli schemi delle Fig. 46 e Fig. 47. L'introduzione di elementi in grado di potenziare il *rate* di condivisione informativa del progetto è di per sé un acceleratore formidabile in grado di risolvere il cronoprogramma della produzione con una notevole riduzione dei costi. Questo risultato emerge dalla lettura del diagramma di MACLEAMY di Fig. 33. In quel diagramma il concetto di potenziamento degli aspetti tecnici interoperabili è sinteticamente indicato come "adozione della filosofia BIM" cioè, secondo lo studioso, sposta verso le fasi iniziali della progettazione gli oneri e i costi maggiormente determinanti per il processo produttivo (ovvero le fasi intermedie e finali di gestione amministrativa e di costruzione dell'opera).

Questo risultato apre a due osservazioni: la prima è il ricorso costante alla logica computazionale la quale è sempre stata intellegibile nell'operato di entrambe i casi studio opportunamente individuati. Tale logica nel definire digitalmente il problema da affrontare, o per cui si richiede una lettura multi-criteriale dello stesso, conduce il progettista "naturalmente" verso la definizione di un processo produttivo (digitalizzato) che si traduce inevitabilmente in fatto concreto, ripercorribile, rimodulabile e dinamico, dunque, in metodo. La seconda osservazione, conseguenza operativa della prima, concerne il conferimento del ruolo di archivio informativo del progetto al "modello", che lo rende interrogabile per tutte quelle operazioni definite di *quantity takeoff*¹⁷⁴ e di *scheduling*.

Quest'ultima è ben evidente in Fig. 53 in cui si riporta la schedatura tecnica degli elementi di facciata del centro ARTIC. Nel caso applicativo, secondo una logica riduzionistica, si è eseguita la medesima operazione per quantificare le caratteristiche estetiche e spaziali dell'intero sistema di sedute caratterizzante la Main Classroom.

¹⁷⁴ La quantificazione analitica e dettagliata di tutti i costi, relativi ad ogni lavorazione necessaria al completamento dell'intervento, è una fase fondamentale di ogni opera edilizia. In gergo ci si riferisce ad essa anche con l'espressione di "estrazione delle quantità".

Gli *outcomes* prodotti dalla digitalizzazione dei processi altamente integrati esibisce una perfetta corrispondenza tra ognuna delle singole fasi di sviluppo del progetto. Infatti, come nel caso studio del centro Artic, il *design team* di BUROHAPPOLD e dello studio TOMASETTI hanno concentrato molti degli sforzi tecnici e funzionali proprio nell’analisi olistica dei fenomeni relativi alle azioni del vento impattanti sui pannelli di facciata in ETFE nonché, alla rappresentazione e comunicazione delle “risposte” attraverso un output grafico basato su gradienti di colore e dimensione dei segni grafici (Fig. 51). Il tema della comunicazione degli esiti meta-progettuali è stato elaborato e attuato nella *task execution C* conferendo una certa interattività esplorativa del prototipo analogico digitale a supporto della didattica innovativa della Apple Academy – il Totem – il tutto attraverso la piattaforma *modelo.io*. Una ulteriore e originale interpretazione degli aspetti metaprogettuali è stata quella esperita, invece, nella *task execution A* in cui aspetti di *meta-design* sono stati messi a diretto confronto con i *feedback* d’uso dell’utenza finale raccolti mediante piattaforma di *web survey*.

In pratica l’esperienza del *senior architect* Vito SIRAGO di ARUP relativa all’introduzione di buone pratiche per la progettazione degli stadi (Fig. 39), è stata approfondita e reinterpretata per risolvere alcune criticità inerenti alla disposizione spaziale delle postazioni di lavoro e alla collocazione dei TV screens nel laboratorio pilota dell’Academy. Il tutto è stato poi trasferito in una “interfaccia utente semplificata” in cui la lettura dei risultati e delle analisi di progetto è avvenuta mediante un sistema di convenzioni grafiche e le *pie/line/dot charts* per supportare l’aspetto decisionale delle proposte progettuali.

L’estrazione della conoscenza dalle analisi e dai dati rilevati nei due casi studio, come per il caso applicativo, è spesso stata riorganizzata e filtrata attraverso operazioni di *data design* (a valle di quelle di *data mining*). Questa organizzazione della struttura informativa del progetto è leggibile tra le righe dei due casi studio quando, ad esempio, i diversi team coinvolti si interfacciano gli uni agli altri mediante semplici listati e fogli di calcolo Excel, una pratica, questa, tutt’oggi valida nonostante l’incalzare delle piattaforme di *cloud sharing* e *computing*.

Infine, la necessità/virtù nel ricorrere alla pratica dello *scripting* e del *coding* rappresenta un caposaldo di studi di ingegneria e di architettura che fanno del digitale non il fine ma, bensì, una opportunità strategica-operativa della progettazione contemporanea che “piega” gli strumenti digitali al volere del progettista permettendo di spingere oltre i limiti culturali e strumentali imposti dalle *Software House*. Il risultato di questa pratica computazionale non è di delegare alla macchina gli esiti ed il valore dell’atto progettuale ma, piuttosto, di elevare ad invariante progettuale il dominio dell’intelletto umano sull’intero processo produttivo dei suoi artefatti materiali ed immateriali. Concludendo queste considerazioni sul caso applicativo e cercando di dare un significato al rinnovato rapporto tra strategie operative e confidenza del progettista con le “tecnologie” risultano eloquenti le parole espresse in tal proposito dal professore Attilio NEBULONI del Politecnico di Milano:

«Questo rapporto a differenza di quanto accaduto sino ad ora nella storia, non si misura tanto nell'applicazione di forme di innovazione tecnologica nei processi della costruzione, quanto nella capacità di controllare e gestire il linguaggio e gli strumenti con cui il progetto si articola»¹⁷⁵.

La progettazione flessibile ricercata in questa tesi affonda le sue radici nel concetto di *Computational Design* una modalità di approccio alla progettazione in cui i mondi della programmazione e dell'informatica si incontrano con quello della progettazione e da questo connubio si identificano nuove forme di creatività capaci di interpretare le informazioni con procedure e regole per il progetto. L'approccio algoritmico e parametrico alla progettazione tecnologica sperimentato ha imposto rigore, sintesi e creatività - attitudini fondamentali del progettista "digitale" per risolvere problemi ricorrenti in modo innovativo. Questo approccio alla progettazione impone al designer di definire molto bene, in partenza, il problema dato con la consapevolezza di dover tracciare volta per volta un percorso progettuale che si farà metodo.

¹⁷⁵ Nebuloni A., Rossi A., (2017). Codice e Progetto. Il Computational Design tra Architettura, Design, Territorio, Rappresentazione, Strumenti, Materiali e Nuove Tecnologie. Mimesis Edizioni, Sesto San Giovanni (MI).

CAPITOLO 4

DEFINIZIONE DI UN PARADIGMA PROCESSUALE NELLA PROGETTAZIONE “FLESSIBILE” PER IL CONTROLLO E LA GESTIONE DELLA COMPLESSITÀ CONTEMPORANEA

4.1 Verso il design evolutivo

L’Era Digitale definisce una processualità in grado di codificare la complessità contemporanea dell’ambiente costruito con l’intento di fornire una effettiva rispondenza tra esigenze specifiche e requisiti progettuali, a patto che gli attori coinvolti abbiano un adeguato *digital know-how* (in gergo informale - attori *digi-skilled*). Il *framework* proposto nel lavoro esecutivo esperito risulta, *a fortiori razione*, una reinterpretazione del significato profondo dell’operato dell’architetto (progettista) in termini di valore culturale e programmatico che oggi si attribuisce al progetto di architettura e di prodotto (design) confermando una necessaria rilettura del ruolo dell’architetto come anticipato da John FRAZER nel 1995 nel suo *An Evolutionary Architecture*:

«the role of the architect here, I think, is not so much to design a building or city as to catalyse them; to act that they may evolve. That is the secret of the great architect. [...] The principle exhibited has particular contemporary relevance as society and the environment [...], become ever more dependent upon meaningful information transfer. If you accept that this information environment is becoming of increasing significance, then you must admire this work»¹⁷⁶

Secondo FRAZER un’architettura evolutiva ha lo scopo di indagare i processi generativi formali dell’ambiente costruito un po’ come la ricerca scientifica da secoli fa con lo studio della teoria morfogenetica del mondo naturale. Sostenendo che l’Architettura è da sempre considerata come una sorta di mondo artificiale essa deve necessariamente sottostare ai principi di morfogenesi, di codifica genetica, replicazione/riproduzione e, dunque, di selezione (in senso darwiniano). Ancora FRAZER:

«The aim of an evolutionary architecture is to achieve in the built environment the symbiotic behaviour and metabolic balance that are characteristic of the natural environment»¹⁷⁷

¹⁷⁶ Frazer, J. (1995). *An evolutionary architecture*. London, Architectural Association, p. 8.

¹⁷⁷ Op. cit.

L’apporto dei software (dato il progresso del comparto hardware) produce una accelerazione espressiva e concettuale del modo in cui il progettista digitale articola i significati di tempo, spazio ed interazione intrinseci al progetto in senso stretto. Modelli digitali e simulazioni al computer rappresentano il modo più immediato di interagire con l’idea generativa progettuale attraverso lo sviluppo agile di prototipi materiali e immateriali. Come si è dimostrato nel caso applicativo e per la Main Classroom e per la pratica dello *scripting/coding* e per la genesi produttiva della *wordcloud*, elaborare un paradigma processuale orientato alla gestione di una progettazione “flessibile” significa non solo avere la possibilità di produrre un numero ampio di possibili configurazioni (famiglie di soluzioni) in un lasso temporale molto ristretto, ma allo stesso tempo di poter interagire con le variabili e costrizioni intrinseche al progetto. Tutto ciò si traduce edonisticamente in potenziamento della lettura critica del processo e dei risultati proposti.

«These techniques have previously been limited to easily quantified engineering problems. Only now is it becoming feasible to apply them to the complex problems associated with our built environment. To achieve this, we have to consider how structural form can be coded for a technique known as a “genetic algorithm”, how ill-defined and conflicting criteria can be described, how these criteria operate for selection, and how the morphological and metabolic processes are adapted for the interaction of built form and its environment»¹⁷⁸

Questa forma di adattamento e di interazione insita nell’approccio algoritmico alla progettazione dell’ambiente e dello spazio costruito emerge dagli studi di FRAZER, sottendendo una distinzione ben definita tra i concetti di *computer-aided* e *computerizzazione* (che oggi definiremmo più come automatizzazione) come scriveva Nicholas NEGROPONTE nel 1970 nel suo *The Architecture Machine*:

«Computerized operations are too often misnamed computer-aided. The computerized/computer-aided distinction is too often confused with, or solely embodied in, the mode of machine usage»¹⁷⁹

Ovvero, una processualità “dialogata” con la macchina nel primo caso, mentre una mera automatizzazione (*batch processing*) nel secondo caso. Nella intenzionalità di definire un paradigma processuale per il controllo e la gestione di una progettazione “flessibile” risulta fondamentale superare l’approccio automatizzato delle *routines* (incremento della produttività) per focalizzare l’attenzione sugli aspetti processuali del *coding* progettuale e solo in ultima istanza prevederne una sua automatizzazione. L’architettura evolutiva di FRAZER, tuttavia, sembra ritrovare oggi un fondamento saldo nella ricerca computazionale applicata al design e nei progressi scientifici fatti nel campo delle discipline biologiche. Infatti, negli ultimi anni, nell’ambito della progettazione orientata al *problem-solving*, l’uso di algoritmi genetici è divenuto sempre più di uso comune – ossia l’uso di algoritmi basati su modelli evolutivi biologici (tematica introdotta nel paragrafo 1.2.2.2). Essi furono definiti per la prima volta nel 1975 nel libro *Adaption in a*

¹⁷⁸ Ibidem.

¹⁷⁹ Negroponte, Nicholas. 1972. *The Architecture Machine*. The MIT Press Cambridge, p. 32.

Natural and Artificial Systems del professore americano di psicologia ed ingegneria elettrica, nonché studioso di *computer science*, John Henry HOLLAND dell’Università del Michigan. L’argomento è stato ulteriormente ampliato e approfondito nei decenni successivi fino all’importante congresso sul tema tenutosi a Dortmund, intitolato *Parallel Problem Solving from Nature*¹⁸⁰. Il concetto di automatizzazione sembra ulteriormente passare in secondo piano nel lavoro di ricerca dello studioso di *computational design* Manuel DELANDA sulla base degli studi di Gilles DELEUZE and Felix GUATTARI.

DELANDA nel suo *Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture*¹⁸¹, riporta quanto segue:

«To return to the genetic algorithm, if evolved architectural structures are to enjoy the same degree of combinatorial productivity as biological ones they must also begin with an adequate diagram, an “abstract building” corresponding to the “abstract vertebrate”. And it is at this point that design goes beyond mere breeding, with different artists designing different topological diagrams bearing their signature. The design process, however, will be quite different from the traditional one which operates within metric spaces. [...] Thus, architects wishing to use this new tool must not only become hackers (so that they can create the code needed to bring extensive and intensive aspects together) but also be able “to hack” biology, thermodynamics, mathematics, and other areas of science to tap into the necessary resources»

Dunque, una delle peculiarità della “flessibilità” progettuale affrontata nel presente contributo è senz’altro foriera di una visione multidisciplinare e scalare in cui la Ricerca per l’architettura, il design il territorio e la rappresentazione sta protendendo negli ultimi anni – “to hack”, un’azione che entra nel merito della “black box”, probabilmente, l’azione che più fa emergere l’aspetto euristico della *praxis* progettuale letta criticamente nella contemporanea necessità della digitalizzazione dei processi (leggasi funzionamento del processo progettuale dallo fase immateriale a quella materiale). Sempre più spesso il tema della digitalizzazione lega il progettista agli strumenti informatici (*tools e toolkits*) che a seguito del passaggio generazionale ed evolutivo dagli strumenti CAD a quelli BIM si è finiti inevitabilmente col classificare, spesso, tale professione al pari di quella di un “artigiano digitale”. In tal proposito Andrea GRANELLI, esperto in nuove tecnologie ed innovazione nonché presidente dell’Associazione Archivio Storico Olivetti, in un’interessante articolo dal titolo: *Generatività digitale: la cultura artigiana incontra l’etica hacker*¹⁸², prova a descrivere l’importanza dell’adozione delle potenzialità generative del digitale lungo due direttrici caratterizzate dalla coesistenza della cultura artigiana con quella dell’etica hacker contemplando la costante necessità, come egli asserisce, di “adattare una *cassetta di attrezzi* ad uno specifico contesto, bilanciando correttamente buone pratiche consolidate con specificità individuali” senza l’imposizione di comportamenti standard o di adozione forzata delle tecnologie stesse. Questo parallelo,

¹⁸⁰ Cfr. [accesso web link 20/06/2018] <http://ppsn2014.ijs.si>

¹⁸¹ Cfr. [web link] <https://www.cddc.vt.edu/host/delanda/pages/algorithm.htm>

¹⁸² Rif. [web link] <http://www.generativita.it/it/workshop/2013/04/30/generativita-digitale-la-cultura-artigiana-incontra-letica-hacker/31/>

secondo GRANELLI, porta alla condivisione di un’ulteriore affinità legata alla logica del “manutenere” (riparazione) tipica della cultura artigiana:

«In effetti fabbricare e riparare sono un tutt’uno e solo chi li possiede entrambi vede al di là dei componenti di un oggetto e coglie la finalità complessiva e la coerenza di una tecnica. Solo aggiustando si capisce infatti come le cose funzionano intimamente, si svela l’anima degli oggetti. Oltretutto la crescente sensibilità ambientalista che guarda con preoccupazione gli sprechi ed è consapevole che le risorse del nostro mondo sono finite considera sempre più importante il riciclo e il riutilizzo. Ora nel mondo del software la manutenzione è particolarmente connaturata con lo sviluppo e si stanno diffondendo sempre di più software “ri-utilizzabili”»¹⁸³

Questo aspetto è fondamentale nell’ottica definitoria di un paradigma progettuale flessibile – d’altronde flessibilità e riutilizzo rappresentano un concetto duale proprio della cultura tecnologica. L’etica hacker, ovvero la seconda direttrice individuata da GRANELLI, è quella descritta da padre Antonio SPADARO nel suo *Etica “hacker” e visione cristiana*¹⁸⁴, ovvero, quella di “affrontare sfide intellettuali e progettuali per aggirare o superare creativamente le limitazioni che gli vengono imposte nei propri ambiti d’interesse”. Ancora GRANELLI:

«Gli hacker sono guidati da una sorta di filosofia di vita, di atteggiamento esistenziale, giocoso e impegnato, che spinge alla creatività e alla condivisione, opponendosi ai modelli di controllo, competizione e proprietà privata. L’hacker è di fatto un creativo sempre in ricerca che non si accontenta di un lavoro ben fatto (come l’artigiano) ma vuole dare un contributo personale originale alla Conoscenza. [...] egli vive e interpreta il suo gesto creativo come una forma di partecipazione al ‘lavoro’ di Dio nella creazione»

Le esperienze professionali e le interviste riportate nei paragrafi 2.2.1 e 2.3.1 (ARUP, BUROHAPPOLD, Flux.io) sono l’eloquente espressione di questo dualismo culturale delle figure dell’artigiano e dell’hacker – *forma mentis* sempre più richiesta al progettista dell’Era Digitale. Un contributo personale, come scrive GRANELLI, che tende ad una forte partecipazione emotiva al progetto quanto ad una naturale creatività stimolata dalla condivisione – qualità in grado di generare innovazione nell’avanzamento disciplinare.

L’elaborazione di un paradigma processuale per una progettazione “flessibile” che controlla e gestisce la “complessità” contemporanea dovrebbe, infine, confrontarsi con il significato di “scopo” rispetto al quale l’architetto è abituato a programmare la sua intera attività lavorativa. Nel mondo digitale lo scopo della programmazione-progettazione è ancora uno dei principali elementi discriminatori processuali, ad esempio, in base ad esso è possibile distinguere tre livelli di applicazione degli algoritmi nell’attività pratica attraverso specifiche strumentazioni:

- *Primo livello*, ossia uso del CAD in cui gli obiettivi sono fissati a priori dal confronto tra progettista e committente e ottimizzati dall’uso di strumenti mettendo a sistema qualità estetiche, efficienza impiantistica, efficienza strutturale etc.;

¹⁸³ Ibidem.

¹⁸⁴ Cfr. [web link] <https://www.laciviltacattolica.it/articolo/etica-hacker-e-visione-cristiana>

- *Secondo livello*, software che si basano sull’uso di algoritmi evolutivi/genetici che lascia maggiore libertà operativa al computer definendo “famiglie di soluzioni” e spesso topologie non prevedibili a priori dal progettista (*form finding, form shaping*);
- *Terzo livello*, in cui lo scopo diventa la ricerca di una nuova funzione a cui si attribuisce una forma nota, per chiarire questo terzo punto risultano illuminanti le parole del fisico e matematico britannico Stephen WOLFRAM: “Esplorare l’universo computazionale ci fa scoprire un mucchio di cose interessanti poi bisognerà armonizzarle con gli scopi umani”.

Gli ultimi due livelli di applicazione degli algoritmi possono, con molta probabilità, definire una nuova visione della pratica progettuale, ridefinire il ruolo del progettista e originare un nuovo significato di Architettura al pari del progressivo accrescimento della consapevolezza della natura Umana stessa. Tom WISCOMBE definisce questa visione dell’architettura post-umana come una sorta di terra di mezzo tra il soddisfacimento di specifici standard, sotto l’egida prescrittiva della funzione come espressione della tecnica, e la visione che tiene conto, attraverso una trasversalità culturale, delle variazioni contestuali e della dinamicità delle informazioni in una processualità che apre la strada a nuovi modelli di coerenza¹⁸⁵ per la sperimentazione progettuale.

4.2 Template di processo e diagrammatica computazionale

Le strategie progettuali costruite all’interno delle piattaforme di *Visual Programming Language* (VPL) attraverso il codice digitale hanno dimostrato di essere in grado di definire nuovi scenari progettuali nonché una direzione vettoriale del possibile mutamento di ruolo e responsabilità degli attori coinvolti nel processo. L’avvento di un’Era, quella digitale, ricca di trasformazioni inerenti al mondo fisico ed alla sua interpretazione e comunicazione in termini di vincoli culturali ed operativo-tecnici, riconosce in questi elementi un ruolo cardine attorno al quali si articolano i contenuti e la struttura spaziale del progetto non più di natura emergenziale ma, bensì, come fatto noto e reale. Lo spostamento del paradigma progettuale verso uno statuto processuale, ancor meglio del modo di operare con gli elementi che articolano il progetto digitale è un interessante *topic* già individuato dallo studioso Ed VAN HINTE nel 2003:

«Instead of being merely the producer of a unique three-dimensional product, architects should see themselves as programmers of a process of spatial change. The time factor and the fact that life is enacted in dynamic processes needs incorporating in the architectural design. A process-based architecture of this order brings about a process rather than a finished article, a set of possibilities that puts the product aspect in the hands of its users. Process-based architects need to concern themselves most of all with creating a field of change and modification, with generating possibilities instead of facts. It doesn’t need to

¹⁸⁵ Wiscombe T., (2015). *New models of coherence*, in *Complessità e Sostenibilità nel Progetto*, n. 13, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, pp. 6-10.

be an immaterial, virtual architecture. On the contrary, the presence of a physical, spatial structure always will be a necessary condition for potential use»¹⁸⁶

HINTE promuove una visione dell'architettura in cui l'aspetto progettuale diviene il mezzo programmatico per la produzione di trasformazioni, cambiamenti e soprattutto possibilità. Dunque, una Architettura intesa come “ecosistema” al pari della Natura, e non come un sistema protesico della stessa, solo in questo modo – afferma HINTE – essa potrà formalizzarsi come il risultato di un processo strutturalmente definito dai comportamenti dinamici dell'utenza e come conseguenza “delle mutevoli esigenze e delle mutevoli condizioni esterne e interne” all'ecosistema Architettura.

Un interessante articolo dell'architetto francese e studioso del digitale, Frédéric NANTOIS dal titolo *Lo stile informazionale in architettura*¹⁸⁷ scrive quanto segue rispetto al tema della operatività e degli strumenti adottati dagli architetti digitali per la produzione delle possibilità e trasformazioni di cui sopra:

«[...] lo spazio digitale deve anche essere considerato per quello che è concretamente: uno strumento di ottimizzazione della produttività. La riorganizzazione delle attività di servizio, ma anche della produzione industriale attraverso l'adozione di strumenti di trattamento dell'informazione dalle qualità ben superiori a quelle della tayloristica suddivisione del lavoro, hanno mostrato il loro ruolo decisivo nella modificazione della struttura d'impiego (telelavoro), delle imprese (mondializzazione), e dell'economia (globalizzazione). Tutto ciò non è senza conseguenze nel quadro spaziale delle attività e l'architettura deve ovviamente fare in modo di integrare le tecnologie di ottimizzazione. L'invenzione e la diffusione dell'idea di “edificio intelligente”, tanto per gli uffici che per l'industria è una risposta a questa ricerca del massimo profitto sullo spazio, all'approccio manageriale all'architettura»¹⁸⁸

Massimo profitto sullo spazio e approccio manageriale all'architettura, come riporta NANTOIS sono condizioni che, in merito alla strategia progettuale adottata, ovvero computazionale algoritmica (*design strategies* come descritto nell'introduzione del capitolo 2), si attuano mediante il principio di associatività secondo una logica diagrammatica nella progettazione. In tal senso la ricerca del gruppo di ricerca *Objectile* di Patrick BEAUCÉ, Bernard CACHE presentata nel 2004 all'inaugurazione della mostra *Non-Standard Architecture*, presso il centro Georges Pompidou chiarisce:

«Che cosa intendiamo per associatività? L'associatività è il metodo che, tramite l'utilizzo di un software, permette di costituire il progetto architettonico attraverso una lunga catena di relazioni, dalle prime ipotesi concettuali fino alla guida delle macchine che prefabbricano i componenti da assemblare in cantiere. Disegnare con un software associativo equivale a trasformare il disegno geometrico in un'interfaccia di linguaggio di programmazione. [...] tutto questo diviene interessante in campo architettonico solo a condizione di poter costituire delle lunghe catene di dipendenze, sulla base di un piccolo numero di elementi primitivi che denomineremo, in gergo tecnico, dei “genitori originari”. Prima conseguenza, dunque, dell'associatività: l'obbligo di formalizzare razionalmente il progetto architettonico, prendendo ben cura di distinguere antecedenti e dipendenti, col rischio altrimenti di creare dei riferimenti circolari o altri tipi di incongruenze logiche.

¹⁸⁶ Hinte, Ed van. (2003). *Smart Architecture*, 010 Publishers, Rotterdam, pp. 134-135.

¹⁸⁷ Articolo tradotto da Marco Brizzi in webzine *Extended Play gli architetti e lo spazio digitale* [accesso web link 22/06/2018] <http://architettura.it/extended/19990901/index.htm>

¹⁸⁸ Ibidem

L’associatività costituisce dunque un filtro che obbliga a pensare in maniera razionale il progetto di architettura e ad esplicitarne le ipotesi¹⁸⁹

Questa entità progettuale definita da CACHE e dal suo gruppo di ricerca che si occupa di geometria e ontologia computazionale, riprende il concetto di “oggettile” definito da DELEUZE, ossia, una sorta di oggetto indeterminato, una entità progettuale mai totalmente compiuta perché potenzialmente implementabile attraverso una lunga catena di relazioni che intervengono tra le ipotesi iniziali e la sua realizzazione/fabbricazione. Secondo Attilio NEBULONI, docente di Design presso il politecnico di Milano, il lavoro di CACHE aiuta a rivolgere l’attenzione sul significato attribuito alla scrittura del “codice” rispetto a quello deterministico di “tipo” all’interno del panorama progettuale dell’architettura digitale. Afferma NEBULONI:

«Se il tipo rimanda alla soluzione, la tipologia ne rappresenta il processo, in cui l’ordine della distribuzione (guidato in questo caso dalla definizione “funzionale”) e le regole della composizione, sono i parametri utili a giustificare una coerenza disciplinare del progetto. Nella computazione il processo segue logiche differenti. Diversamente dalla tipologia, il processo di matrice computazionale è proliferativo e la relazione tra il codice ed il linguaggio non prevede la costruzione di una classificazione, ma le ipotesi nascono dalla generazione di interazioni tra elementi base del linguaggio stesso, lasciando la configurazione finale libera di organizzarsi in funzione della componente di contenuto (del messaggio)»¹⁹⁰

Il linguaggio stesso del codice che determina le modalità di interazione tra gli “oggetti” non definisce, secondo NEBULONI, degli schemi rigidi, ma proprio come fa un diagramma ne descrive “le sole tracce lungo le quali articolare delle ipotesi di rappresentazione” definendo più una idea di concetto piuttosto che di immagine a cui ispirarsi. Dunque, se le invarianti di progetto sono le relazioni, il percorso lungo il quale esse si articolano con trasformazioni, iterazioni e combinazioni può considerarsi proprio come un *template* di processo. Lo stesso NEBULONI parla di “template” e non di “tipo” in quanto esso alimenta le azioni progettuali digitali attraverso la programmazione di una struttura di regole e non con un “a-priori generale in continuità con i modelli formali dell’esperienza costruita”. L’interesse dimostrato nella selezione dei casi studio e in particolar modo al caso applicativo ha riportato l’attenzione del percorso progettuale sull’adozione della logica *bottom-up*, dal basso, oltretutto, considerata la natura diagrammatica dell’approccio computazionale alla progettazione i “parametri”, integrati nel codice, ne rappresentano gli elementi minimi della struttura di insieme. Mentre il paradigma tecnologico tradizionale tende a definire sempre in principio una struttura e successivamente ne entra nel dettaglio

¹⁸⁹ Articolo *Verso un modo di produzione non standard*, tradotto da Teresanna Donà in webzine Extended Play gli architetti e lo spazio digitale [accesso web link 22/06/2018]
<http://architettura.it/extended/20040214/index.htm>

¹⁹⁰ Nebuloni, A., & Rossi, A. (2017). *Codice e Progetto. Il computational design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie.* (M. Edizioni, A cura di) Sesto San Giovanni (MI), p. 27.

con le sue parti funzionali e costruttive, una logica *bottom-up* esalta un comportamento sistemico in cui le parti sono in grado di influenzarsi ma in senso reciproco e trasversale.

Rispetto al lavoro di ricerca il paradigma processuale è emerso nelle fasi meta-progettuali degli spazi operativi del laboratorio pilota ed in particolare in riferimento alle configurazioni spaziali e geometriche delle postazioni. Per quest’ultime il posizionamento è stato correlato ad un sistema “intrecciato” di relazioni e ad una serie di risposte percettive da cui, in un secondo momento, si è verificata la risposta dell’utenza in termini di prestazioni all’uso dello spazio architettonico. La logica *bottom-up* applicata ad una visione sistemica della progettazione è emersa, ancora una volta, dall’approccio parametrico alla definizione di attributi caratterizzanti gli *assets* della Main Classroom. In questo caso l’input iniziale è stato quello di definire le caratteristiche morfologiche delle sedute e dell’ordine distributivo delle stesse. Gli algoritmi elaborati in questo caso hanno definito, come già espresso nel paragrafo 3.3.1, un design *cross-platform* che ha sistematicamente definito una struttura di sviluppo e articolazione delle parti del progetto (in questo caso della *task* B) come un vero e proprio diagramma, la cui lettura è stata semplificata mediante raggruppamento di funzioni e sottofunzioni orientate al posizionamento degli oggetti. Volutamente è stata utilizzata l’espressione “oggetti” per un motivo di natura operativa in quanto, l’oggetto, nel linguaggio di programmazione orientata agli oggetti¹⁹¹ (*Object Oriented Programming*, OOP) rappresenta una sorta di contenitore per il quale il codice ne stabilisce il comportamento generale, ovvero sia, il modo in cui esso si relaziona ad altri oggetti e, dunque, all’insieme stesso – un elemento minimo in grado di adattarsi a molteplici condizioni del contesto senza alterare il flusso informativo racchiuso nel diagramma di progetto¹⁹².

Alla luce di quanto sino ad ora dibattuto in luogo alla diagrammatica computazionale risulta utile illustrare in termini di *design strategies* piuttosto che di *design techniques*, i due concetti espressi da Birger SEVALDSON (cfr. introduzione al capitolo 2), il *template* processuale adottato nella risoluzione della *task execution* B (paragrafo 3.3) relativa alla Main Classroom della Apple Academy. Di seguito si ripropongono i diagrammi computazionali codificati nei due ambienti di VPL (Dynamo e Grasshopper) per la generazione della configurazione spaziale delle sedute della Main Classroom con relativa azione di informazione del modello BIM che, in questo esempio, è stato interamente sviluppato in ambiente Graphisoft Archicad¹⁹³.

¹⁹¹ Un esempio di linguaggi informatici orientati agli oggetti (OOP) adoperati anche in architettura sono il C++, Java, Delphi, Python, C#, Visual Basic .NET, Perl. In particolare, negli algoritmi elaborati lo scripting è spesso ricorso ai linguaggi C#/C++ e Python.

¹⁹² Il diagramma di progetto ha spesso coinciso con lo sviluppo dei flow chart delle definizioni di Grasshopper e Dynamo.

¹⁹³ La versione del software di BIM authoring Archicad è la v. 22 con l’ausilio della Live Connection con Grasshopper.

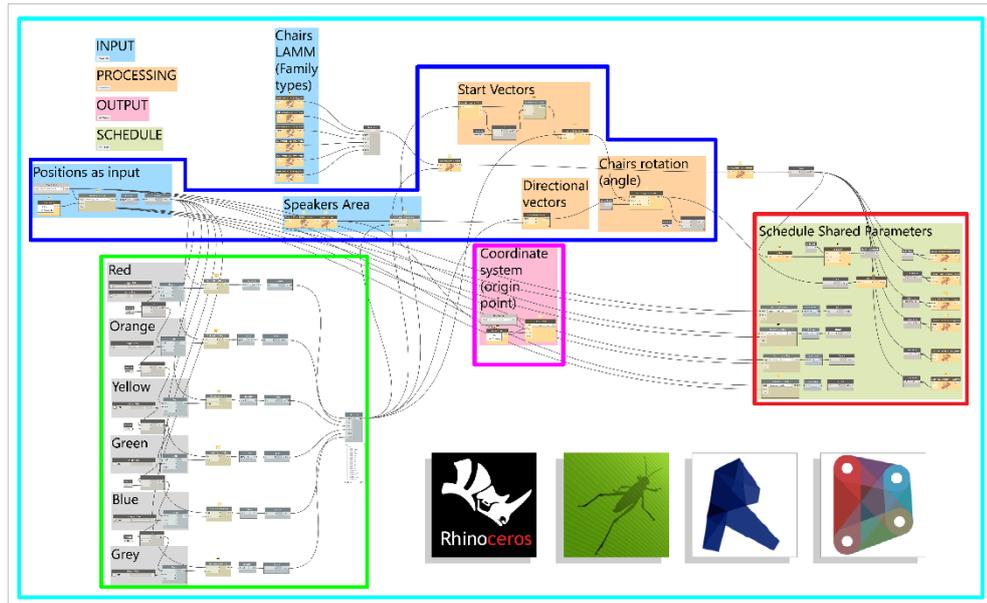


Fig. 149: Diagramma computazionale A - algoritmo visuale di Dynamo per l'ambiente BIM Revit

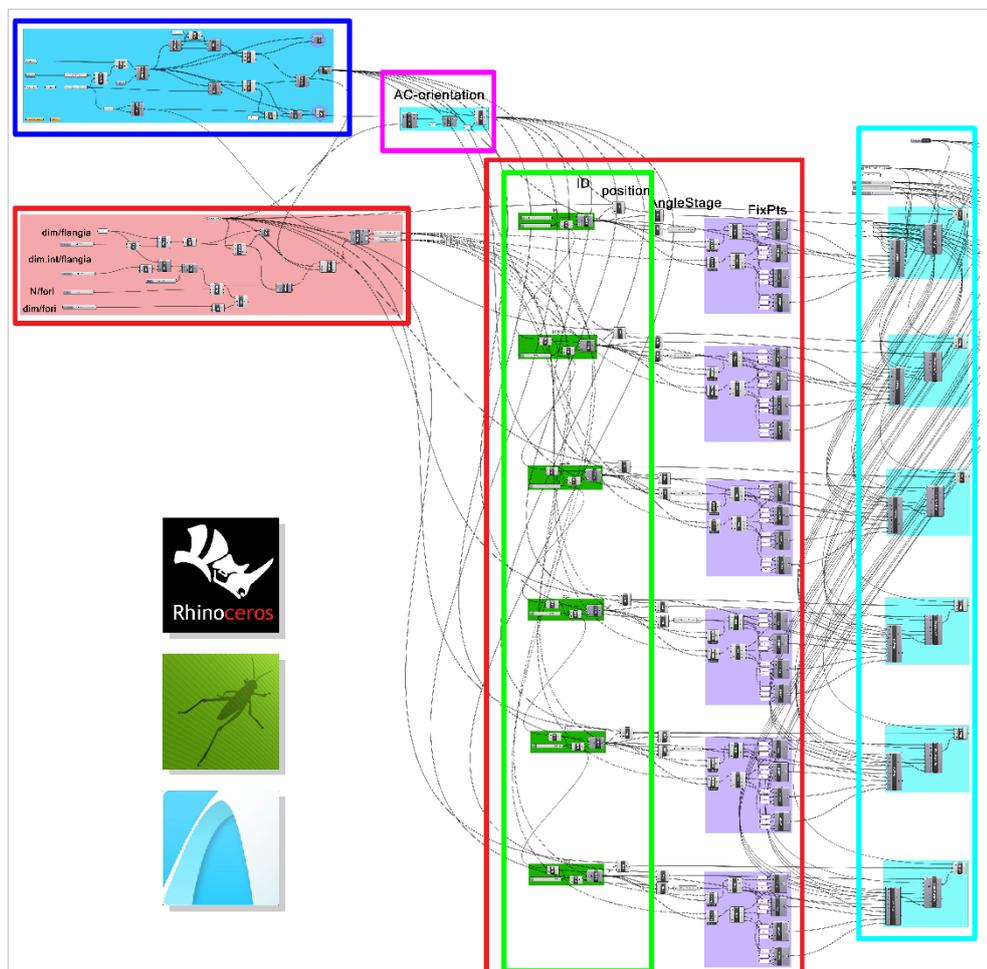


Fig. 150: Diagramma computazionale B - algoritmo visuale di Grasshopper per l'ambiente BIM Archicad

Per quanto possano risultare morfologicamente differenti ¹⁹⁴ i diagrammi computazionali in Fig. 149 e in Fig. 150 essi sottendono la medesima strategia progettuale, dunque, condividono il *template* processuale attorno al quale si è strutturata formalmente la risposta progettuale.

In Fig. 151 si illustra graficamente il *template* elaborato con i relativi “oggetti minimi” il cui *breakdown* tecnico si è tradotto nelle operazioni di *coding/scripting* all’interno di un ecosistema di piattaforme informatiche orientate all’interoperabilità del flusso informativo progettuale. Si ritiene opportuno precisare che l’analisi, lo sviluppo e la razionalizzazione del problema distributivo-informativo ha implicato operazioni tecniche differenti a seconda delle capacità insite nei software di esibire una certa flessibilità relazionale con dati eterogenei e l’ambiente gestionale BIM. Adottando la terminologia di SEVALDSON si può affermare che la diversità dei diagrammi è insita nel tatticismo, ossia, nelle manovre ed espedienti tecnici a cui si è ricorsi al fine di soddisfare i requisiti strategici dichiarati in Fig. 151.

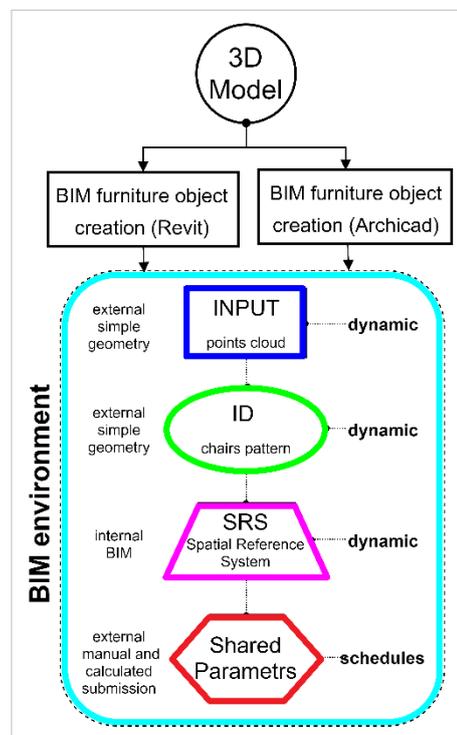


Fig. 151: Template processuale - strategia progettuale della task execution B (Main Classroom)

L’individuazione degli elementi chiave e il modo di correlarli in una strategia progettuale rappresentano le vere azioni fondamentali poste alla base di una metodologia di digitalizzazione dei processi. La *task* B rielaborata in ambiente Archicad ne è una chiara testimonianza in quanto il soddisfacimento dei risultati raggiunti (Fig. 153) non è mai stato vincolato ad alcuna delle due piattaforme BIM adoperate.

¹⁹⁴ L’esempio riportato

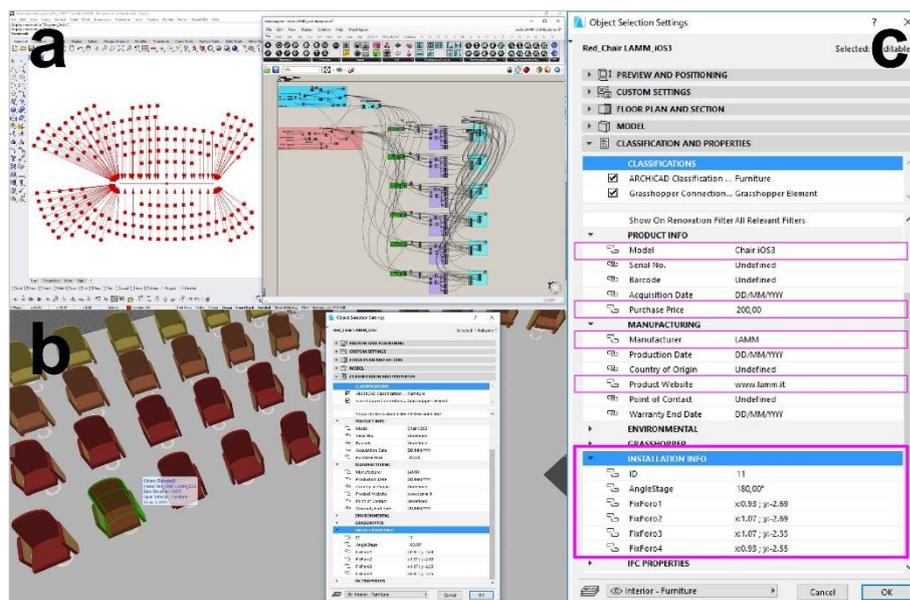


Fig. 152: (a) Dettaglio dell’algoritmo di Grasshopper; (b) interrogazione del modello BIM “popolato” con le sedute iOS3; (c) dettaglio informativo associato alla seduta

Va reso noto che la “flessibilità” progettuale resta comunque influenzabile dal grado di “flessibilità” strumentale. Come più volte accennato, ad esempio, a differenza dell’ambiente Revit, attraverso la strumentazione tecnica di Archicad è stato possibile creare un ulteriore pannello informativo intrinseco all’oggetto BIM “sedia” (immagine “c” di Fig. 152) – “Installation INFO” – il cui contenuto è stato altamente customizzato.

Tuttavia, in termini computazionali la piattaforma Revit e Dynamo hanno esibito una risposta più performante nella gestione dei dati.

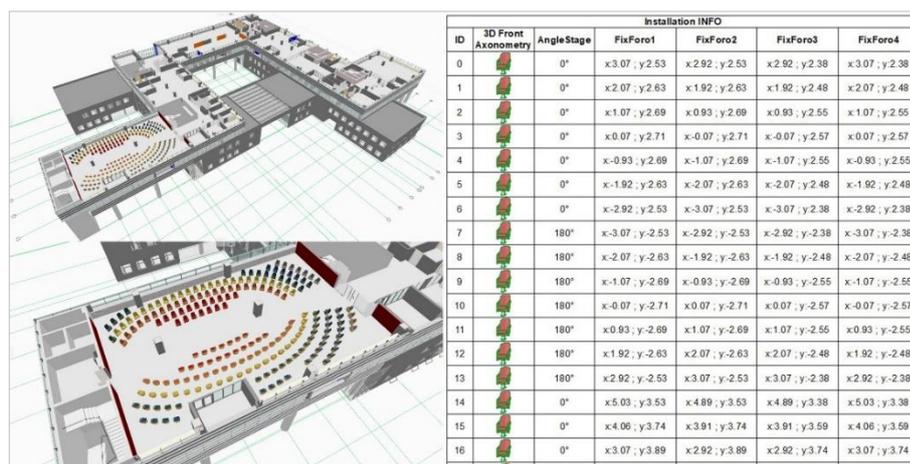


Fig. 153: Configurazione spaziale della task B rielaborata in ambiente Archicad mediante Live Connection con Grasshopper e produzione della documentazione tecnica per l’installazione delle sedute

Un *template* processuale di questo tipo diviene strumento nella prefigurazione di una serie di relazioni tra le parti e, come sostenuto da Antonino SAGGIO parafrasando DELEUZE:

«non si tratta necessariamente della progressiva concretizzazione di una idea formale, ma della prefigurazione delle relazioni che intercorreranno nell'architettura a partire da un codice DNA generatore e regolatore del suo sviluppo»¹⁹⁵

Dunque, se la diagrammatica computazionale definisce una struttura attorno cui si articola il DNA progettuale le interazioni endogene ed esogene ad essa, come accade in Natura, possono generare molteplici fenotipi (la formalizzazione della serie di regole e istruzioni contenute nel genotipo). Questa metafora bio-tecnologica rappresenta l'espressione più aulica della progettazione contemporanea ben supportata dalle tecniche di modellazione associativa come si accennava in apertura. Il ricercatore Francesco DE LUCA, professore alla Tallinn University of Technology e architetto sensibile ai temi della computazione in architettura, in tal proposito scrive:

«la modellazione associativa permette una progettazione generativa più libera che crea relazioni tra elementi anche di natura molto diversa tra loro [...] dove le modifiche apportate ad un componente si ripercuotono su tutto il sistema, all'interno di un network relazionale»¹⁹⁶

Per tale motivo la modellazione associativa manifesta una certa complementarità alla gestione BIM attraverso proprio la veicolazione del flusso informativo che in esso prende forma come modello operativo e gestionale del progetto.

L'esempio riportato in Fig. 149 e in Fig. 150 testimonia operativamente due temi vicini alla cultura tecnologica come già citato, ovvero, la flessibilità e il riutilizzo che, nella tesi sostenuta, divengono caratteristiche intrinseche di “parti di codice” in quanto espressioni tangibili di un *template* processuale dinamico e modulare che nel tempo ne consentirà il riutilizzo e il riadattamento al contesto di interesse. Ancora NEBULONI:

«l'informazione, la continuità della sua formazione/trasformazione e il calcolo, quale processo di elaborazione della struttura dei dati in elementi del progetto (computazione, nda) rappresentano, quindi, i capisaldi del progetto relazionale»¹⁹⁷

Di seguito si proveranno a definire le entità fondamentali di un paradigma processuale basato sull'approccio computazionale alla progettazione tecnologica e al design in senso lato.

¹⁹⁵ Saggio, A. (2007). Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura. Roma: Carocci, p. 90.

¹⁹⁶ De Luca, F., *Diagramma, Script e Modellazione Associativa* in Saggio, A. (2011). Architettura & Information Technology (1. ed. ed.). Roma: M.e. Architectural Book and Review, pp. 80-81.

¹⁹⁷ Nebuloni, A., & Rossi, A. (2017). Codice e Progetto. Il computational design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie. (M. Edizioni, A cura di) Sesto San Giovanni (MI), p. 74.

4.2.1 Formalizzazione del template di processo per una Progettazione “flessibile”

Si assume come *baseline* la modellizzazione degli elementi principali della realtà osservata al fine di sistematizzare la digitalizzazione dell’oggetto di studio (oggetto da intendere come contenitore, astrazione, virtualizzazione del suo stesso contenuto secondo la già citata logica OOP), a partire da essa sarà possibile implementare qualunque problematica progettuale da affrontare. Questa virtualizzazione iniziale, esemplificata nel modello tridimensionale, consente di focalizzarsi sugli elementi chiave in termini di relazioni favorendo una razionalizzazione del problema allo stesso tempo creativa e complessa. L’azione programmatica del trasferimento di un problema nell’ambiente informatico virtuale è definita *implementazione* (Fig. 154) in quanto la sua risoluzione passa attraverso la formalizzazione di una o più procedure automatizzate o semi-automatizzate (*routines*). Come si è argomentato nel paragrafo precedente l’organizzazione di queste procedure di implementazione del problema passano attraverso la natura “pre-grafica” del diagramma. In tal senso Attilio NEBULONI scrive:

«Una visione condivisa del diagramma progettuale è, quindi, quella che lo interpreta non tanto come una cosa in sé, quanto come una scorciatoia di tipo grafico, per interconnettere ambiti e interessi diversi, ma anche uno strumento operativo che permette all’immaginazione di andare oltre la pragmaticità dell’architettura, in quanto costruzione di un oggetto finito. Il processo progettuale, così si apre per lasciare spazio ad una più ampia strategia creativa che permette di sperimentare in analogia ad approcci metaprogettuali, serie di configurazioni e oggetti possibili, tutti giocati sulla stessa “struttura genetica” del progetto»¹⁹⁸

L’interconnessione di ambiti ed interessi diversi a cui si riferisce NEBULONI vengono a costituire l’insieme dei parametri di input che, attraverso una procedura computazionale (*azioni*), saranno processati al fine di produrre i parametri di output richiesti/attesi (ovvero gli attributi informativi degli artefatti prodotti) – l’*algoritmo*¹⁹⁹: una procedura computazionale per ottenere la desiderata relazione input/output.

Adoperando la terminologia matematica i parametri di input svolgono il medesimo ruolo delle *variabili*, ovvero, esprimono le proprietà di un determinato modello (oggetto) o concetto analizzato. Ad esempio, nel caso applicativo della Apple Academy la scelta tipologica della seduta da installare nella Main Classroom è divenuta un’astrazione che, nell’articolazione diagrammatica del *template* processuale riportato in Fig. 151, è stata trattata come un contenitore (il cui nome ne rappresenta l’*identificatore*) dal contenuto indeterminato (in senso morfologico) ma con una struttura dati (valori assunti dalle *proprietà*) ben nota²⁰⁰. Proseguendo con la metafora del linguaggio matematico, il problema

¹⁹⁸ Ibidem.

¹⁹⁹ La parola algoritmo risale al matematico persiano Abū Ja’far Muḥammad ibn Mūsā *al-Khwārizmī* autore del primo testo di algebra del 850 c. dal titolo: *al-Kitāb al-mukhtaṣar fī ḥisāb al-jabr wa al-muqābala* (ed. e trad. inglese di L. Ch. Karpinski in: UMS, XI, New York, 1915).

²⁰⁰ In entrambe i modelli BIM del caso applicativo la “sedia iOS3” porta con sé il suo DNA caratterizzato da 6 attributi: *ID, AngleStage, FixForo1, FixForo2, FixForo3 e FixForo4*, parametri di input collezionati esternamente all’ambiente BIM.

della disposizione spaziale delle sedute si è sempre articolato attorno alla configurazione geometrica preventivamente condivisa con il committente e, per tanto, ha assunto il valore di invariante di progetto²⁰¹ (*costante*).

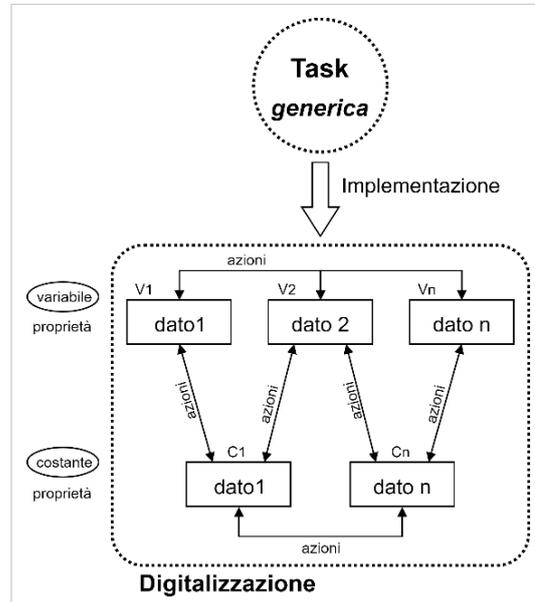


Fig. 154: Schema generico di implementazione

Implementare un problema dato nel dominio della logica e del sapere tecnico significa stabilire l'ordine e la tipologia di relazioni tra le diverse proprietà attribuite a variabili ed a costanti in fase di input. L'approccio algoritmo di cui si è ampiamente discusso nel presente contributo richiede, dunque, una ulteriore specificazione che rappresenta il *system core* attorno al quale si struttura il processo di digitalizzazione in senso lato.

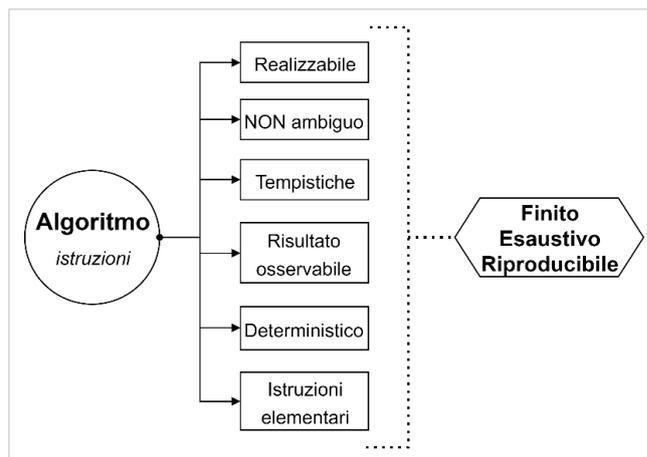


Fig. 155: Caratteristiche dell'algoritmo

²⁰¹ Invariante di progetto (caso Main Classroom). Tuttavia, la dinamicità del template processuale e la logica computazionale rende aperta l'attribuzione della configurazione spaziale in fase di meta-design.

Un algoritmo, come illustrato in Fig. 155, deve necessariamente essere:

- 1) *Realizzabile* – Ogni istruzione deve essere fattibile e concretamente eseguibile dall’utente finale (progettista o utente/committente);
- 2) *Non ambiguo* – l’istruzione (o sistema di relazioni) non deve lasciare alcun tipo di dubbio nella sua medesima interpretazione;
- 3) *Tempistica limitata* – l’eseguibilità delle istruzioni deve necessariamente essere commisurata a delle tempistiche ridotte in termini di fruibilità dei benefici scaturiti dall’output prodotto (es.: se la disposizione ottimale della main classroom, oppure l’implementazione delle informazioni utili alla installazione delle sedute, avesse richiesto tempi di esecuzione degli algoritmi superiori ai 10 min., sarebbe divenuto controproducente operare in tal senso);
- 4) *Risultato osservabile* – i risultati prodotti dalle operazioni di computazione degli algoritmi devono essere oggettivamente (in taluni casi fisicamente) riscontrabili all’interno del dominio operativo di progettazione (es.: visualizzare i *feedback* degli studenti in termini fisici all’interno del modello POE della *task execution A*);
- 5) *Deterministico* – Se la progettazione è realizzata con un approccio computazionale il cui algoritmo è “inizializzato” con i medesimi parametri di input, allora il risultato prodotto deve essere sempre il medesimo (es.: se il posizionamento delle sedute della Main Classroom è fissato ed il loro orientamento è funzione dell’ampiezza dell’area di *stage*, allora le sedute non potranno ottenere configurazione diversa da quella ottenuta in entrambe le piattaforme BIM);
- 6) *Istruzioni elementari* – probabilmente rappresenta una delle prime azioni che un progettista digitale esegue quando è chiamato a implementare una generica *task* all’interno delle piattaforme digitali adoperate, ovvero, ridurre le istruzioni in unità/passi elementari da eseguire e che non possono essere ulteriormente scomponibili; chiaramente il livello di scomponibilità è funzione delle capacità dell’esecutore o dello strumento adoperato.

Qualitativamente a valle delle precedenti osservazioni un algoritmo deve essere *finito*, ovvero composto da un numero ben preciso di istruzioni, presentare un inizio ed una fine; essere *esaustivo* ovvero presentare una soluzione/risposta per tutti i casi/eventi contemplati nel dominio di esistenza delle risposte progettuali ottenibili. Infine, *riproducibile* vale a dire che la risoluzione della *task* implementata si esaurisce con l’esecuzione di tutte le regole sequenzialmente computate.

La formalizzazione di un *template* di processo passa, dunque, per quello che in bibliografia scientifica è stato definito *computational thinking*. Questo concetto è stato per la prima volta menzionato dal matematico Seymour PAPERT nel 1966 nel suo libro

*Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*²⁰² in cui egli introduce una nuova didattica per l'insegnamento del pensiero computazionale all'interno delle scuole attraverso il linguaggio di programmazione di sua invenzione, LOGO. Negli anni 2006 ne ha dato, poi, grande risonanza la studiosa e ricercatrice Janette WING nell'articolo pubblicato sulla rivista *Communications of ACM* in cui afferma:

«Computational thinking is a fundamental skill for everyone, not just for computer scientists. To reading, writing, and arithmetic, we should add computational thinking to every child's analytical ability. Just as the printing press facilitated the spread of the three Rs, what is appropriately incestuous about this vision is that computing and computers facilitate the spread of computational thinking. Computational thinking involves solving problems, designing systems, and understanding human behavior, by drawing on the concepts fundamental to computer science. Computational thinking includes a range of mental tools that reflect the breadth of the field of computer science»²⁰³

secondo la WING i concetti fondamentali del pensiero computazionale non concernono meramente un'attività procedurale costruita sul *coding* ma, piuttosto, dei processi mentali, di pensiero, orientati alla formulazione di problemi e alla formalizzazione delle loro soluzioni. Problemi e soluzioni che assumono per la ricercatrice della Columbia University un significato diverso da quello matematico ed informatico. In tal senso scrive:

«My interpretation of the words “problem” and “solution” is broad. I mean not just mathematically well-defined problems whose solutions are completely analyzable, e.g., a proof, an algorithm or a program, but also real-world problems whose solutions might be in the form of large, complex software systems. Thus, computational thinking overlaps with logical thinking and systems thinking. It includes algorithmic thinking and parallel thinking, which in turn engage other kinds of thought processes, such as compositional reasoning, pattern matching, procedural thinking and recursive thinking. Computational thinking is used in the design and analysis of problems and their solutions, broadly interpreted»²⁰⁴

dunque, una prerogativa che trova particolare rigore formale nelle discipline informatiche ma che dovrebbe – sostiene la WING - necessariamente divenire parte integrante della vita quotidiana di tutti. Il *template* di processo esperito ed elaborato è una derivazione degli assunti esplicitati in questo Terzo Capitolo e per cui segue una semplificazione in Fig. 156:

²⁰² Scriveva Papert: “[...] *Their computers simply did not have the power needed for the most engaging and shareable kinds of activities. Their visions of how to integrate computational thinking into everyday life was insufficiently developed...*”, 1st Edition, p. 185.

²⁰³ Wing, J. (2006). *Computational Thinking*. *Communications of ACM*, 49, 3, pp. 33-35.
 [accesso web link 03/08/2018] <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1118215>

²⁰⁴ Wing, J. (2011). *Research Notebook: Computational Thinking – What and Why?*, The Link. Pittsburgh, PA: Carnege Mellon. [accesso web link 03/08/2018] http://www.cs.cmu.edu/sites/default/files/11-399_The_Link_Newsletter-3.pdf

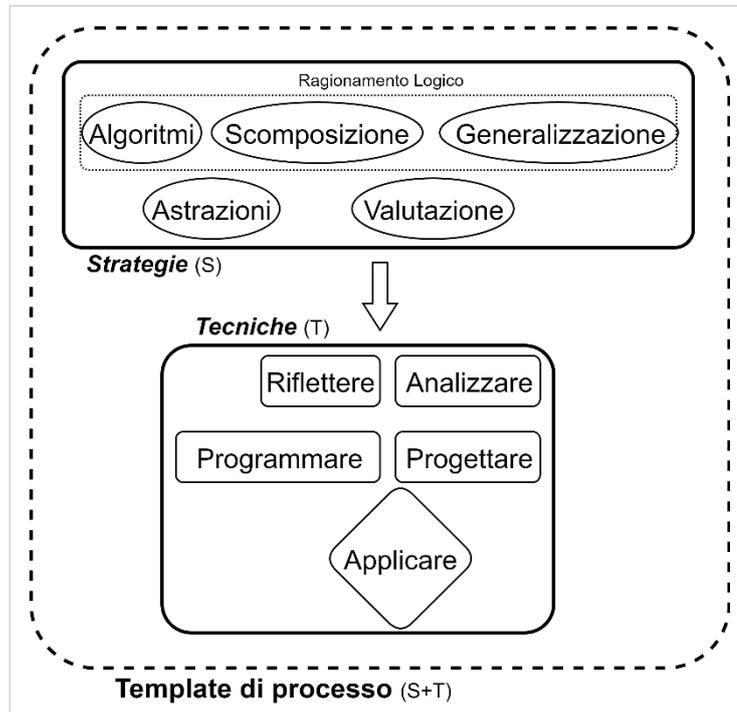


Fig. 156: Schema del template di processo adottato

Il *template* di processo, o struttura di processo, si compone di strategie che definiscono un approccio metodologico alla generica *task* analizzata mediante applicazione di specifiche tecniche. Nella fattispecie di Fig. 156:

STRATEGIE:

Conferire un senso all’osservazione dell’ambiente costruito e alle sue dinamiche endogene ed esogene consente di formalizzare dei modelli di conoscenza propri che passano attraverso l’applicazione di concetti tipici del pensiero computazionale atti alla risoluzione di problemi (*problem solving*). Il *pensiero algoritmico* è utile per arrivare ad una soluzione attraverso un numero ben definito e chiaro di passaggi e dimostra tutta la sua valenza nel momento in cui la *task* analizzata si propone di risolvere compiti ricorrenti e non una *tantum* (anche se ne è prevista la possibilità). Il pensiero algoritmico è la capacità di pensare in termini di sequenze e regole per risolvere problemi o capire situazioni.

Questa operazione è il frutto dell’*astrazione*, ossia, la capacità di ragionare sui problemi in termini di sistemi e, dunque, la capacità di rimuovere dettagli ritenuti superflui ai fini della descrizione (e discretizzazione) chiara del problema stesso – da essa dipende l’efficacia rappresentativa del “modello” scelto.

Se artefatto (materiale o immateriale) è il generico output atteso come risoluzione del *template* di processo, allora la strategia della *scomposizione* risulta valida per pensare ad esso in termini di componenti consentendone una valutazione più attenta come parti del tutto – semplificazione dei sistemi complessi. La strategia della *generalizzazione* è utile nell’atto

di riconoscimento di strutture relazionali ricorrenti all'interno del sistema complesso (*pattern*) facilitando il richiamo e l'applicazione di schemi risolutivi precedentemente già affrontati, ovvero, la capitalizzazione delle esperienze pregresse. Inoltre, focalizzandosi sulle “diversità” sistemiche apre il progettista alla risoluzione di nuovi “classi” di problemi affini. Infine, la *valutazione* intesa come processo nel processo in grado di garantire la bontà di una soluzione proposta – “efficacia ed efficienza”, le classi di parametri rispetto i quali essa si articola.

TECNICHE

Rappresentano l'equivalente culturale di tipo informatico del metodo scientifico applicato al progetto digitale. Le tecniche euristiche o empiriche adoperate servono per indirizzare i giudizi di valore per specificare il prodotto in funzione o dei criteri produttivi utilizzati oppure, in senso non esclusivo, in base alle esigenze dell'utenza. *Riflettere* significa per l'appunto saper esprimere un giudizio critico in situazioni complesse. Per interfacciarsi con le piattaforme informatiche, e dunque digitalizzare un “problema”, bisogna *programmare* (coding). Nella tesi proposta questa operazione è avvenuta sia sottoforma di codice visuale mediante le citate piattaforme di VPL sia in termini di *scripting* di stringhe (codice testuale) mediante l'uso del linguaggio di programmazione Python. Sia in senso tradizionale che in una accezione più virtuale, la *progettazione* resta una modalità operativa di definizione della struttura, dell'aspetto e della funzionalità degli artefatti che si intende produrre. Ogni progetto prevede a suo corredo l'adozione, ma anche la creazione, di opportune rappresentazioni per estendere l'intelligibilità del suo contenuto (diagrammi di flusso, pseudo-codice, schemi, etc.). Le tecniche che concernono la fase di *analisi* (costantemente presente nel *template*) coinvolgono contemporaneamente le strategie di scomposizione, astrazione, scrittura di algoritmi e di principi di generalizzazione. Tecniche che al contempo analizzano e valutano l'idoneità agli scopi progettuali prefissi.

Infine, vi è l'*applicazione* intesa come l'adozione di schemi e prefigurazioni risolutive pregresse che più si adattano ai contesti di studio. È in questo modo che la consapevolezza dell'efficacia strutturale del *template* viene effettivamente testata assieme a quei principi di flessibilità e riuso tratti dalle esperienze tecniche e strategiche sperimentate.

4.3 Progettazione Tecnologica e futuri scenari di innovazione

In questi ultimi anni la richiesta di figure professionali con profili di competenza sempre più orientati verso abilità computazionali sta crescendo e probabilmente tutto ciò è la naturale conseguenza all'esigenza di gestire la complessità dell'ambiente costruito in ogni suo aspetto, sia esso materiale che immateriale. Considerando la natura euristica sottesa all'ampissimo ventaglio di *toolkit* a cui è possibile ricorrere oggi, verosimilmente ogni progettista tacitamente assumerà il ruolo di “ricercatore” e, in quanto tale, avrà l'obbligo morale di affinare giorno per giorno le proprie capacità cognitive per poter

comprendere la complessità a cui si è costantemente accennato nel contributo proposto. Il potenziamento del pensiero umano e al contempo dell’agire conferma le convinzioni di Henri BERGSON sulla vera natura dell’uomo:

«Se potessimo sbarazzarci di tutta la superbia, per definire la nostra specie, se ci attenissimo strettamente a quello che i periodi storici e preistorici ci mostrano come caratteristica costante dell’uomo e dell’intelligenza, non dovremmo dire *Homo Sapiens* ma *Homo Faber*. In breve, l’intelligenza, considerata in quella che pare essere la sua caratteristica originale, è la facoltà di costruire oggetti artificiali, in particolare strumenti per costruire strumenti»²⁰⁵

Le abilità di simulare e rappresentare le condizioni della esistenza umana conferisce un senso di padronanza sulle esperienze e fa sì che esse possano servire agli stessi scopi umani. Questa osservazione, come sostenuto da RHEINGOLD, costituisce una sorta di contratto sociale stipulato tra uomo ed utensili atto ad accelerare le sorti del divenire degli esseri viventi a maggior ragione perché attraverso esso ci si avvicina sempre più alla possibilità di creare qualunque esperienza si desideri. Ancora RHEINGOLD osserva che possedere il potere di creare esperienze equivale al potere di ridefinire concetti basilari come l’identità, la comunità e la realtà. Tutto ciò nell’Era Digitale si traduce in una costante e continua rimodulazione del rapporto uomo-macchina e in essa sarà probabilmente influente l’associazione o dissociazione tra l’uomo e la macchina in termini di comportamento se tutto ciò produce, secondo il principio *do ut des*, dispositivi che si sostituiscono all’uomo nei lavori deleteri, in grado di salvare vite, di produrre comodità attraenti ed intrattenimenti allettanti. Come dimostrato questa condizione è una realtà tangibile espletata dai *software*, strumenti in grado di implementare e potenziare tali abilità nonché l’efficacia e l’efficienza dei flussi di lavoro nella progettazione. Casey REAS artista concettuale americano che opera nel digitale (scuola MIT Media Lab) sostiene:

«Software is a tool for the mind. While the industrial revolution produced tools to augment the body, such as the steam engine and the automobile, the information revolution is producing tools to extend the intellect. The software resources and techniques at our disposal allow us to access and process enormous quantities of information. [...] But using software is not only about increasing our ability to work with large volumes of information; it also encourages new and different ways of thinking»²⁰⁶

Una affermazione, quella di REAS, che sottolinea un rapporto relazionale uomo-macchina di tipo simbiotico, ovvero, un rapporto di scambio reciproco. La simbiosi preannunciata dalle rivoluzioni industriali e poi annunciata dalla rivoluzione informatica descrive scenari di innovazione che nel campo del AEC *industry* si stanno configurando attorno a due tematiche fondamentali del “cambiamento”: l’ambiente (*environment*) e l’utente (*user*). Il DNA della cultura progettuale sta dunque evolvendosi in direzioni tecniche ed operative in grado di assecondare e facilitare il cambiamento. In tal senso I

²⁰⁵ Bergson H. (1965). L’evoluzione creatrice, Brescia, La Scuola.

²⁰⁶ Reas, C., McWilliams, C., & Barendse, J. (2010). Form+code in design, art, and architecture, New York: Princeton Architectural Press, p. 17.

miglioramenti dei sistemi di interfaccia per la costruzione di modelli stimolerà un salto qualitativo della progettazione da un punto di vista soprattutto culturale oltre che strumentale. Branko KOLAREVIC e Vera PARLAC in *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change* scrivono:

«[...] we need to first answer some fundamental questions pertaining to change as a conceptual and time as a phenomenological dimension in architecture. We need to go beyond the current fascination with mechatronics and explore what change means in architecture and how it is manifested: buildings weather, programs change, envelopes adapt, interiors are reconfigured, systems replaced. We need to explore the kinds of changes that buildings should undergo and the scale and speed at which they occur. We need to examine which changes are necessary, useful, desirable, possible»²⁰⁷

Gli autori asseriscono che in questo senso all’architettura è stato possibile attribuire significati e aggettivi come *adaptive, dynamic, interactive, responsive, etc..*

Come si è spesso argomentato nel presente contributo, gli strumenti per la gestione della complessità alla luce dei futuri scenari di innovazione saranno sempre più orientati all’interpretazione causa-effetto generata dal cambiamento ed il cui aspetto gestionale contemplerà in modo progressivo l’uso della intelligenza artificiale (cfr. paragrafo 1.4). Rispetto a questa affermazione la “partita” sulla progettazione e sul futuro si sta giocando, come sosteneva lo studioso Friederick BROOKS della Stanford University nei suoi colloqui informali con RHEINGOLD²⁰⁸, tra *Artificial Intelligence* (AI) e *Intelligence Augmentation* (IA). Nel primo caso l’obiettivo è sostituire la mente umana con la macchina, i suoi programmi e la sua base dati; nel secondo caso l’obiettivo, invece, è costruire sistemi che amplificano la mente umana fornendole “aiutanti/aiuti” che svolgano operazioni che la mente umana fa/farebbe con difficoltà. Pur riconoscendo enormi passi avanti fatti nel *business* della AI (Amazon, Google, IBM, etc.) molti dei servizi e strumenti offerti ai progettisti (ed ai comuni cittadini) si basano su esperienze conoscitive ed operative orientate agli “aiuti” forniti da *software* (e più tecnicamente *bots* che eseguono specifiche *tasks*) in termini di capacità computazionali applicate all’area delle valutazioni (l’uomo, in questo, riesce ancora meglio della macchina, basti seguire, per ora, gli sviluppi delle auto senza conducente di Apple e Google e le diagnosi mediche di IBM Watson rivelatesi in parte fallaci) e al “senso complessivo del contesto”, ossia, quella capacità di ritrovare l’utilità di informazioni archiviate tempo addietro nella propria memoria attribuendogli, nel momento del bisogno, un enorme valore di significato. Un dato incontrovertibile attuabile a medio lungo termine è una nuova concezione operativa che sancisce il rapporto tra il progettista e la macchina evoluta, mentre nel breve periodo questo rapporto tende a costruire un *workspace* sempre più customizzato e, quindi, in grado di superare i limiti tradizionali dei *software* ottenendo un grado di complessità e controllo progettuale sia formale che sostanziale.

²⁰⁷ Kolarevic, B., and Parlac V. (2016). *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change*, Routledge, New York, p. 29.

²⁰⁸ Op. cit.

L’interattività in architettura è già una prerogativa progettuale che coinvolge importanti studi e ricercatori e li spinge a sperimentare la massimizzazione della produzione seriale non più standardizzata attraverso il supporto dei robot. È il caso dei bracci robotici antropomorfi (es.: Kuka|prc, Universal Robots, FANUC, ABB, etc.) che, attraverso la programmazione in fase meta-progettuale atta a risolvere i principali problemi di cinematica inversa ²⁰⁹, sono in grado di attuare per intero il processo di fabbricazione/costruzione di oggetti di *design* o addirittura architettonici. Emblematica è la possibilità di prevedere all’interno del citato ambiente di modellazione tridimensionale NURBS Rhinoceros e Grasshopper *set* completi di *plugins* in grado estendere ed integrare lo spazio lavoro del progettista/designer alla gestione robotica per la produzione di artefatti.

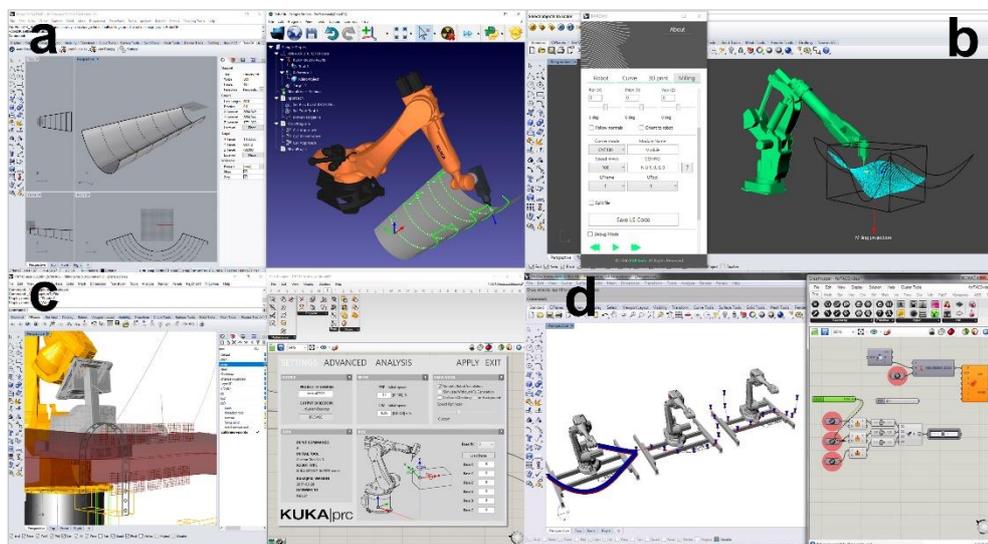


Fig. 157: Gestione robotica integrata nell’ambiente di progettazione Rhinoceros+Grasshopper:
(a) plugin RoboDK (food4rhino.com); (b) plugin RAPCAM (food4rhino.com);
(c) plugin KUKA|prc (fabcafe.com); (d) plugin Taco ABB (food4rhino.com)

In questo scenario *man-plus-machine* la sperimentazione fonde gli aspetti del *design* con quelli di materializzazione dell’artefatto attraverso la definizione del relativo processo produttivo. Inoltre, con le prospettive tecnologiche offerte dalla prototipazione rapida è possibile customizzare ulteriormente le complesse manipolazioni dei bracci robotici attraverso la fabbricazione degli *end-effectors* (utensili applicati sulla parte terminale del braccio – quella in grado di interagire con l’ambiente esterno). L’aspetto potenzialmente innovativo che si prospetta è dato dalla possibilità di prefigurare “forme progettuali” strettamente connesse alle strategie produttive adottate.

²⁰⁹ I problemi di cinematica inversa concernono la programmazione, in un opportuno linguaggio macchina, in grado di descrivere la postura che il robot dovrà assumere mediante una precisa sequenza di movimenti per eseguire una specifica azione attesa (rotazioni ed elongazioni dei giunti).

Questa tematica, su cui sarebbe possibile speculare in termini di ricerca accademica e di applicazione industriale, non è argomento principale del presente contributo ma, in questa sede, è doveroso ricordare il lavoro sperimentale condotto dallo studio di architettura GRAMAZIO & KOHLER all’ETH di Zurigo in termini di fabbricazione robotica ed architettura. Infatti, alla undicesima Biennale di Architettura di Venezia (2007-2008), il padiglione svizzero presentava in esposizione un sistema murario a blocchi, *Explorations*, assemblato interamente dall’unità di fabbricazione robotica R-O-B (Fig. 158).

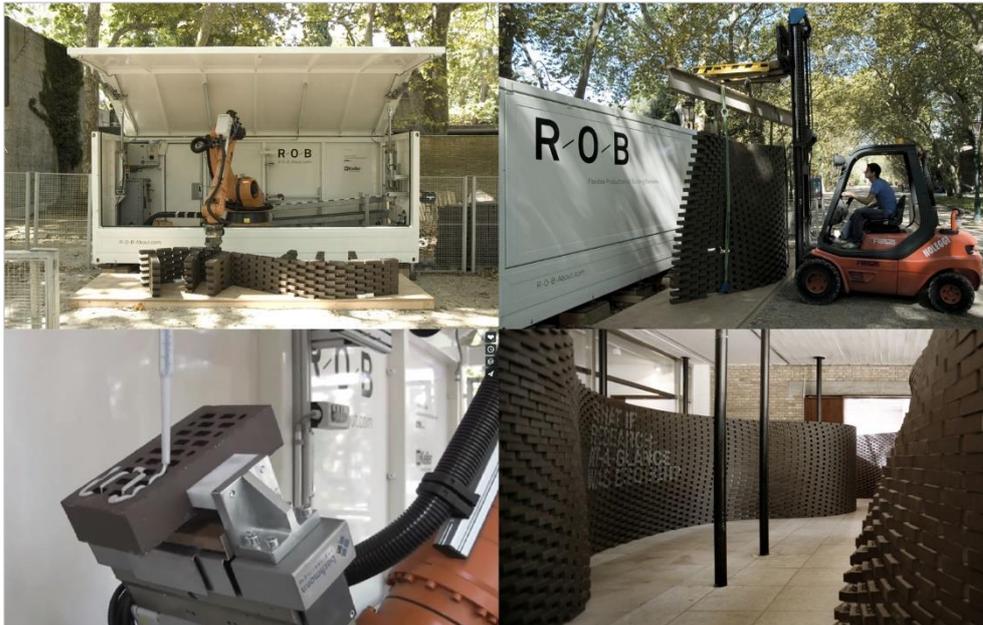


Fig. 158: Explorations - Gramazio & Kohler installazione padiglione Svizzera Biennale di Architettura di Venezia 2007-2008 (fonte: <http://gramazio-kohler.arch.ethz.ch>)

Lo studioso e ricercatore Pierpaolo RUTTICO del Politecnico di Milano (INDEXLAB) rispetto a tale scenario ancora completamente da esplorare in ambito architettonico scrive:

«Il futuro dell’industria delle costruzioni grazie ai robot riceverà continuamente nuovi stimoli, assicurando all’architettura scenari applicativi ancora sconosciuti. Inventare nuove logiche di produzione e risalire a corrispondenti logiche di progetto, permetterà di diffondere sempre più la consapevolezza di un “fare digitale”»²¹⁰

Fare digitale che oltre ad esaltare la visione culturale di questa Era Digitale come esaltazione della laboriosità dell’*Homo Faber*, sposta ulteriormente l’accento sul ruolo euristico della progettazione tecnologica. Uno degli acclamati padri del “parametricismo”, Patrick SCHUMACHER (ZHA), nel proporre un nuovo *framework* per l’Architettura nella sua opera magna *The Autopoiesis of Architecture vol. 1* ne delinea lo *status quo* attuale:

²¹⁰ Ruttico P., *Algoritmi e robot. Nuove estetiche di progetto e sistemi costruttivi emergenti*, in Nebuloni, A., & Rossi, A. Op. cit., p. 199.

«What we are concerned [...] is not so much academic theory, but a form of research that fits the unique function system of architecture and the design disciplines. Research in architecture and the design disciplines must involve experimental design and prototyping (including prototype testing). In graphic design and in fashion design there are no obstacles in enfolded experimentation and prototyping within the design process itself. In industrial design the design research is also enfolded within the design process, or it becomes part of a differentiated, dedicated R&D process that integrates design with engineering. However, research and design are nearly indistinguishable here. There is no immediate equivalent of these kinds of continuously enfolded research efforts - involving prototyping and testing - within architecture. The size of the architectural product, and its related scale of investment in terms of money and time, prevents this possibility. At the same time, the size and complexity of the architectural product imply that the inherent uncertainty of architectural design, and thus the need of research in architecture, is arguably greater than in any other design discipline»²¹¹

Come argomenta SCHUMACHER è proprio la realtà complessa, emergenziale e altamente vincolata dell’architettura a creare il giusto *humus* sul quale operare e speculare culturalmente e concretamente attraverso prototipi fisici e di processo. L’idea di progettazione “flessibile” basata sull’approccio algoritmico/parametrico esalta, attraverso il codice, una cultura non totalizzante della macchina ma, piuttosto, diviene linguaggio flessibile che integra ed ibrida in senso proteiforme diversi campi, discipline e processi. Volutamente si è accennato all’euristica nella delineazione degli scenari innovativi progettuali poiché, nell’Era Digitale, la Ricerca porta naturalmente a riconsiderare lo spazio creativo, che diviene sostrato dello spazio progettuale – la condizione innovativa risulta ancora dominio della creatività che emerge dai contesti emergenziali. In tal proposito risulta interessante la posizione di Peter CARIANI, fisico e studioso di biologia formatosi (tecnologicamente) al MIT. In suo articolo dal titolo *Emergence and Creativity*, CARIANI riporta quanto segue:

«In the realm of art and technology, conceptions of emergence have some utility as heuristics for creativity. If emergence is fundamental novelty, then an understanding of processes that lead to emergent events, structures, functions, and perspectives can be used to design artifacts that realize these processes to create fundamental novelty»²¹²

Secondo l’autore, osservando la “realtà” oggetto di studio, è possibile giungere a fondamentali innovativi attraverso processi combinatori di “primitive”, ossia assunti teorici, idee, sensazioni non ulteriormente scomponibili (o ottenibili come combinazione di altre entità) esattamente come intendevano Paul ROMER e Brian ARTHUR (paragrafo 1.4). Seguendo il ragionamento di CARIANI, e contestualizzandolo alla complessità contemporanea della progettazione, l’aspetto innovativo può emergere in due modi, da nuovi processi combinatori (*combinatorial emergence*) o dalla generazione di nuove primitive (*creative emergence*). L’esempio eloquente che rientra nel primo caso è senz’altro

²¹¹ Schumacher, P. (2011). *The Autopoiesis of Architecture: A New Framework for Architecture*. Repr. March 2015. Chichester: Wiley, pp. 132,133.

²¹² Cariani, P. (2008). *Emergence and Creativity*, [accesso web link 10/08/2018]
http://www.cariani.com/CarianiNewWebsite/Publications_files/CarianiItauCultural2008-Emergence.pdf

rappresentato dall'integrazione nella pratica progettuale (computazionale) degli algoritmi evolutivi (paragrafi 1.2.2, 1.3, 1.4 e introduzione al Capitolo Terzo) che trovano largo impiego nei processi di *form finding* e *form shaping* (i cui risultati sono genericamente indicati come “produzioni”). La seconda modalità, spiega CARIANI, può essere attivata solo attraverso la creazione e adozione di nuove “capacità sensoriali”:

«Creation of the ability to sense these fields through biological evolution, or artificial construction of measuring instruments (magnetometers, field strength sensors), thus adds new primitives to the set of perceptual distinctions that can be made»²¹³

E questo giustifica l'integrazione dell'IoT nei processi di produzione del progetto (*meta-design* e *management*) – ampliando il ventaglio di opportunità cognitive che potrebbero essere incluse nella *praxis* progettuale. È in costante diffusione, ad esempio, la realizzazione di una sensoristica *low cost* basata su microcontrollori (Arduino, Raspberry etc.) e la loro integrazione in processi di monitoraggio della qualità degli ambienti lavorativi nonché come strumenti in grado di generare specifiche basi dati per potenziare la lettura ed analisi critica nell'uso degli spazi abitati. Non si tratta di domotica ma, piuttosto, di “ingegnerizzazione” e documentazione delle fasi meta-progettuali a vantaggio della modellizzazione e gestione dello spazio costruito (QRc:10 e Fig. 159).



Video dimostrativo

Studio NBBJ - Goldilocks: A Workplace Sensor App

(QRc:10)



Fig. 159: Esempio di integrazione della tecnologia IoT e della relativa gestione e visualizzazione dati in real time (fonte NBBJ.com)

L'implicazione di una progettazione basata su codice è tesa alla ridefinizione dei prodotti architettonici liberandosi da schemi predeterminati in tal modo, riesce a veicolare la definizione di un modello di *design* generato da una costante e continua interazione tra il reale ed il digitale.

²¹³ Ibidem.

4.3.1 *Software House: Autodesk e l'anticipazione degli scenari innovativi*

Scenari innovativi della progettazione tecnologica, ma non solo, sono stati anticipati proprio dalle grandi *Software House*, Autodesk ne è sicuramente la capostipite (come è stato ricordato nel paragrafo 1.1.1 annoverando gli anni '70 e '80) dandone dimostrazione al primo Autodesk Forum italiano tenutosi a Milano (26 ottobre 2017, Fig. 160) dal titolo *The Future of Making Things*.



Fig. 160: Primo Autodesk Forum (Milano 2017) foto dell'autore

Una importante conferenza/*show room* in cui professionisti del mondo dell'Edilizia e dell'Industria Manifatturiera, hanno esplorato le ultime tendenze nelle tecnologie che stanno contribuendo quotidianamente a modificare e potenziare le modalità con cui è possibile immaginare, progettare e creare il mondo che ci circonda. I principali campi di interesse a cavallo tra l'industria ed il *design* che detteranno importanti cambiamenti sono:

- Realtà virtuale ed aumentata
- Cloud e collaborazione
- Reality capture
- BIM
- Big Data
- IoT
- Generative Design
- Additive Manufacturing

Sarà dunque inevitabile la fondamentale scelta dei futuri progettisti di essere spettatori o protagonisti nella scena professionale ma anche su quella della pura ricerca in ambito architettonico/*design*. Le tematiche poc'anzi citate rappresentano un focus circoscritto

rispetto alle possibili innovazioni nell'ambito dell'AEC Industry (Fig. 161) che saranno presentate a Londra alla Digital Construction Week²¹⁴ (Ottobre 2018).

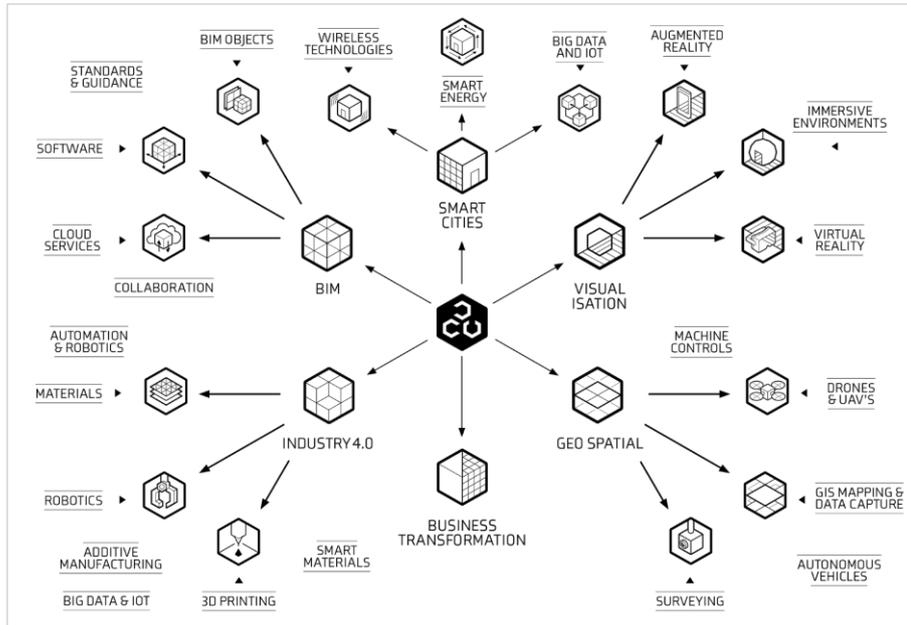


Fig. 161: Digital Construction Week - campi dell'innovazione dell'AEC Industry (fonte www.digitalconstructionweek.com)

Ritornando al *main speech* di Autodesk, ad esempio, si sono trattati i temi del *façade paneling* per la razionalizzazione delle geometrie complesse secondo i principi della standardizzazione industriale (Fig. 162) come ha descritto l'ing. Marzio PERIN ex *design manager* ed ora *Group Design Direction e Market Intelligence Manager* di Permasteelisa Group.



Fig. 162: Autodesk Forum - Permasteelisa e la razionalizzazione delle facciate (foto dell'autore)

²¹⁴ [accesso web link 17/08/2018] <https://www.digitalconstructionweek.com/>



Fig. 163: Autodesk Forum - Le nuove frontiere tecnologiche del mondo Autodesk (foto dell'autore)

Altrettanto interessante si è rivelato l'intervento del Technical Sales Manager di Autodesk (South Europe) Carlo BARONCELLI il quale, illustrando le metodologie innovative di lavoro adottate per il distretto commerciale di Milano City Life, ha esaltato e annunciato le enormi possibilità che offrirà la piattaforma Dynamo nelle future *release* di Revit, sull'uso della VR in fase di comunicazione del progetto con gli *stakeholders* e la gestione digitale del progetto in ambito manifatturiero (Fig. 163).

Una osservazione tecnica che ha riguardato più da vicino l'*intention* del presente contributo si è apprezzata nell'intervento conclusivo di Francesco IORIO, *Director* del “Computational Science Research” del Centro di Ricerca Autodesk di Toronto. Il suo intervento, focalizzato sui sistemi di design intelligenti e l'automazione cognitiva, ha descritto, operativamente, due temi chiave degli scenari di innovazione futuribili che saranno gradualmente introdotti nella progettazione tecnologica dello spazio abitato. Un futuro che tenderà ad includere i benefici dell'intelligenza artificiale nella prassi progettuale a qualunque livello/scopo, non con finalità di automatizzazione ma, piuttosto, di ricerca di informazioni ed indicazioni per ciò che culturalmente nel *design* non esiste ancora ma che potrebbe aiutare a sviluppare nuovi prodotti e segmenti di mercato – si è a lungo

discusso del *Generative Design* come nuova frontiera ed inevitabile conseguenza della digitalizzazione dei processi. Nel suo *speech* (Fig. 164), IORIO, afferma quanto segue:

«Nel Generative Design, progettazione/design e produzione sono la stessa cosa: ideare qualcosa che non può essere prodotto non ha senso. [...] progettare qualcosa di nuovo non è mai un processo facile. Il Generative Design nasce dall'idea di portare l'Intelligenza Artificiale all'interno dei sistemi di progettazione e sviluppo per accelerare e migliorare i processi di ideazione e creazione»



Fig. 164: Autodesk Forum - Francesco Iorio Autodesk Computational Science Research (foto dell'autore)

Sottolineando come il design generativo, prosegue IORIO, è nella pratica un sistema sofisticato di *problem solving* multi-variabile in cui, lo sforzo principale, resta ancora a carico del progettista/ricercatore nel definire gli obiettivi e i vincoli per identificare un più ampio spazio di progettazione da esplorare con le nuove potenze di calcolo. Nel laboratorio di Toronto è stato effettuato un interessante PoC (*proof of concept*) in cui sono stati riprogettati per intero gli spazi di lavoro (uffici della sede Autodesk di Toronto) attraverso i principi del *Generative Design*. Mediante un sistema di acquisizione dati basato su sondaggi di gradimento/richiese degli impiegati e la messa a sistema di questi con i principi di progettazione ambientale mediante simulazioni predittive (vincoli di progetto, Fig. 165)

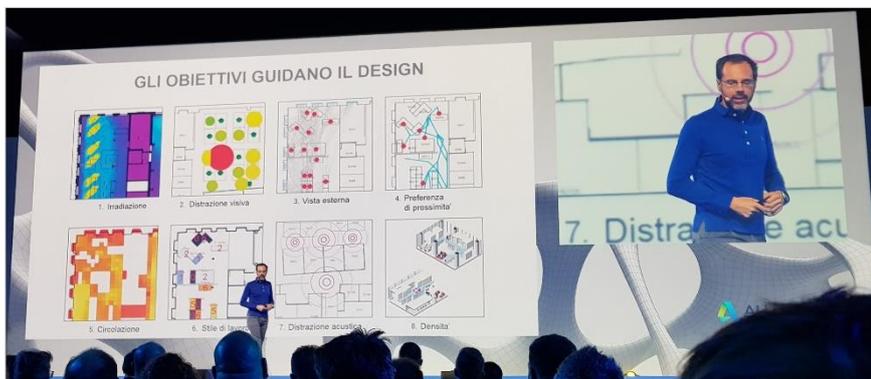


Fig. 165: Autodesk Forum - Iorio ed il Generative Design nei laboratori Autodesk di Toronto (foto dell'autore)



Video dimostrativo
Generative Design – uffici Autodesk di Toronto

(QRc:11)

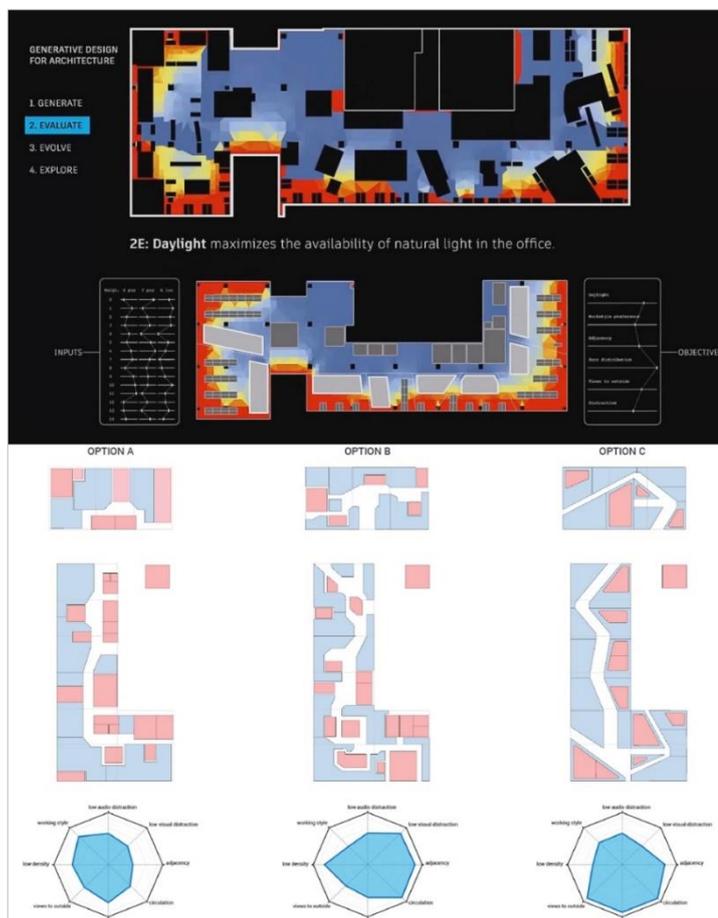


Fig. 166: Autodesk Research Lab Toronto - Generative Design (fonte <http://autodesk.typepad.com>)

Dalla sinergia ricercatore/progettista-macchina si è riusciti a manipolare e definire il design interno degli uffici in maniera estremamente efficace (Fig. 166). L’elaborazione prodotta, riferisce IORIO, ha generato oltre 200 modelli di soluzioni “ottimizzate” (famiglia di soluzioni) tutte in grado di soddisfare a pieno i vincoli generatori inizializzati in fase meta-progettuale. In basso in Fig. 166, sono riportate tre delle migliori soluzioni proposte, le cui caratteristiche chiave generate da un opportuno algoritmo, sono decodificate e graficizzate mediante l’uso di *spider charts*. La conoscenza, afferma IORIO, non è solo un valido strumento di supporto per il *design*, ma la maniera più consapevole per interpretare lo spazio e gli oggetti che ci circondano.

Un altro esempio di elevata *expertise* nel campo dell’Additive Manufacturing (AM) è stato realizzato nel 2014 da una collaborazione tra ARUP e The American Society for

Testing and Materials (ASTM) per la realizzazione di nodi ottimizzati per la struttura *Tensegrity* per la Grote Marktstraat ad Hague, Olanda. A causa del principio di funzionamento di tale struttura spaziale i nodi delle aste presentavano particolari irregolarità morfologiche dovute alla mutua azione che ogni singolo componente esercita su quello adiacente. Attraverso la tecnologia *Direct Metal Laser Sintering* (DMLS) e l'uso della piattaforma Rhino/Grasshopper è stato possibile produrre un nodo altamente performante mediante algoritmi di ottimizzazione della analisi strutturale ad elementi finiti (FEM) – semplificando; applicazione dei principi di *form finding* topologico iniziando vincoli strutturali funzione della posizione spaziale occupata dal nodo stesso (Fig. 167).



Fig. 167: Arup - Additive Manufacturing Tensegrity node (topology optimisation) fonte arup.com

La direzione tracciata dall'Autodesk (ma sono molteplici le *Software House* che stanno investendo negli ambiti di ricerca citati) sembra, dunque, indicare a studi di progettazione e ai progettisti digitali su quali competenze investire per il futuro della ricerca e della professione di architetto e designer.

Un'ultima osservazione, in tal senso, è stata proposta dall'autore del presente contributo in seno alla conferenza BIM & 3D Modelling (2018) presso l'aula magna “Bruno Zevi” della Facoltà di Architettura di Roma Valle Giulia, che fa da monito all'evoluzione di ruolo che interesserà i progettisti dall'*industry 4.0* a seguire. Da un punto di vista operativo questa nuova forma di approccio esigenziale-prestazionale alla progettazione tecnologica (*performance based design*) dimostra di essere una valida strategia, alla luce del pensiero computazionale, che consente al progettista-consapevole la gestione controllata della produzione del progetto, la possibilità di eludere i limiti tecnici dei *software* (in termini di funzioni, customizzazione della UI etc.), di incrementare il *rate* di condivisione documentale e, infine, di potenziare l'efficienza produttiva del *team* di lavoro. Tuttavia, dal punto di vista programmatico (tipico della progettazione), l'avvento di queste tecnologie e campi di applicazione non devono allontanare il

progettista-consapevole dal vero significato del progetto. Troppo spesso in nome del “design”, e dei principi di integrazione/interoperabilità strumentale, si celano forti politiche di marketing delle *Software House* purtroppo in grado di veicolare il sapere tecnico comune. Per tale motivo bisogna tenere i riflettori ben accesi e puntati sul dibattito relativo alla definizione, adozione e accreditamento dei formati informatici neutri di interscambio in quanto questione centrale ed attuale per il futuro della *AEC industry* al fine di poter promuovere, sempre e comunque, una cultura del progetto digitale intellettualmente e strumentalmente libera.

4.3.2 *Mutamento professionale: il futuro del progettista e l’erosione delle competenze progettuali tradizionali*

Questo paragrafo conclusivo del Terzo Capitolo rappresenta la naturale riflessione a valle delle osservazioni avanzate nel paragrafo 1.4, nelle interviste raccontate nel Secondo Capitolo, nella modalità con cui si è articolato l’approfondimento del caso applicativo e nella formalizzazione del *template* di processo necessario alla gestione della natura complessa dell’epoca contemporanea.

In linea teorica l’evoluzione del ruolo dell’architetto può definirsi tale se competenze e specificità di questa figura progrediscono di pari passo con le principali rivoluzioni culturali, strumentali e sociali che gravitano attorno a tale professione. La scelta pretestuale della parola “mutamento”, tuttavia, descrive verosimilmente la reale situazione culturale che nei prossimi anni potrebbe interessare professionisti e studenti del settore. Mutamento indica una variazione, alterazione, sostituzione del concetto tradizionale della figura professionale dell’architetto che in questi ultimi 20 anni ha perso di incisività nel campo delle costruzioni e dell’attività programmatica e produttiva dell’architettura. Questa precisazione di termini, seppur parzialmente pessimistica, rappresenta il risultato raccolto dal gruppo di ricerca di Dickon ROBINSON²¹⁵ nel *report* del 2011 commissionato dal RIBA (Royal Institute of British Architects) intitolato *The future for architects? – “Will architects exist in 2025?”*.

ROBINSON pur precisando che l’intento del lavoro svolto è di scongiurare la visione pessimistica prospettata è, piuttosto, suo intento dar luogo ad un fervido dibattito in tal senso. Non può che far riflettere un lavoro di questo tipo soprattutto quando a porsi una domanda di Ricerca così specifica è proprio la nazione che notoriamente risulta l’attrice principale della rivoluzione culturale del *Building Information Modeling*. Attualmente la Gran Bretagna opera al Livello 2 di integrazione della filosofia BIM regolata dalle PAS 1192-2 CAPEX, PAS 1192-3^A OPEX, BS 1192-4, BS 8541-1:2012, BS 8541-3:2012, BS 8541-

²¹⁵ Claire Jamieson, Dickon Robinson, John Worthington e Caroline Cole sono gli autori del report *The future for architects?* [accesso web link 13/08/2018]
https://www.researchgate.net/publication/240916942_The_future_for_Architects

4:2012, mentre in Italia la situazione riesce a malapena ad essere portata a regime del Livello 1.

Dallo studio di ROBINSON emerge un vasto e variegato panorama di nuove e diverse forme di pratica architettonica che si stanno delineando e saranno sempre più frequenti nei prossimi 5-10 anni. Una soglia data per certa è quella del 2025 in cui si prevede una sostanziale ridefinizione del ruolo dell’architetto. Le principali domande sottoposte agli intervistati (importanti appaltatori britannici, studi internazionali di architettura e Scuole di architettura) sono state le seguenti:

- *Who will design our built environment in 2025?*
- *What role might those trained in architecture have in 2025?*
- *How might practice change by 2025?*

Il punto di partenza dell’indagine è il significato che oggi è attribuito al ruolo di “architetto” che, nel *report*, emerge come una sorta di limite (*brandizzazione*) di competenze e ambiti operativi all’interno dei quali il professionista può/potrebbe operare. Una “etichetta” troppo legata alla visione tradizionale dell’architetto figura ormai fortemente erosa da crisi economiche e rivoluzioni globali. I professionisti che hanno percepito questi limiti culturali (che di fatto si trasformano in restringimento dei segmenti di mercato a causa della discesa in campo di nuovi *players*) hanno, ad esempio, risemantizzato le aree operative di loro interesse in: *lighting design, product design, industrial design, interior design, installation design, branding and community consultation*. Così mentre le piccole realtà lavorative (meno di 10 impiegati/professionisti) risentono della pressione dell’avvento tecnologico strumentale e manifestano una certa resistenza all’integrazione delle tecnologie BIM, dall’altro canto realtà lavorative di dimensioni superiori fondano la loro *expertise* interamente sulle competenze digitali (il BIM è la punta dell’iceberg). Per queste realtà restare al passo col progresso tecnologico si traduce nella particolare attenzione che le stesse dedicano al reclutamento di giovani risorse umane che, tuttavia, per formazione (sbilanciata troppo tradizionale) assisteranno ad una naturale recessione delle personali aspettative/capacità professionali. Ricordando l’epocale cambiamento del disegno tecnico evolutosi attraverso l’uso degli strumenti CAD, vi è il serio pericolo che la “dignità” professionale degli architetti (e/o dei giovani studenti) si veda lesa nei trattamenti lavorativi professionali in quanto declassata a semplice mansione “meccanica” di operatore BIM (dal “caddista” al “bimmista”, nda) nonostante il profilo di competenze richiesto per il *Building Information Modeling* ne faccia, di queste nuove figure, a tutti gli effetti degli specialisti ben più preparati del semplice operatore CAD. Le opportunità che una dimensione lavorativa medio-grande (20-30 professionisti fino ad un massimo di 150) potrebbe offrire è data dalla possibilità dell’internazionalizzazione della pratica professionale a patto, però, di possedere ulteriori *skills* aspecifiche.

Un’altra visione consueta che si ha del ruolo dell’architetto (tradizionale) è quella di coordinatore/manager del processo edilizio, una figura tecnica che compone e gestisce la complessità delle singole parti che costituiscono l’edificio. Tuttavia, le specificità costruttive dei componenti richiede spesso il subappalto delle singole opere a realtà professionali industrializzate (e semi-industrializzate) che possiedono una visione del futuro concreta e fortemente caratterizzata da competenze acquisite sul campo, riporta ROBINSON, questo ruolo manageriale finisce con l’essere delegato per le medie e grandi commesse alla figura dell’ingegnere. Molto probabilmente perché l’uso che quest’ultimo fa degli strumenti tecnologici lo vincola, storicamente e culturalmente, all’intero processo produttivo degli artefatti. Questo coinvolgimento si traduce secondo il RIBA in una maggior capacità degli ingegneri di assumersi maggiore rischio produttivo (progettuale) erodendo a poco a poco la completa affidabilità che la figura dell’architetto tradizionale sarebbe in grado di manifestare nel contesto tecnologico-digitale contemporaneo e futuro.

Ciononostante, riconoscendo all’architetto abilità e un forte ascendente in ambito meta-progettuale (sovente elargite a titolo gratuito) – secondo il report del RIBA – l’architetto dovrebbe migrare verso i nuovi campi applicativi e scientifici che si stanno delineando nella rivoluzione digitale ciò lo vedrebbe coinvolto in modo maggiormente profittevole nelle dinamiche dei processi costruttivi industriali.

Questa osservazione apre così allo sterminato scenario lavorativo popolato dagli studi specialistici di consulenza in cui emergono nuove figure di *designers* orientate alla brandizzazione del proprio prodotto come *fashion designers*, *product designers*, *textile designers*, etc.. Altresì, una visione fuorviante conseguenza della brandizzazione del prodotto architettonico e di design è quella proferita dalle “archistar” in quanto la propaganda e la sovraesposizione che fanno dell’immagine (come derivato del design di prodotto) trasforma in prodotto principale una sorta di *side effect* che soltanto pochissime committenze abbienti sono disposte a pagare. Un ulteriore aspetto che emerge dalle risposte dei committenti e consulenti intervistati è una propensione difficoltosa dell’architetto a considerare i risultati della sua pratica professionale come un vero *business* che nel frattempo resta ancora legato alla necessità di costruirsi un alto profilo intellettuale a scapito della disponibilità lavorativa. In tal senso ROBINSON denuncia la propensione all’esaltazione ideologica personale che spesso scade nell’arroganza e lo allontana dalla capacità concreta di fornire un adeguato e miglior servizio al cliente/committente.

Si precisa che l’analisi del *report* del RIBA è calato nella realtà lavorativa e culturale britannica, tuttavia, alcuni importanti riflessioni potrebbero interessare da vicino anche le realtà accademiche e professionali italiane. Ad esempio emerge, in ambito accademico, che gli studenti di architettura, rispetto ai colleghi ingegneri, riescono maggiormente ad integrare le scienze sociali nel processo costruttivo architettonico e, dunque, uno dei timori di questi ultimi è rappresentato dal possibile approfondimento disciplinare delle scienze ingegneristiche ad opera degli architetti che li vedrebbe balzare ai vertici dell’AEC *Industry*.

In attesa di un adeguamento disciplinare che rispecchi più da vicino il cambiamento epocale delle professioni che gravitano attorno alle discipline progettuali resta ampiamente sentito il problema dell'isolamento interdipartimentale che si percepisce negli anni della formazione nelle Scuole di Architettura intorpidendo la capacità olistica necessaria e funzionale alla educazione al *problem solving*. La visione olistica, multidisciplinare espone ad ulteriori rischi la professione dell'architetto che spesso viene a trovarsi in competizione con altrettanti colleghi impiegati nelle società appaltatrici che detengono la maggiore quota di mercato della produzione edilizia. Negli studi di progettazione ed ingegnerizzazione questa competizione deleteria è redenta mediante una sorta di “clusterizzazione” delle competenze istituendo all'interno della società *pool* di esperti con differenti specializzazioni per ciascun settore produttivo. Collaborazione e condivisione divengono aspetti che caratterizzerebbero in modo decisivo i profili di competenze che nelle Scuole di Architettura andrebbero perseguiti con il supporto delle tecnologie informatiche maggiormente in uso.

Nelle realtà più ridimensionate la mancata “clusterizzazione” si riduce all'attuazione di *pipeline* produttive in cui l'architetto tenderebbe a sviluppare e ad integrare elementi e componenti il cui *design* è stato sviluppato da altre figure finendo col ricoprire, nuovamente, un ruolo da *manager* che si distacca dalla sua naturale vocazione progettuale.

Saper gestire l'onda d'urto di crisi e rivoluzioni implica una volontà forte e determinata nel riadattare le proprie strutture e sovrastrutture culturali ai bisogni concreti dell'ambiente costruito, ma soprattutto alle necessità delle figure professionali che dovrebbero essere in grado di calarsi, in modo appropriato, in queste realtà in evoluzione. La tecnologia e gli approcci al design secondo la logica computazionale (*computational thinking*) fanno di quest'ultima a tutti gli effetti la migliore chiave per aprire le porte del futuro. In Inghilterra tale pensiero è stato introdotto nella didattica della scuola primaria già nel 2014-2015 ed in Australia, Francia, Polonia e Finlandia dall'anno scolastico 2016-2017. In Italia nel 2015 con la Legge 107²¹⁶ si include il pensiero computazionale negli obiettivi formativi della *buona scuola*²¹⁷ parallelamente al Piano Nazionale Scuola Digitale ed al progetto Programma il Futuro²¹⁸ del MIUR che, dall'anno scolastico 2014-2015, sta sperimentando attività di *coding* per l'introduzione del pensiero computazionale e le competenze digitali già dalla scuola primaria. A valle di questa visione, e in continuità con il *report* del RIBA, la studiosa di scienze sociali e di design Gild WILDMAN afferma nella conferenza Encoding Architecture:

«All of these are directions by which architecture moves beyond the design of built form.
 The potential for making a successful living derived from any of these new directions is

²¹⁶ [accesso web link 12/08/2018] <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15G00122/sg>

²¹⁷ [accesso web link 14/08/2018] <https://labuonascuola.gov.it/costruiamo-insieme/pensiero-computazionale/>

²¹⁸ [accesso web link 11/08/2018] http://www.istruzione.it/scuola_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf

huge, yet the means by which to get there is not yet encouraged, taught nor articulated as a new choice within Architecture. In the meantime, other design disciplines are developing the attitudes, skills and behaviors to become entrepreneurs as well as designers. Where else but in a conference exploring the edges of computational architecture could we embed a workshop about these new kinds of opportunities for architects? This is not about replacing traditionally architectural practice, nor ignoring the professional experience needed to practice, but extending what new architects could do. Which is not necessarily about waiting for the right consultancy slot, but actively creating new opportunities»²¹⁹

WILDMAN sottolinea la necessità, come ROBINSON, di svincolare i limiti operativi tradizionalmente attribuiti al ruolo dell’architetto ma, al contempo, di tracciare nuove direzioni professionali attraverso le opportunità offerte dai cambiamenti culturali in corso. L’atteggiamento è esattamente quello che ha un “imprenditore” nelle fasi di *decision making* nel fronteggiare il cambiamento sia esso di prodotto o di processo (la visione *business* che si evince dal rapporto RIBA). La filosofia BIM e l’approccio computazionale, in particolar modo quello parametrico, rappresentano il volano della rivoluzione digitale nell’ambito della progettazione e quindi un aspetto critico da considerare attentamente nell’ambito della formazione accademica in questa fase di transizione.

Aspetti che legano la pratica professionale alla preparazione culturale nelle accademie sono stati analizzati nel 2015 in modo critico dal ricercatore Dominik HOLZER²²⁰, *Senior Lecturer in Digital Architecture* alla Università di Melbourne. Innanzitutto, HOLZER, specifica che il *parametric design* è da intendere come pratica progettuale basata su regole che correlano dati ad aspetti geometrici e non solo, convenendo con la definizione storica dei ricercatori del gruppo *SmartGeometry* (paragrafo 1.4). Il ricercatore di Melbourne si pone alcuni quesiti sulla reale responsività degli insegnamenti di settore rispetto al crescente interesse della progettazione verso argomenti affini al design esplorativo ed al loro legame diretto con l’aspetto gestionale e documentale fornito dagli strumenti BIM. In tal senso riporta quanto segue:

«There is evidence to suggest that the introduction of high-end technology facilitates a dramatic transformation within the construction industry at this point in time. Such transformation alters the context young graduates encounter when entering practice. On one hand, the current generation of recent graduates is the first who undergo their training while having access to both BIM and parametric design throughout their tertiary education»²²¹

Ciò che afferma HOLZER non solo pone gli studenti davanti ad una dimensione pratica già consolidata, ossia, una realtà in cui si opera già con certe metodologie e strumentazioni ragionevolmente mature, ma pone le accademie d’innanzi ad una difficoltà di natura culturale che rende l’inclusione di certe metodologie, derivate dalla pratica professionale,

²¹⁹ Wildman, G., *The future Architect as Entrepreneur* in Werner, L. (2013) [En]Coding Architecture. Pittsburgh: Carnegie Mellon, p. 43.

²²⁰ Holzer, D., *BIM and Parametric Design in Academia and Practice: The Changing Context of Knowledge Acquisition and Application in the Digital Age*, in International Journal of Architectural Computing, Vol. 13 Issue 1, March 2015, pp. 65-82.

²²¹ Ibidem.

difficilmente integrabili nei propri *curricula* formativi. Verosimilmente tale difficoltà è legata alla transitorietà della fase “evolutiva” del digitale in cui non tutti i “progressi” sono riconducibili a veri e propri cambi di paradigma ma, piuttosto, a fasi intermedie non immediatamente assorbibili nei percorsi formativi istituzionali. Questo scenario contemporaneo ha naturalmente condotto gli studenti e i giovani progettisti verso una dimensione sperimentale e strumentale considerata innovativa in taluni casi solo perché mai precedentemente sperimentata nel proprio contesto disciplinare. Nella realtà italiana quest’ultima osservazione si è tradotta negli ultimi 6-8 anni in un “boom” di offerte formative collaterali a quelle previste dalle accademie che, ancor più dei Master professionalizzanti, ha visto nascere scuole di abilitazione/certificazione e di *workshops* in grado di fornire supporto e approfondimento mirato alla acquisizione e alla padronanza delle nuove tecnologie. È in questo scenario che si erodono, seppur in parte, alcune peculiarità culturali ed avanguardistiche tipicamente possedute dalle accademie²²².

A conclusione della sua indagine HOLZER presenta alcuni grafici di sintesi in cui si riportano le principali abilità tecniche richieste a giovani professionisti e studenti appena laureati nelle discipline architettoniche ed ingegneristiche per essere introdotti nel mondo del lavoro (Fig. 168).

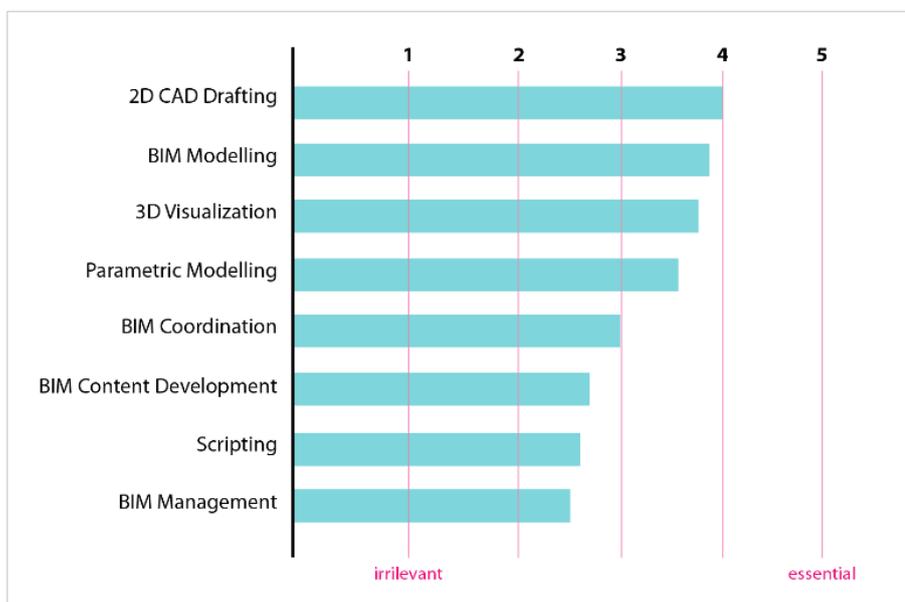


Fig. 168: Abilità tecniche richieste ai giovani professionisti - Holzer 2015 (rielaborato dall’autore)

²²² Si precisa in questa sede che tali realtà non sono omogeneamente riscontrabili nel panorama accademico italiano. Alcune realtà politecniche, anzi, stanno già muovendosi didatticamente verso la formazione culturale di nuove figure professionali sempre più aderenti ai profili di competenze richiesti dal mercato del lavoro. Tuttavia, è possibile interpretare la sperimentazione in atto come un processo biunivoco in cui tesi di laurea e di dottorato aprono nelle accademie nuovi e possibili scenari didattico-culturali.

BIM Modelling e 3D Visualization sembrano essere le due macrocategorie tecniche principalmente richieste dai reclutatori di risorse umane ed in tal proposito è necessario fare due osservazioni di natura pratica. La prima osservazione concerne la presenza alle ultime posizioni delle abilità di *coordinazione e management* in ambito BIM (ma riguarda anche la pratica dello *scripting*) che sono da imputare direttamente alle attitudini personali (vocazioni) ed alle abilità interpersonali che, secondo HOLZER, si acquisiscono/affinano in media entro 4 anni dall’impiego a seconda delle caratteristiche organizzative dello studio professionale; mentre le abilità di modellazione e di tipo “grafico” si acquisiscono in media entro 2-3 anni. La seconda osservazione, più deduttiva, tende a confermare l’affermazione di un profilo di competenze tecnologiche proprie di una nuova figura professionale che la bibliografia scientifica non ha ancora ben sviluppato ed approfondito, ma che la dimensione pratica professionale riconosce col nome di *technologist designer* (o *design technologist*). Quest’ultimo con buona ragione può rappresentare un elemento chiave per il futuro e professionale e della Ricerca in ambito architettonico. A grandi linee un *technologist designer* può essere considerato come un *interaction designer*, un *coder*, un *visual designer*, un *information architect*; un professionista mosso innanzitutto dal forte desiderio pratico del “fare” (*animo maker*). È una figura che può ricoprire ruoli sia strategici che tecnici (possiede un profilo basato sul pensiero computazionale) in grado di ridurre considerevolmente il *gap* che intercorre tra gli aspetti meta-progettuali del design e l’implementazione tecnica-esecutiva per il raggiungimento degli obiettivi programmati.

Secondo HOLZER la progettazione tecnologica nell’Era Digitale si muove essenzialmente tra le aree tecniche e strategiche illustrate in Fig. 169.

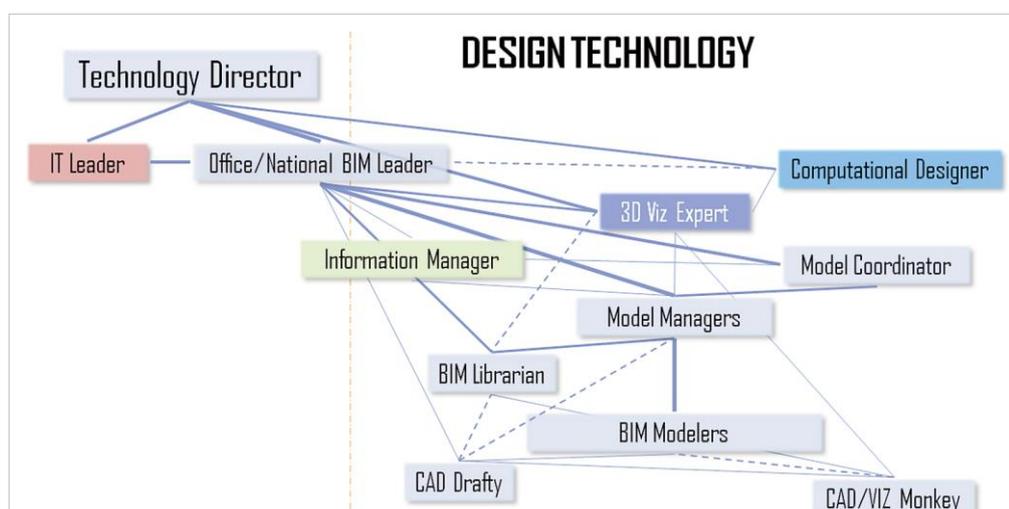


Fig. 169: Articolazione degli ambiti di interesse della progettazione tecnologica (fonte Holzer 2015)²²³

²²³ Elaborazione grafica a cura di Dominik Holzer in Op. cit.

Ne consegue, in questa sede, che il *technologist designer* ha certamente dimestichezza con il sistema interoperabile che sussiste tra gli ambiti di interesse illustrati in Fig. 169. Uno dei principali valori aggiunti è la capacità di questa figura di introdurre in maniera ancor più positiva elementi di *parametric design* in grado di facilitare ed integrare l’uso delle tecnologie BIM tra membri dello staff orientati al *digital* e membri dello staff (*seniors*) più orientati alla pratica progettuale tradizionale. Riporta HOLZER:

«Interviewers argue that if senior practitioners are set in their traditional delivery methods, using BIM can become detrimental to the projects as they use new tools, the old way, resulting in a doubling of the effort required by other team members. [...] Respondents report a decrease in the master-apprentice hierarchy, with young graduates gaining respect for their value-add skills as they help to facilitate novel approaches by senior staff and inject a practice with innovation. The role of Computational Designer allows them to work closely with experienced project architects and engineers during early conceptual design. Their skill enables senior staff to explore design options with a speed and level of variation that would have proven impossible when applying traditional hand or 2D CAD approaches»²²⁴

Il risultato di questa indagine (Fig. 170) porta nuovamente in auge la necessità di un monitoraggio periodico della rispondenza/adequatezza della formazione accademica rispetto ai profili di competenze che si stanno costantemente evolvendosi principalmente nelle realtà professionali.

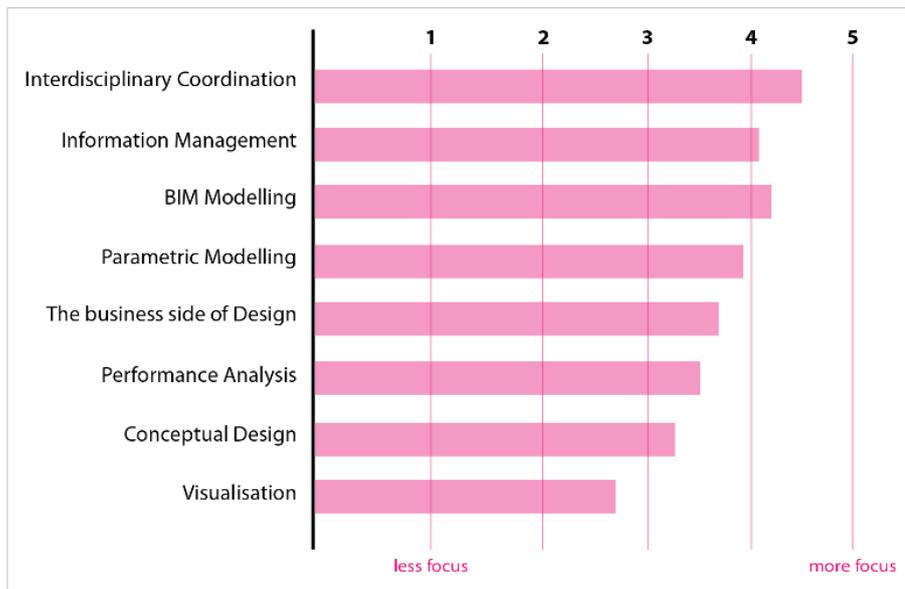


Fig. 170: Tematiche da approfondire nei curricula accademici - Holzer 2015 (rielaborato dall’autore)

Uno dei principali pericoli di una didattica che persegue l’uso dello strumento come fine e non come “medium” (di cui apparentemente se ne comprendono le dinamiche ma

²²⁴ Op. cit.

non va oltre alla “black box”) è ancora ritenuta una pratica fuorviante (contemporanea ma in modo passivo).

Volendo, provocatoriamente, chiudere il paragrafo con una lettura trasversale degli elaborati grafici di HOLZER, ci si rende conto che nelle accademie (senza generalizzare ed estremizzare) sussiste ancora una Scuola di pensiero che nella pratica esalta l’immagine del prodotto della progettazione non come *side effect*, ma piuttosto come *mainstream*. Risulta così che le principali abilità che permettono un ingresso quasi immediato nel mondo del lavoro da parte dei neolaureati, è affidata alle sole pratiche di 3D visualisation e di modellazione pura/BIM (ultimi livelli di competenze illustrate in Fig. 169). Tali abilità precorritrici dell’ingresso nel mondo professionale sono, tutt’oggi, acquisibili mediante corsi di formazione certificati della durata di 3-7 giorni con una pratica intensiva mirata. Una competenza professionale che non necessita di un corso di laurea o di formazione universitaria.

In termini culturali si tende a perdere la visione tettonica dell’intero processo costruttivo, del sistema di relazioni che generano gli spazi ancor prima di poterli modellizzare aspetto critico, questo, su cui riflettere nell’immediato futuro. Infine, a valle delle osservazioni mosse in questo paragrafo la scelta di perseguire un approfondimento multidisciplinare e strutturato attorno ai principi fondamentali del pensiero computazionale è un aspetto che resta fortemente auspicabile.

Perseguire un approccio “flessibile” alla progettazione orientata al *design exploring* e al *form finding* soprattutto nelle fasi meta-progettuali potrà garantire una migliore collocazione lavorativa (qualitativamente) più rispondente alle naturali vocazioni dell’architetto e del designer. Vocazioni che, aldilà dei cambiamenti culturali e della più o meno crescente pervasività del digitale nel quotidiano, risponderanno sempre alla medesima responsabilità del progettista, ovvero, quella di continuare a trasformare i desideri e le necessità delle persone in realtà tangibili e di gestire e programmare consapevolmente il processo costruttivo, dalla piccola alla grande scala, in modo tale che esso non impatti negativamente sulle vite e sull’ambiente.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE DELLA RICERCA

La progettazione tecnologica nell’Era Digitale descrive una dimensione pratica e culturale del fare architettura e design attraverso un ampio spettro operativo e, soprattutto, di competenze richieste. Il contributo proposto ha definito una chiave di lettura del contesto digitale e progettuale che non ha tralasciato né gli aspetti sociali e professionali legati al nuovo modo di concepire i processi costruttivi, né quelli relativi al probabile ruolo che il progettista digitale potrà assumere nel proprio futuro professionale.

L’articolazione del caso applicativo come testimonianza di un nuovo paradigma come quello della progettazione “flessibile”, ha risposto in modo ragionevole alle domande di ricerca richiamate nell’introduzione al lavoro svolto. Per semplicità si richiamano di seguito i tre quesiti a cui si darà risposta, sinteticamente, a valle di tutti i temi trattati:

1. *È possibile informare il progetto digitale (modello e processo) in modo autonomo e svincolato dai limiti imposti dalle strumentazioni informatiche (piattaforme BIM e di modellazione 3D)?*
2. *È possibile definire un cambio paradigmatico nell’approccio culturale e strumentale alla progettazione tecnologica come conseguenza della rivoluzione informatica in architettura?*
3. *In che termini il ruolo e le responsabilità del progettista mutano con l’avvento dell’Era Digitale?*

Il progetto digitale, dalla piccola alla grande scala, è il risultato della sovrapposizione di molteplici aspetti culturali ed operativi (spesso a carattere collaborativo) dalla modellizzazione del problema (o della criticità data) alla gestione dei processi ad esso connessi. La capacità di informare il progetto è resa possibile (in modo illimitato) dalla possibilità di integrare aspetti di programmazione informatica all’interno degli strumenti di progettazione virtuale. Il lavoro presentato ha dato visione dell’efficacia ed efficienza che tale sinergia riscuote immediatamente nei contesti professionali fungendo da volano per le possibili contaminazioni disciplinari (visione olistica, multidisciplinare) che è potenzialmente in grado di gestire. Il *computational BIM*, ma più in generale il *computational design*, diventa un’espressione rigorosa, creativa e sintetica di un nuovo linguaggio progettuale i cui limiti euristici sono solo conseguenza della sensibilità strategica e tecnica del progettista stesso.

Alla domanda “È possibile definire un cambio di paradigma nella progettazione tecnologica...?” la risposta è decisamente affermativa. In tal senso, dalle esperienze raccontate, il cambio di paradigma è stato trainato dall’industria informatica ma gli effetti sono stati motivati e diffusi dall’uomo attraverso la sovrastimolazione culturale (attraverso

Internet) che ha modificato lentamente la visione canonica del fare umano fino ad oggi conosciuta. I grandi Studi di progettazione, dunque le realtà professionali non solo hanno fatto da precorritrici per una forte spinta all'innovazione nell'ambito dell'AEC *industry*, ma stanno nel tempo definendo anche tutti quegli aspetti culturali e tecnici che il mondo dell'Accademia dovrà approfondire e sperimentare oltre i desideri e le necessità espresse dalla società contemporanea.

Quando attraverso la dimensione pratica si percepisce una lenta mutazione del ruolo e delle responsabilità del progettista ciò significa che il cambiamento è già in atto ed ha innanzitutto investito l'utenza in ogni suo comportamento sociale e di interazione con l'ambiente costruito. Al cambio di paradigma sembra essersi associata una rinnovata consapevolezza sull'importanza avuta dalle implicazioni sociali scaturite dalle scelte progettuali, tecnologiche e non – rivalutazione della *prosemica* nell'Era Digitale. Probabilmente non tutti i progettisti sono stati particolarmente pronti a percepirlo perché spesso la soglia tra *l'abilità tecnologica* e la *disabilità tecnologica* è sottile, ma visibile solo alla luce di nuove rivoluzioni che non tarderanno a manifestarsi. La rivalutazione della *prosemica* è sicuramente una delle principali conseguenze della rivoluzione informatica in architettura che porta il progettista ad orientare la sua visione del costruito verso le esperienze dell'utenza quasi a voler perdere, utilizzando le parole di ROBINSON, "l'etichetta" di architetto e assumere quella visione che, nel presente contributo, sembra delineare una nuova figura professionale a cavallo tra un *experience designer* ed un *technologist designer*.

Infine, la partita sulle competenze e responsabilità riportata dal RIBA si giocherà principalmente sugli *assets* politico-culturali tra le Accademie e le Industrie. La rivoluzione digitale impone una integrazione sempre più spinta nei processi produttivi (industriale e manifatturiero) delle figure professionali deputate alla progettazione, alla trasformazione e adattamento dei desideri dell'utenza in totale armonia con l'ambiente naturale. Il lavoro di ricerca proposto, delineando gli aspetti culturali che caratterizzano il Digitale sino alla sua declinazione nel mondo reale proponendo soluzioni tecnologiche per l'ottimizzazione degli spazi della Apple Academy, può aprire la Ricerca a nuovi segmenti di mercato didattici e professionali.

Prospettive di Ricerca

Prima di concludere la redazione della presente tesi può risultare particolarmente significativo mettere in nuce *l'intentio originale* che ha mosso la presente Domanda di Ricerca che ha avuto, sin dall'inizio, una finalità operativa reale. In tal senso, *l'intentio* di cui sopra, trova una verità intellettualmente onesta nelle parole di Stewart BRAND²²⁵ richiamando il discorso di Nicholas NEGROPONTE all' MIT:

²²⁵ Brand, S. (1987). *Demo or die*, in *The Media Lab: inventing the future at MIT*. Viking, New York-London, Viking, p. 4.

«Students and professors at the Media Laboratory write papers and books and publish them, but the byword in this grove of academe is not "Publish or Perish." In Lab parlance it's "Demo or Die"—make the case for your idea with an unfaked performance of it working at least once, or let somebody else at the equipment. "We write about what we do," comments Director Negroponte, "but we don't write unless we've done it." The focus is engineering and science rather than scholarship, invention rather than studies, surveys, or critiques»

Nell'epoca di grandi trasformazioni e rivoluzioni offerte dal mondo digitale, la proposizione di un programma di Ricerca che possa risultare effettivamente spendibile²²⁶ diviene una necessità e la realizzazione di una "demo" assume la medesima importanza che si attribuisce al modello in quanto testimonianza e predizione dell'atto progettuale.

Il *computational thinking* è stato più volte indicato come base culturale della progettazione "flessibile", questa affermazione si motiva ulteriormente in quanto la Ricerca proposta ha sviluppato/esplorato soltanto un aspetto di un programma di approfondimento più ampio indicato dall'autore. Può risultare, tuttavia, altrettanto interessante assumere come *baseline* i risultati metodologici ivi raggiunti e inquadrarli in una futura prospettiva di approfondimento e per la progettazione tecnologica e per gli aspetti digitali in merito alle tematiche della prossemica proprio sulla base di un *framework* ipotizzato nel 2016 (Fig. 171) che integra la tecnologia IoT e il *Building Information Modelling*.

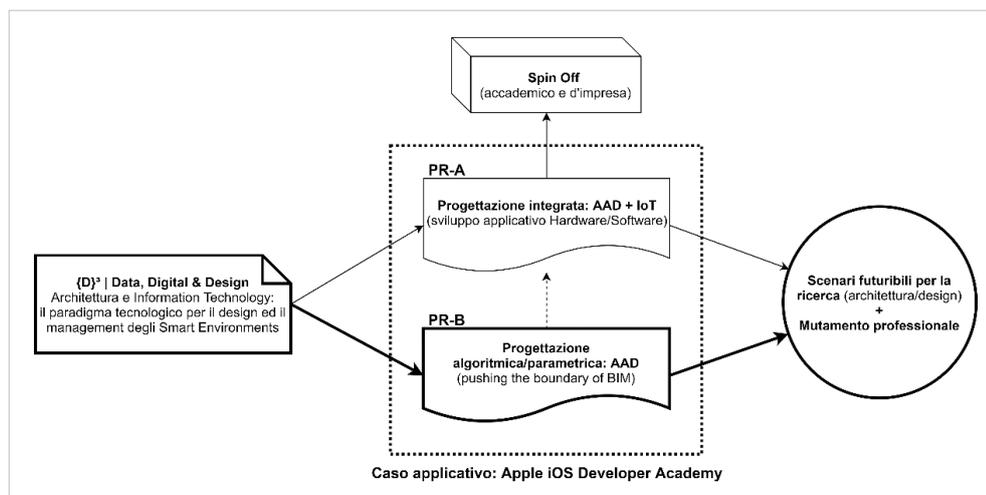


Fig. 171: Framework - progettazione "flessibile" e prospettive future di ricerca

Dallo schema si evince, in grassetto, il percorso di ricerca sviluppato (PR-B) mentre in alto (PR-A) un possibile scenario di approfondimento finalizzato allo sviluppo di un

²²⁶ Questo concetto è stato espresso dall'autore nel tema di ammissione per il XXXI ciclo di dottorato di ricerca in architettura (DiARC). Si riporta un breve estratto: «[...] in tal proposito [...] una ricerca deve portare alla realizzazione di un prodotto "spendibile" in termini culturali e/o economici. Questa spendibilità è il frutto della sperimentazione creativa, quella capacità di risoluzione e sintesi di problemi complessi affrontati in maniera innovativa. La creatività, cosa nota, nasce dall'incontro tra intuito e fiducia, e questo è solo il punto di partenza per attivare un proficuo percorso di ricerca».

applicativo Hardware/Software impiegabile in *tasks execution* molto simili ai casi trattati (A, B, C, D – Capitolo Terzo).

Nello specifico si potrebbe prevedere la realizzazione di una sonda multisensore (ma anche di *tracking*) da impiegare nelle operazioni di *data mining* sia *outdoor* che *indoor* basata sulla tecnologia dei microcontrollori come Arduino (Fig. 172).

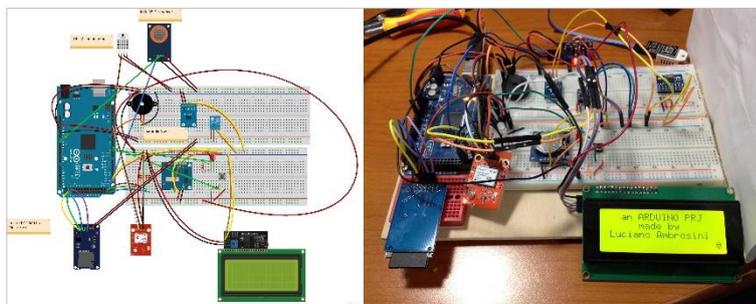


Fig. 172: Prototipo di sonda multisensore (realizzato dall'autore)

La strategia di integrare tecnologie IoT avrebbe un duplice scopo: il primo di implementare l'acquisizione delle informazioni ritenute utili ai fini della progettazione ed ottimizzazione dello spazio abitato; il secondo, di attivare un processo virtuoso che porterebbe il progettista ad acquisire nuove competenze nel digitale basate proprio sul pensiero computazionale e la capacità di saper trasformare le “informazioni” (dato strutturato) in materia per il progetto. In tal senso approfondire gli aspetti di interoperabilità e di progettazione integrata (multi-infra-trans disciplinare) consentirebbe di beneficiare dei risultati ottenibili tramite un approccio al progetto di tipo *data driven oriented* (Fig. 173).

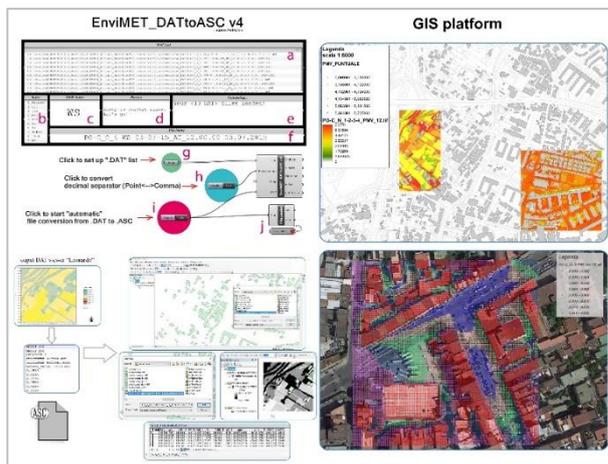


Fig. 173: Procedura di data design elaborata/programmata dall'autore per la strutturazione del dato in informazione utile (integrazione della piattaforma GIS)²²⁷

²²⁷ Ambrosini L., Bassolino E., (2016). Interoperabilità dei risultati di simulazioni microclimatiche sullo spazio aperto e il GIS, in GIS Day 2016, Di Martino F., Cardone B., Sessa S. (a cura di), Aracne, Canterano (RM), pp. 23-46. Elaborazione visionabile all'indirizzo web: lucianoambrosini.it

A valle degli *incipit* appena riportati, la prospettiva per un approfondimento futuro potrebbe prevedere l'istituzione di uno *Spin-off* dipartimentale o d'impresa (Fig. 174) come proposto dall'autore in occasione della *call for Start-up* bandita a settembre 2017 da CAMPANIA NEW STEEL²²⁸ e presentata a giugno 2018 come idea innovativa presso la sede ANIAI all'evento ARCHINGEGNI²²⁹ (Fig. 175).

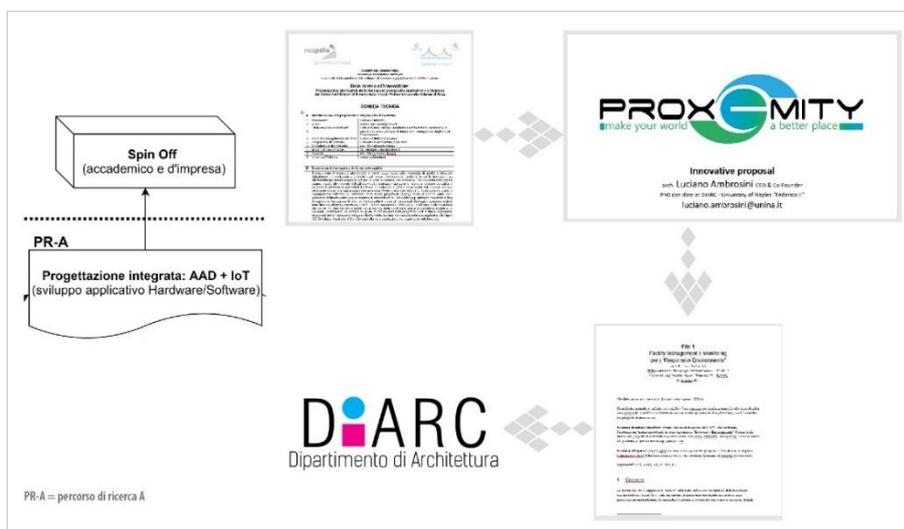


Fig. 174: Outcomes della prospettiva futura di approfondimento della ricerca



Fig. 175: Spin-off "Proximity" di Luciano Ambrosini

²²⁸ Incubatore accademico certificato a supporto della nascita e dello sviluppo di startup e spinoff innovativi nel Mezzogiorno. Call for Start-up - Dalla ricerca all'innovazione: Presentazione dei risultati della ricerca con potenzialità applicative e di impresa dei Dottorandi/Dottori di Ricerca della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base.

²²⁹ ANIAI - Associazione Nazionale Ingegneri Architetti Italiani (Campania). ARCHINGEGNI – innovazione e startup tra architettura ed ingegneria. Obiettivo dell'evento è il coinvolgimento del network dell'innovazione in ambito ingegneristico ed architettonico, con un focus su nuove forme di progettazione e business, sul trasferimento tecnologico e sulla sensibilizzazione sui prossimi trend di interesse per la società e l'imprenditoria. [accesso web link 30/08/2018]
<https://www.aniacampania.it/archingegni-innovazione-e-startup-tra-architettura-ed-ingegneria/>

L'esperienza programmabile attraverso un percorso orientato alla progettazione "flessibile" (*computational thinking*) finalizzerebbe un ipotetico futuro programma di Ricerca al miglioramento dell'efficacia e dell'efficienza delle scelte progettuali nell'industria delle costruzioni attraverso l'uso integrato della tecnologia IoT, *Clouding*, e l'approccio Parametrico/Computazionale all'analisi delle esigenze dell'utenza finale.

Un obiettivo auspicabile e da perseguire fortemente sarebbe quello di istituire un programma di Ricerca in cui i codici generativi e i linguaggi di programmazione informatica saranno sempre più capaci di fondersi col gesto creativo (precursore della conoscenza tecnica) nonché del suo avanzare critico come *consecutio* della incessante rivoluzione digitale.

APPENDICE 1

A-1.1 Temporary Apple Settlement experience survey for students

Questions (~ 63)

1. **Which is your workstation?**
Indicate the right number from image
2. **How do you evaluate your workstation in relation to the stability of your desk?** S1
 1. Very satisfied
 2. Quite satisfied
 3. Indifferent
 4. Quite unsatisfied
 5. Very unsatisfied
3. **How do you evaluate the five-seat workstation?** F5
 1. Optimal
 2. Acceptable
 3. Indifferent
 4. Quite unsatisfied
 5. Very unsatisfied
4. **Se 1 What do you like most about your workstation?** FH
 1. Other
5. **Se 4-5 What do you dislike about your workstation?** FH
 1. Other
6. **How can you improve your workstation?** FH
 1. I think it is well done
 2. Other
7. **How do you rate the visibility of the TV screen closer to your workstation?** F2
 1. Excellent
 2. Good
 3. Acceptable
 4. Limited
 5. Bad
8. **Se 3-4-5 What is your sight of the closer TV screen prevented by?** F2
 1. Silhouette of other students
 2. Some furniture
 3. Outer glow

4. Other
9. Se3 If the difficulty is about the brightness/glow, could you explain why? F2 F3 F4 F5
1. Curtains / sun shadings unsuitable
 2. Low light level
 3. Other
10. If you move the table, will it improve your sight of the closer TV screen? F4
1. Yes, definitely
 2. Yes, pretty much
 3. I don't know
 4. I don't believe
 5. No, definitely
11. Is it comfortable to observe the closest Writable Glass (whiteboard) from your workstation? F2
1. Very comfortable (I can work without getting tired too much)
 2. Quite comfortable (I can work well until the first break)
 3. Indifferent
 4. Quite uncomfortable (I can work, but often prefer to take a break)
 5. Very uncomfortable (I can not complete my workload)
12. How do you rate the visibility of the Writable Glass (whiteboard) closer to your workstation? F2
1. Excellent (I can read the whole text)
 2. Good (I can read, but some words are not clear)
 3. Acceptable (the text is partially covered)
 4. Limited (I can read few words, but I do not grasp the meaning of the text)
 5. Bad (Is there a whiteboard?)
13. Se 3-4-5 What is your sight of the closer Writable Glass prevented by? F2
1. Silhouette of other students
 2. Some furniture
 3. Outer glow
 4. Other
14. Se 3 If the difficulty is concerned the brightness/glow, could you explain why? F2 F3 F4 F5
1. Curtains / sun shadings unsuitable
 2. Low light level
 3. Other
15. If you move the table, will it improve your sight of the closer Writable Glass? F4
1. Yes, definitely
 2. Yes, pretty much
 3. I don't know
 4. I don't believe
 5. No, definitely
16. Have you tried to write on the Writable Glass (whiteboard)? F4
1. Yes
 2. No

- 17. Se 1 Have you found any difficulty writing on Writable Glass? F2 FH**
1. Yes. The board vibrates / oscillates
 2. Yes. The marker sign is hardly visible
 3. Yes. I cannot write at the top of the whiteboard
 4. Other
- 18. How do you rate the clarity of the text written on the Writable Glass from your workstation? F2**
1. Very visible (the written text is clearly distinguishable)
 2. Visible (the written text is partially distinguishable)
 3. Not really visible
- 19. Se 3 In your opinion what is the lack of clarity of the text written on the Writable Glass determined by? F2**
1. The marker color, I see better black
 2. Independent from the marker color
 3. Other
- 20. What do you like most about Writable Glass? F2 FH**
1. Other
- 21. What do you dislike about Writable Glass? F2 FH**
1. Other
- 22. How would you improve the Writable Glass? F2 FH**
1. I think working properly
 2. Other
- 23. Is it easy to watch the TV screen from your workstation? F2**
1. Very comfortable (I can work without getting tired too)
 2. Quite comfortable (I can work well until the first break)
 3. Indifferent
 4. Quite uncomfortable (I can work, but often prefer to take a break)
 5. Very uncomfortable (I can not complete my workload)
- 24. Se 4-5 What can affect the learning quality of the lessons? F2**
1. The TV screen is too upward / downward in relation to my workstation
 2. There are too many noises
 3. Other
- 25. Se 1 Do you think the TV screen is not positioned correctly in relation to your workstation? F2**
1. Too upward
 2. Slightly upward
 3. Too downward
 4. Slightly downward
 5. Other
- 26. Se 2 Do you think there are too many noises around your workstation? B2**
1. Annoying from inside the laboratory
 2. Tolerable from inside the laboratory
 3. Annoying from collaborative areas
 4. Tolerable from collaborative areas

5. Annoying from outside
6. Tolerable from outside
7. *Other*

27. Se 1-3-5 **What sort of noises distract you from your work?** B2
1. Other
28. **Is your workstation chair comfortable?** F3
1. Very comfortable (I can work without getting tired too)
 2. Quite comfortable (I can work well until the first break)
 3. Indifferent
 4. Quite uncomfortable (I can work, but often prefer to take a break)
 5. Very uncomfortable (I cannot complete my workload)
29. Se 1-2 **What makes comfortable your seat?** F1 F2 F3 A3 G3 FH
1. Other
30. Se 4-5 **What makes uncomfortable your seat?** F1 F2 F3 A3 G3 FH
1. Other
31. **Can you easily move with your chair around your workstation?** I1
1. Great
 2. Quite easy
 3. Indifferent
 4. Not very easy
32. Se 1 **How do you justify your previous answer?** I1
1. Other
33. Se 2-4 **How could your seat be bettered?** F1 F2 F3 A3 G3 FH
1. Different chair
 2. Set it differently
 3. Other
34. **Do you easily move around all the workstations?** I1
1. Great
 2. Quite easy
 3. Indifferent
 4. Not very easy
35. Se 1-4 **How do you justify your previous answer?** I1
1. Other
36. **Have you ever found any difficulty connecting your laptop to the electrical socket?** S1 F1 F2 F3
1. Yes
 2. No
37. Se 1 **What kind of difficulties have you found in connecting your laptop to the electrical socket?**
S1 F1 F2 F3
1. Incompatible connection / need an adapter

2. There aren't enough sockets
 3. The sockets are badly placed around the workstations
 4. The MegaSafe cable (battery-charger) hinder the socket
 5. Other
- 38. How do you improve the power supply on your workstation?** S1 F1 F2 F3
1. I think is not necessary
 2. Other
- 39. Do you think it would be better NOT to see the electrical sockets on your workstation?** A1
FH
1. Essential
 2. Desirable
 3. It would be better, but it is not necessary
 4. Indifferent
 5. I do not need
- 40. Se 1-2-3 Why do you think it is better that the electrical sockets are not visible?** G1
FH
1. Other
- 41. Do you feel comfortable in the collaborative areas?** S1 FH
1. Yes
 2. No
 3. Indifferent
- 42. Se 1 What do you like most of collaborative areas?** S1 FH
1. The opportunity to be creative and relaxed at the same time
 2. The equipment / furniture
 3. The interaction among students and tutors is easy
 4. Other
- 43. Se 2 What do you dislike of collaborative areas?** S1 FH
1. Other
- 44. How could you better the collaborative areas?** S1 FH
1. I think there is everything
 2. Other
- 45. Did you find any problems in collaborative areas during the study sessions?** B2
B4 FH
1. Yes
 2. No
- 46. Se 1 What the problems could be caused by?** B2 B4 FH
1. Noise pollution (noise, sounds, etc ..)
 2. There is too much brightness / glow coming from the outside
 3. I have difficulty finding a free seat
 4. Other
- 47. Se2 If the difficulty is about the brightness/glow, could you explain why?** F2 F3 F4 F5
1. Curtains / sun shadings unsuitable

2. Low light level in collaborative areas
3. Other

48. Have you ever needed to connect to the electrical socket your laptop/smartphone in collaborative areas? B2 B4 FH

1. Yes
2. No

49. Se 1 How often have you need to connect to the electrical socket in collaborative areas? B2 B4 FH

1. Frequently
2. Sometimes
3. Rarely

50. Which seat of the collaborative areas you prefer most? B2 FH

1. Wheelchair
2. Couche/armchair
3. Simple chair
4. Table

51. Which seat in collaborative areas do you use most? B2 FH

1. Wheelchair
2. Couche/armchair
3. Simple chair
4. Table

52. Which “smart” furniture would you like to have in the Academy? FH

1. I think there is everything
2. Other

53. Have you already used TOTEM (box TV + writable glass) in collaborative areas? FH

1. Yes
2. No

54. Se 1 Have you found any difficulty using TOTEM? F3 F4

1. Yes. Broadcast problems with multimedia files
2. Yes. Problems using the Writable Glass (eg. Write, hardly visible text etc ...)
3. Yes. Problems related to audio (eg. Audio playback and/or hearing people speak in collaborative areas)
4. Yes. Difficult access to the rear compartment of the TOTEM
5. No. I have not encountered any trouble
6. Other

55. Se 1 What kind of difficulties in transmission of multimedia files have you met? F3 F4 FH

1. Other

56. Se 2 What kind of difficulties about Writable Glass on the TOTEM have you met? F3 F4 FH

1. Other

57. Se 3 What kind of difficulties about audio playing and/or hearing people have you met? F3 F4 FH

1. Technical Issues of audio playback (no signal, or the like)
2. The audio is on, but there are too many noises that make the listening difficult
3. Other

58. What do you dislike about TOTEM in collaborative areas? **F3 F4 FH**

1. Other

59. What do you like most about TOTEM in collaborative areas? **F3 F4 FH**

1. other

60. How do you improve the TOTEM? **F3 F4 FH**

1. Nothing. I think it works well
2. Other

FEEL IN HARMONY

61. How can you evaluate the equipment of "Federico II" effect on YOUR LEARNING? **FH**

useless	enough	Indifferent	Very much	essential

62. How can you evaluate the equipment of "Federico II" effect on YOUR CREATIVITY? **FH**

useless	enough	Indifferent	Very much	essential

63. How can you evaluate the equipment of "Federico II" effect on the LIVABILITY of the iOS Developer Academy? **FH**

useless	enough	Indifferent	Very much	essential

A-1.2 Temporary Apple Settlement experience survey for teachers

Questions (~ 52)

1. Which is your workstation?

Indicate the right number from image

2. How do you evaluate your workstation in relation to the stability of your desk? **S1**

1. Very satisfied
2. Quite satisfied
3. Indifferent
4. Quite unsatisfied
5. Very unsatisfied

3. What do you think about the overall view of the laboratory from your workstation? **F5**

1. Very satisfied
 2. Quite satisfied
 3. Indifferent
 4. Quite unsatisfied
 5. Very unsatisfied
4. **Se 4-5 What do you dislike about your workstation?** FH
1. Other
5. **What can improve your workstation?** FH
1. I think it is well done
 2. Other
6. **What do you think about the ease of use of TV screens?** F2
1. Excellent
 2. Good
 3. Acceptable
 4. Limited
 5. Bad
7. **Se 4-5 How do you justify your previous answer?** F2
1. Other
8. **What do you think about the ease of use of the Writable Glass (whiteboard)?** F2
1. Excellent
 2. Good
 3. Acceptable
 4. Limited
 5. Bad
9. **Se 3-4-5 How do you justify your previous answer?** F2
1. Other
10. **Have you ever written on Writable Glass (whiteboard)?** F4
1. Yes
 2. No
11. **Se 1 Have you found any difficulty writing on Writable Glass?** F2 FH
1. Yes. The board vibrates / oscillates
 2. Yes. The marker sign is hardly visible
 3. Yes. I can not write at the top of the whiteborad
 4. Other
12. **How do you rate the clarity of the text written on the Writable Glass from your workstation?** F2
1. Very visible (the written text is clearly distinguishable)
 2. Visible (the written text is partially distinguishable)
 3. Not really visible
13. **Se 3 In your opinion what is the lack of clarity of the text written on the Writable Glass determined by?** F2
1. The marker color, I see better black

2. Independent of the marker color
3. Other

14. What do you like most about Writable Glass? F2 FH

1. Other

15. What do you dislike most about Writable Glass? F2 FH

1. Other

16. What can improve the Writable Glass? F2 FH

1. I think working properly
2. Other

17. Is it easy to watch the TV screen from your workstation? F2

1. Very comfortable (I can work without getting tired too)
2. Quite comfortable (I can work well until the first break)
3. Indifferent
4. Quite uncomfortable (I can work, but often prefer to take a break)
5. Very uncomfortable (I can not complete my workload)

18. Se 4-5 What can affect the learning quality of the lessons? F2

1. The TV screen is too upward / downward in relation to my workstation
2. There are too many noises / sounds
3. Other

19. Se 1 Do you think the TV screen is not positioned correctly in relation to your workstation? F2

1. Too upward
2. Slightly upward
3. Too downward
4. Slightly downward
5. Other

20. Se 2 Do you think there are too many noises around your workstation? B2

1. Annoying from inside the laboratory
2. Tolerable from inside the laboratory
3. Annoying from collaborative areas
4. Tolerable from collaborative areas
5. Annoying from outside
6. Tolerable from outside
7. *Other*

21. Se 1-3-5 What sort of noises distract you from your work? B2

1. Other

22. Can you easily move with your chair around your workstation? I1

1. Great
2. Quite easy
3. Indifferent
4. Not very easy

23. Se 1-4 How do you justify your previous answer? I1

1. Other

24. **Have you ever found any difficulty connecting your laptop to the electrical socket?** S1 F1 F2 F3
1. Yes
 2. No
25. **Se 1 What kind of difficulties have you found in connecting your laptop to the electrical socket?** S1 F1 F2 F3
1. Incompatible connection / need an adapter
 2. There aren't enough sockets
 3. The sockets are badly placed around the workstations
 4. The MagSafe cable (battery-charger) hinder the socket
 5. Other
26. **How do you improve the power supply on your workstation?** S1 F1 F2 F3
1. I think is not necessary
 2. Other
27. **Do you think it would be better NOT to see the electrical sockets on your workstation?** A1
FH
1. Essential
 2. Desirable
 3. It would be better, but it is not necessary
 4. Indifferent
 5. I do not need
28. **Se 1-2-3 Why do you think it is better that the electrical sockets are not visible?** G1
FH
1. Other
29. **Do you feel comfortable in the collaborative areas?** S1 FH
1. Yes
 2. No
 3. Indifferent
30. **Se 1 What do you like most of collaborative areas?** S1 FH
1. The opportunity to be creative and relaxed at the same time
 2. The equipment / furniture
 3. The ease of interaction between students and tutors
 4. Other
31. **Se 2 What do you dislike of collaborative areas?** S1 FH
1. Other
32. **How could you better the collaborative areas?** S1 FH
1. I think there is everything
 2. Other
33. **Have you ever encountered any difficulty in attention / learning of the students in collaborative areas during the study sessions?** B2 B4 FH
1. Yes
 2. No

- 34. Se 1 What the problems are caused by? B2 B4 FH**
1. The courses are too difficult / language problems
 2. Noise pollution
 3. There is too much brightness / glow coming from the outside
 4. It is difficult for the students to get free seats
 5. Other
- 35. Se3 If the difficulty is about the brightness/glow, could you explain why? F2 F3 F4 F5**
1. Curtains / sun shadings unsuitable
 2. Low light level in collaborative areas
 3. Other
- 36. Have you ever needed to connect to the electrical socket your laptop/smartphone in collaborative areas? B2 B4 FH**
1. Yes
 2. No
- 37. Se 1 How often have you needed to connect to the electrical socket in collaborative areas? B2 B4 FH**
1. Frequently
 2. Sometimes
 3. Rarely
- 38. Which seat of the collaborative areas you prefer most? B2 FH**
1. Wheelchair
 2. Couche/armchair
 3. Simply chair
 4. Table
- 39. Which seat in collaborative areas do you use most? B2 FH**
1. Sedia con ruote
 2. Divano/poltroncina
 3. Sedia fissa
 4. Tavolino
- 40. Which "smart" furniture would you like to have in the Academy? FH**
1. I think there is everything
 2. Other
- 41. Have you already used TOTEM (box TV + writable glass) in collaborative areas? FH**
1. Yes
 2. No
- 42. Se 1 Have you found any difficulty using TOTEM? F3 F4**
1. Yes. Broadcast problems with multimedia files
 2. Yes. Problems using the Writable Glass (eg. Write, hardly visible text etc ...)
 3. Yes. Problems related to audio (eg. Audio playback and/or hearing people speak in collaborative areas)
 4. Yes. Difficult access to the rear compartment of the TOTEM
 5. No. I have not encountered any trouble
 6. Other

43. Se 1 What kind of difficulties in transmission of multimedia files have you met? F3 F4 FH
1. Other
44. Se 2 What kind of difficulties about Writable Glass on the TOTEM have you met? F3 F4 FH
1. Other
45. Se 3 What kind of difficulties about audio playing and/or hearing people have you met? F3
F4 FH
1. Technical Issues of audio playback (no signal, or the like)
2. The sound is on, but there are too many noises/sounds that make me the problem listening
3. Other
46. What do you dislike about TOTEM in collaborative areas? F3 F4 FH
1. Other
47. What do you like most about TOTEM in collaborative areas? F3 F4 FH
1. other
48. How do you improve the TOTEM? F3 F4 FH
1. Nothing. I think it works well
2. Other

FEEL IN HARMONY

49. Have the “Federico II” equipment/facilities reached the expected LEARNING goals? FH

useless	enough	Indifferent	Very much

50. Have the “Federico II” equipment/facilities reached the expected CREATIVITYT goals? FH

useless	enough	Indifferent	Very much

51. Have the “Federico II” equipment/facilities reached the expected LIVABILITY goals? FH

useless	enough	Indifferent	Very much

52. Would you like to add any personal comment? FH
1. No. It's fine.
2. Other

APPENDICE 2

A-2.1 Wordcloud, scripting ed “Easter Egg”

Nella Task Execution D si è illustrato l’aspetto creativo che ha generato l’intero processo di produzione degli elementi *stickers* utilizzati come elementi visivi di sicurezza e adagiati sulle tamponature vetrate della Main Classroom. A completamento dell’approccio informatico dalla costruzione del tools nonché dell’artefatto finale, si è dato spazio alla creatività introducendo un elemento “sorpresa” che i programmatori definiscono come *Easter Egg*.

«a hidden surprise or extra feature that is included in something such as a computer game, a piece of software, or a film, for the person using or watching it to find and enjoy»²³⁰

La definizione in questo caso si applica all’aspetto informativo contenuto nella nuvola e nello specifico all’inserimento della seguente frase:

1N73LL1G3NC3 15.7H3.4B1L17Y 70.4D4P7 70.CH4NG3

Una traslitterazione alfa-numerica della frase “*Intelligence is the ability to adapt to change*” attribuita al famoso scienziato Stephen HAWKING. L’intera frase²³¹ è stata scomposta in quattro parti ed a ognuna delle quali è stato assegnato un fattore di frequenza (peso ponderale) che inserisce ciascuna di esse in modo tale da essere apparentemente celate al lettore rispetto al resto delle altre parole inserite in lista (Fig. 176).



Fig. 176: Wordcloud ed “Easter Egg”

²³⁰ Def. dizionario Cambridge online

[accesso web link 18/03/2018] <https://dictionary.cambridge.org/it/dizionario/inglese/easter-egg>

²³¹ La citazione, elaborata a agosto 2017, è stata inserita nella versione definitiva della Wordcloud installata il 12 agosto 2017 in anticipo sulla prematura scomparsa dello scienziato HAWKING (14 marzo 2018).

A-2.2 Apple iOS Developer Academy opening: LABs concept renders

A seguire alcuni *concept renders* elaborati durante il periodo di consulenza progettuale richiesta dall'ateneo federiciano in occasione degli allestimenti temporanei e definitivi per l'istituzione della Apple iOS Developer Academy (San Giovanni a Teduccio, Napoli).

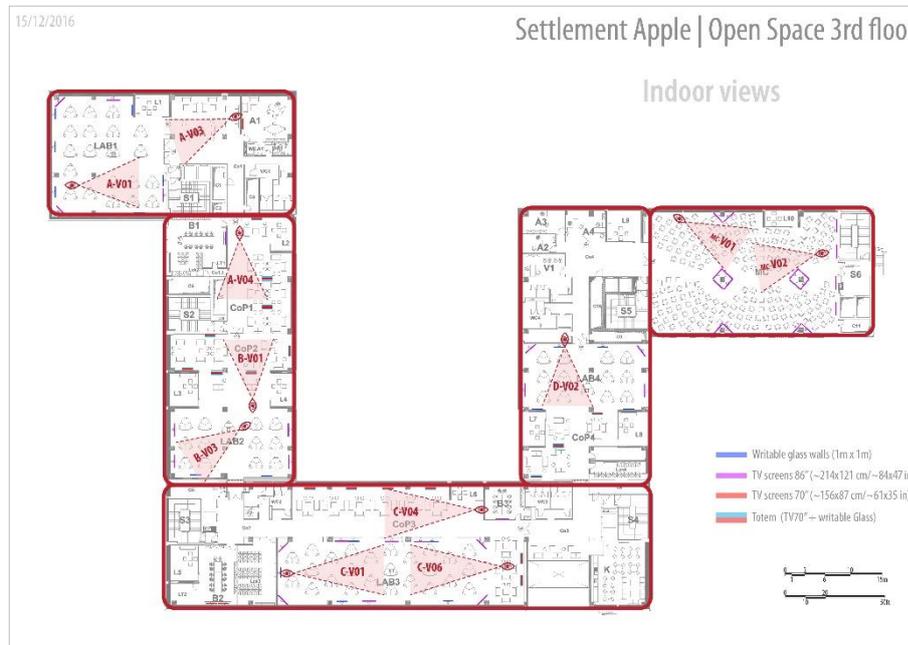


Fig. 179: Schema illustrativo dei coni ottici delle viste render



Fig. 180: Vista 1 del concept render del LAB-A



Fig. 181: Vista 3 del concept render della Welcome Area



Fig. 182: Vista 4 del concept render del CoP-A



Fig. 183: Vista 1 del concept render del LAB-B



Fig. 184: Vista 3 del concept render del LAB-B



Fig. 185: Vista 1 del concept render del LAB-C



Fig. 186: Vista 4 del concept render del CoP-B



Fig. 187: Vista 6 del concept render del LAB-C



Fig. 188: Vista 2 del concept render del LAB-D



Fig. 189: Vista del concept render (versione alternativa A della pavimentazione) del LAB-B



Fig. 190: Vista del concept render (versione alternativa B della pavimentazione) del LAB-B

In data 4 ottobre 2016, presso il Polo Universitario di San Giovanni a Teduccio si è inaugurato il primo laboratorio pilota della iOS Developer Academy in presenza di alti funzionari dello Stato (ex Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca della Repubblica Italiana Stefania GIANNINI) e dell'Ateneo federiciano (Rettore Gaetano MANFREDI) in presenza della *Vice President Environment, Policy and Social Initiatives* Lisa JACKSON (referente diretto del CEO Apple, Tim COOK). Si riportano di seguito alcune foto di *reportage* scattate dall'autore della tesi.



Fig. 191: Inaugurazione Apple iOS Academy - foto dell'autore (01)



Fig. 192: Inaugurazione Apple iOS Academy - foto dell'autore (02)



Fig. 193: Inaugurazione Apple iOS Academy - foto dell'autore (03)



Fig. 194: Inaugurazione Apple iOS Academy - foto dell'autore (04)



Fig. 195: Inaugurazione Apple iOS Academy - foto dell'autore (05)



Fig. 196: Inaugurazione Apple iOS Academy - foto dell'autore (06)

GLOSSARIO

ADDONS

Software aggiuntivi capaci di ampliare le funzionalità di un applicativo.

ALGORITHM AIDED DESIGN

Design supportato dall’uso (scrittura) di algoritmi informatici.

ALGORITMO

Un algoritmo è un procedimento che risolve un determinato problema attraverso un numero finito di passi elementari in un tempo ragionevole. Una procedura computazionale per ottenere la desiderata relazione input/output. Un algoritmo deve essere finito, esaustivo e riproducibile.

BATCH PROCESSING

In informatica procedura che permette di memorizzare una serie di comandi e di eseguirli automaticamente in sequenza.

BIM AUTHORIZING

I BIM Authoring sono software in grado di generare modelli virtuali specifici per ogni disciplina e con la certificazione IFC di buildingSMART di dialogare con tutti i partecipanti al processo

BUILDING INFORMATION MODELLING

Il BIM è un processo che utilizza un modello contenente tutte le informazioni che riguardano l’intero ciclo di vita di un’opera, dal progetto alla costruzione, fino alla sua demolizione e dismissione. Con il BIM è possibile creare un modello informativo, dinamico, interdisciplinare, condiviso e in continua evoluzione.

CLIENT

Programma o parte di un programma (per es. un browser) che permette di scambiare dati con un server.

CLOUD

È un paradigma di erogazione di risorse informatiche, come l'archiviazione, l'elaborazione o la distribuzione di dati, caratterizzato dalla disponibilità on demand attraverso Internet a partire da un insieme di risorse preesistenti e configurabili.

CLUSTERING

[1] Raggruppamento di elementi omogenei in un insieme di dati.

[2] All'interno delle definizioni di Grasshopper, operazione di raggruppamento compatto di definizioni di Grasshopper all'interno di un unico componente in cui gli input e gli output sono definiti dall'utente. Questa operazione semplifica la scrittura di algoritmi densi e complessi.

CODING

Nel linguaggio informatico, si intende la stesura di un programma attraverso una sequenza di istruzioni in uno specifico linguaggio di programmazione (stringhe di codice) compilate ed eseguite, successivamente, da un calcolatore. Il concetto di coding è strettamente connesso a quello di pensiero computazionale.

COMPUTATIONAL BIM/PARAMETRIC BIM

Approccio parametrico-computazionale integrato alla piattaforma di BIM authoring; tale modalità di modellazione tridimensionale e di gestione informativa consente di ottimizzare ulteriormente l'interazione con gli oggetti 3D nativi BIM.

COMPUTATIONAL DESIGN

La progettazione computazionale è una forma del progettare basata sull'uso del calcolatore e di software abilitati alla programmazione informatica visuale in cui aspetti della modellazione tridimensionale, congiuntamente a quelli simulativi, sono veicolati da sistemi più o meno complessi di istruzioni informatiche opportunamente richiamate o generate dall'utente designer.

COMPUTATIONAL THINKING

Il pensiero computazionale è l'insieme dei processi mentali coinvolti nella formulazione di un problema e della sua soluzione in modo tale che la sequenza di azioni minime che ne seguono possano effettivamente essere compiute da un uomo o da una macchina.

CONSTRUCTION MANAGEMENT

Approccio sistemico di carattere manageriale relativo al coordinamento ed alla gestione del processo costruttivo di un manufatto.

COWORKING

È uno stile lavorativo basato sulla condivisione dello stesso spazio lavorativo mantenendo l’attività personale indipendenti. Le persone che decidono di adottare questo stile di lavorativo credono negli effetti benefici della condivisione delle idee e valori delle persone di talento traendone beneficio per la propria attività lavorativa.

CROWDSOURCING

Richiesta di idee, suggerimenti, opinioni, rivolta agli utenti di Internet da un’azienda o da un privato in vista della realizzazione di un progetto o della soluzione di un problema.

DASHBOARD

Le dashboard sono uno strumento interattivo di raccolta, monitoraggio e visualizzazione dei dati e delle informazioni (cruscotto informativo). Spesso la dashboard è il risultato grafico attraverso cui si fa sintesi delle analisi svolte nei processi decisionali.

DATA DESIGN

Progettazione di una struttura dati in informazione. Spesso l’informazione strutturata attraverso azioni di data design predilige una fruizione tipo visuale (concettuale o propriamente informativa).

DATA MINING

l’insieme delle tecniche e delle metodologie che hanno per oggetto l’estrazione di informazioni utili da grandi quantità di dati attraverso metodi automatici o semi-automatici.

DATA TREE

È una forma complessa di struttura dati organizzata per “rami” (branch) i quali possono contenere liste di dati. Il percorso che identifica uno specifico ramo sino all’elemento contenuto nella lista di dati del singolo ramo si definisce percorso (path). Semplificando esso rappresenta una lista di liste (array di array).

DATA VISUALIZATION

Insieme di output visuali atti a migliorare la comprensione ed esplorazione del significato delle strutture dati opportunamente organizzate.

DATA-DRIVEN DESIGN

Progettazione motivata e generata da un uso predominante del “dato” informaticamente gestito, dall’acquisizione al suo output materiale o immateriale.

DATA/MODEL SHARING

Condivisione, spesso collaborativa, di dati o modelli (interpretabili come strutture di dati) attraverso sistemi informatici. Prevalentemente si preferisce una condivisione svincolata da specifici applicativi e dunque un servizio maggiormente fruibile a mezzo di browser.

DESIGN CROSS-PLATFORM

Progettazione e/o modellazione le cui azioni di formalizzazione e visualizzazione possono essere espletate indipendentemente dallo specifico produttore di software appartenenti ad una certa categoria disciplinare. Un processo in grado di proporsi come invariante progettuale rispetto all'ecosistema software adottato.

EVOLUTIONARY SOLVER

Risolutore basato sull'applicazione di algoritmi formalizzanti principi genetici evolutivi principalmente adoperati nella ricerca di soluzioni a problemi di carattere multidimensionale.

FAÇADE PANELING

Insieme di procedure, a carattere geometrico-matematico, di ricerca della condizione di ottimo per razionalizzare forme e struttura degli elementi tecnici (pannelli/frames) costituenti le facciate complesse degli edifici.

FORM FINDING

Ricerca di una forma geometrica come risultato delle migliori condizioni in grado di soddisfare una o più vincoli progettuali di ottimo preventivamente assegnati al processo ricorsivo di ricerca/verifica.

FREE FORM DESIGN²³²

Linguaggio progettuale caratterizzato da un sostanziale abbandono di costruzioni geometriche euclidee a favore di morfologie complesse, plastiche e fluide. Le architetture e i prodotti di stile free form sono concepiti con criteri ideativi di ispirazione fortemente scultorea che considera la materia, qualsiasi essa sia, come argilla da modellare in modo gestuale e spontaneo. Il FFD è stato reso possibile dallo sviluppo (avviato negli anni Ottanta del 20° sec. e perfezionato dopo il 2000) di tecnologie sofisticate – quali la modellazione NURBS e mesh, la motion capture, il morphing, l'animazione, la prototipazione rapida, la scansione ottica, la stampa tridimensionale, la simulazione tattile, il calcolo e l'ingegnerizzazione – nonché dall'ibridazione e dalla combinazione delle stesse.

²³² Def. Vocabolario Treccani.

GAMIFICATION

L’uso di elementi tipici del game design in contesti non ludici. Ludicizzazione di meccanismi sociali e produttivi che regolano la vita reale secondo dinamiche virtuali.

GENERATIVE DESIGN

È un processo computazionale di algoritmi che presentano una “forma di intelligenza” in cui l’espressione di un giudizio di valore veicola il soddisfacimento dei requisiti e vincoli posti a monte del processo stesso.

MACHINE LEARNING

È un metodo di apprendimento dei sistemi informatici in grado di risolvere problemi senza esser stati programmati per farlo (meta-algoritmi). I dispositivi dotati di tali caratteristiche riconoscono schemi comportamentali specifici tra i dati utilizzando algoritmi che imparano dai dati in modo iterativo.

MIND MAPPING

Tecnica di rappresentazione grafica atta ad implementare la memoria visiva in grado di organizzare il pensiero. Tale meccanismo è stato semplificato dalla presenza di molteplici software in grado di integrarsi con i flussi di lavoro gestiti virtualmente.

OPEN SOURCE

Un software di cui gli autori (più precisamente, i detentori dei diritti) rendono pubblico il codice sorgente, favorendone il libero studio e permettendo a programmatori indipendenti di apportarvi modifiche ed estensioni. Tale condizione trae enorme beneficio da Internet permettendo ai programmatori non fisicamente riuniti nel medesimo luogo di coordinarsi e collaborare per lo stesso progetto.

PARADIGM-SHIFT

L’emersione di un nuovo paradigma avviene in un periodo di crisi in cui il paradigma fino allora accettato incontra dei problemi che esso stesso ha generato ma che non può risolvere. Con il periodo di rivoluzione emerge un nuovo paradigma che rende nuovamente possibile la ricerca. Il nuovo paradigma non è la conseguenza logica, affinamento o generalizzazione del predecessore ma è un nuovo modo di conoscere e interpretare i fenomeni. Un cambiamento (*paradigm-shift*) non interpretabile soltanto sulla base di considerazioni logiche e metodologiche ma integrando queste con nuove logiche, oltre a quelle psicologiche e sociologiche, che provengono da fattori esterni.

PARAMETRIC DESIGN

È un processo basato sul pensiero computazionale che esalta l’intervento diretto del progettista sulle entità che inizializzano (definiscono) gli esiti di funzioni, trasformazioni,

simulazioni a cui esse stesse sono sottoposte. Il design parametrico è un paradigma della progettazione digitale in cui è possibile manipolare le relazioni tra i molteplici parametri che definiscono un dato processo sia esso di forma che di struttura.

PARAMETRICISM

Termine coniato da Patrick SCHUMACKER (Zaha Hadid Architects) che sta ad indicare lo stile di avanguardia dell'architettura contemporanea (es.: architetture dello studio ZHA).

PARAMETRO

È un valore che definisce una caratteristica “relativamente” costante all'interno di un processo potenzialmente dinamico. Nel design computazionale assume una certa importanza la possibilità di interagire su parametri direttamente coinvolti nella produzione di artefatti materiali e/o immateriali.

POST OCCUPANCY EVALUATION

Processo di valutazione abitativa o occupativa degli edifici. La POE è utile per analizzare e valutare aspetti qualitativi dell'abitare, di alterazione funzionale e di gestione degli spazi con destinazioni d'uso che possono essere soggette a trasformazioni nel tempo.

PROBLEM-SOLVING

L'insieme di tecniche e metodologie necessarie all'analisi di eventi critici/problematici tese ad individuare e mettere in atto la miglior soluzione possibile.

QUANTITY TAKEOFF

Computo estimativo e/o quantitativo degli *assets* che “popolano” i modelli informativi tipo BIM (database).

QUICK RESPONSE CODES

Codice a barre bidimensionale, a matrice, che immagazzina informazioni ipertestuali fruibili principalmente da *smartdevices*.

ROUTINE

Sequenza prestabilita di azioni innescata al verificarsi di uno specifico evento preventivamente dichiarato.

SCHEDULING

Processo di produzione della documentazione tecnica a corredo del modello digitale BIM. Principalmente tale documentazione è fornita in formato di abaco e/o tabulati.

SCRIPTING

Azione relativa alla scrittura di stringhe di codice in uno specifico linguaggio di programmazione informatica (istruzioni eseguibili).

SLACKING

Azioni relative alla gestione, coordinazione, fruizione delle principali mansioni espletate in un ambiente lavorativo-collaborativo virtuale basato su un sistema di messagistica istantanea e/o programmata. Il primo software progettato per questo scopo fu *Slack*, da qui l’azione “slacking”.

SLIDER

Componente di Grasshopper assimilato ad un cursore dinamico, ad esso si associano parametri di input o di processo che possono essere variabili o costanti (nel dominio matematico dei numeri interi o reali).

SOFTWARE HOUSE

Casa produttrice di software o applicativi informatici.

SOFTWARE

Complesso delle procedure e delle istruzioni in un sistema di elaborazione dati informatico che si identifica con un insieme di programmi (in contrapposizione a *hardware*).

SPREADSHEETS

Foglio elettronico di calcolo tipicamente con un *layout* tabulare programmabile. Il foglio di calcolo più famoso è Microsoft Excel.

STAND-ALONE

Software in grado di funzionare indipendentemente da altri programmi, ma non in assenza di sistema operativo.

TECHNOLOGIST DESIGNER²³³ (DESIGN TECHNOLOGIST)

Un technologist designer può essere considerato come un interaction designer, un coder, un visual designer, un information architect; un professionista mosso dal desiderio del “fare” (animo *maker*). Egli può ricoprire ruoli sia strategici che tecnici (possiede un profilo basato sul pensiero computazionale) ed è in grado di ridurre considerevolmente il gap che intercorre tra gli aspetti meta-progettuali del design e l’implementazione tecnica-esecutiva per il raggiungimento degli obiettivi programmati.

²³³ Tratto dal presente contributo, paragrafo 3.2.2.

TEMPLATE

Struttura predefinita che consente di creare o inserire contenuti di diverso tipo generando modelli differenti ma con medesimo impianto organizzativo.

TOOL

Applicativo che in informatica assume spesso il significato di *utility*. Generalmente un tool è un utensile/strumento virtuale in grado di svolgere funzioni di diversa natura e *routines* automatiche o semi-automatiche.

USER INTERFACE

L'interfaccia utente, UI (dall'inglese User Interface), è un'interfaccia uomo-macchina, ossia ciò che si frappone tra una macchina e un utente, consentendone l'interazione reciproca.

WALKTHROUGH

In informatica, passeggiata virtuale esperita attraverso il modello tridimensionale in cui è possibile esplorare, nell'ambiente di modellazione o in applicativi *stand-alone*, gli aspetti formali dell'output visuale secondo la cosiddetta prospettiva dell'osservatore (POV – *point of view*).

INDICE DELLE FIGURE

FIG. 1: CONFRONTO VISUALE TRA UNITÀ D'HABITATION DI LE CORBUSIER (SINISTRA) E UFFICI ING DI GEHRY (DESTRA); A) SCHIZZO B) MODELLO C) OPERA REALE.....	8
FIG. 2: USER INTERFACE DELLA PIATTAFORMA GEHRY TECHNOLOGIES.....	9
FIG. 3: BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) - IMMAGINI RAPPRESENTATIVE DEL MODELLO "INFORMATO"	16
FIG. 4: CONCEPTUAL DATA MODEL NELLA GESTIONE INFORMATIZZATA DEL MODELLO	24
FIG. 5: DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE DEI COSTI NELLE DIVERSE FASI DELLA PROGETTAZIONE N. KOHLER AND S. MOFFATT, LIFE-CYCLE ANALYSIS OF THE BUILT ENVIRONMENT.....	25
FIG. 6: WWW.BIMFACTORY.IT	27
FIG. 7: THE INTEGRATED DESIGN PROCESS; HISTORY AND ANALYSIS - LARSSON N. (2009)	27
FIG. 8: FASI PROCESSUALI DI DESIGN - J. ANDRADE, S. VIEIRA, AND L. BRAGANÇA, "EARLY STAGE DESIGN DECISIONS: THE WAY TO ACHIEVE SUSTAINABLE BUILDINGS AT LOWER COSTS"	28
FIG. 9: CORE INDICATORS E ADDITIONAL INDICATORS.....	28
FIG. 10: STUDIO DELLE "CURVE DI EQUIAPPETIBILITÀ VISIVA" DELLO STADIO DEL CALCIO PROGETTATO DA MORETTI.....	34
FIG. 11: (IN ALTO) USER INTERFACE DELLA PRIMA VERSIONE DI GRASSHOPPER (NOME ORIGINALE EXPLICIT HISTORY), SETTEMBRE 2007; (AL CENTRO) USER INTERFACE DELLA PRIMA VERSIONE DI DYNAMO, DICEMBRE 2011; (IN BASSO) USER INTERFACE DI MARIONETTE, 2015	37
FIG. 12: (SOPRA) USER INTERFACE DEL CAD MICROSTATION DI BENTLEY SYSTEMS; (SOTTO) USER INTERFACE DI GENERATIVECOMPONENTS DI BENTLEY SYSTEMS	39
FIG. 13: (A) LE MACCHINE DI BRUNELLESCHI DALLO "ZIBALDONE"; (B) LE CATENARIE DI GAUDI; (C) "SOAP BUBBLE" DI FREI OTTO; (D) DEFINIZIONE ALGORITMICA (AUTORE)	42
FIG. 14: PRESENTAZIONE DEI CONTRIBUTI COMUNITARI AL PLUGIN "LADYBUG" DI GRASSHOPPER, (IN ROSSO L'AVATAR DELL'AUTORE DI QUESTA TESI)	43
FIG. 15: CURVA DI APPRENDIMENTO DELLE DIVERSE MODALITÀ DI MODELLAZIONE/PROGETTAZIONE	48
FIG. 16: QUADRO SINOTTICO GENERATIVE DESIGN – DIAGRAMMA ESPLICATIVO DELL'AUTORE	50
FIG. 17: ESEMPIO DI ECOSISTEMA BIM	53
FIG. 18: ESEMPIO DI INTEROPERABILITÀ TRA TOOLS DI ESPLORAZIONE/ANALISI E BIM.....	53
FIG. 19: ARCHITETTURA DEL MODELLO DATI IFC (FONTE BIBLUS.ACCA.IT)	55
FIG. 20: I 5 PRINCIPALI STANDARD ADOPERATI DA BUILDINGSMART.....	55
FIG. 21: ANALOGIA TECNICA COL MONDO DEGLI SMARTPHONES IN RIFERIMENTO AL CONCETTO DI OPENBIM.	56
FIG. 22: ESEMPIO DI VISUALIZZAZIONE COBIE (FOGLIO DI CALCOLO EXCEL)	58
FIG. 23: ESEMPIO DI G-CODE PER LA STAMPA 3D. IN VERDE I COMMENTI ALLE STRINGHE.....	60
FIG. 24: WWW.HONEYWELL.COM	62
FIG. 25: PCTY2012, OPTIMIZING THE WORLD'S INFRASTRUCTURE 22ND MAY 2012, COPENHAGEN – SPEAKER DR CLAIRE PENNY.....	65
FIG. 26: BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)- CAPTURING THE BIM FOR PRE AND POST OCCUPANCY, DR CLAIRE PENNY, MARCH 2015.....	66

FIG. 27: NEW ORGANIZATIONAL STRUCTURE - HOW SMART, CONNECTED PRODUCTED ARE TRANSFORMING COMPANIES, DA HARVARD BUSINESS REVIEW, OTTOBRE 2015.	68
FIG. 28: HOW SMART, CONNECTED PRODUCTED ARE TRANSFORMING COMPANIES, DA HARVARD BUSINESS REVIEW, OTTOBRE 2015.	68
FIG. 29: MODELLO DELL'INNOVAZIONE DISRUPTIVA	70
FIG. 30: GENERALI TOWER - RENDER COPYRIGHT ZHA	92
FIG. 31: CITYLIFE – GENERALI TOWER (SINISTRA) SEZIONE TRASVERSALE; (DESTRA) PLANIMETRIA PIANO 22 (DA INGEGNERI.INFO).....	93
FIG. 32: I PROCESSI DIGITALI CONNESSI ALL'UTILIZZO DEL BIM ALL'INTERNO DELLO STUDIO ZHA (FONTE INGEGNERI.INFO)	94
FIG. 33: DIAGRAMMA DI MACLEAMY - RISORSE E TEMPISTICHE (BIM-CAD) IN FUNZIONE DELLE DIVERSE FASI DI GESTIONE DI UNA COMMessa (SCHEMA RIELABORATO DALL'AUTORE)	95
FIG. 34: (A) RENDER PODIUM ZHA (FONTE ZAHA-HADID.COM); (B) FOTO DEL PODIUM (FONTE REDESCO.IT); (C) FOTO DETTAGLIO PANNELLI (FONTE H-B.IT)	97
FIG. 35: INTEGRAZIONE DEI DATI DI INPUT FORMALI DEL PODIUM ZHA – COPYRIGHT ARUP (FONTE CONFINDUSTRIACERAMICHE.IT) RIELABORATA DALL'AUTORE.....	98
FIG. 36: IMPOSTAZIONE DELL'ALGORITMO DI ANALISI E DI DISCRETIZZAZIONE DELLA PANNELLATURA DEL PODIUM ZHA - COPYRIGHT ARUP (FONTE CONFINDUSTRIACERAMICHE.IT) RIELABORATA DALL'AUTORE	99
FIG. 37: SCHEMA DELLE FACCIATE CON MAPPING DELLE GEOMETRIE DEI PANNELLI - COPYRIGHT ARUP (FONTE CONFINDUSTRIACERAMICHE.IT) RIELABORATA DALL'AUTORE.....	100
FIG. 38: REPORT QUADRABILITÀ E COMPLESSITÀ DEL PANELING COPYRIGHT ARUP (FONTE CONFINDUSTRIACERAMICHE.IT) RIELABORATA DALL'AUTORE.....	101
FIG. 39: (SINISTRA) CRITICITÀ E ALTERAZIONI DELLA VISIBILITÀ DELLE POSTAZIONI IN CURVA; (DESTRA) INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI GEOMETRICI CHIAVE PER IL SETTAGGIO DELL'ALGORITMO GENERATIVE - COPYRIGHT ARUP (FONTE CONFINDUSTRIACERAMICHE.IT) RIELABORATA DALL'AUTORE.....	102
FIG. 40: (IN ALTO) SCREENSHOT DELL'ALGORITMO GENERATIVO E IL MAPPING DEL C-VALUE DI CIASCUNA SEDUTA; (IN BASSO) ISPEZIONE IN VR DELLE POSSIBILI SOLUZIONI GEOMETRICHE GENERATE - COPYRIGHT ARUP (FONTE CONFINDUSTRIACERAMICHE.IT) RIELABORATA DALL'AUTORE.....	103
FIG. 41: FOTO DEL CENTRO ARTIC DI HOK – (FONTE ARCHDAILY.COM) IMMAGINE RIELABORATA DALL'AUTORE	104
FIG. 42: (SINISTRA) RISORSE DEL CENTRO INTERMODALE ARTIC (FONTE HOK.COM); (DESTRA) PLANIMETRIA, PROSPETTO LATERALE E FRONTALE (FONTE ARCHDAILY.COM).....	105
FIG. 43: GENESI GEOMETRICA DEL ARTIC - GENERATRICE DEL GUSCIO A SEZIONE PARABOLICA SVILUPPATA LUNGO LA DIRETTRICE TOROIDALE (SCHEMA RIELABORATO DALL'AUTORE)	106
FIG. 44: (SINISTRA) BROAD STREET STATION DI PHILADELPHIA (FONTE PHILLYMOTU.WORDPRESS.COM); (DESTRA) NEW YORK CITY'S PENN STATION (FONTE NYTIMES.COM).....	107
FIG. 45: EFFETTO CUSCINETTO DEI PANNELLI SCHERMANTI IN ETFE	107
FIG. 46: BACKGROUND CULTURALE DEL TEAM FLUX.IO EX-PROGRAMMA X GOOGLE (PER GENTILE CONCESSIONE DI A. BUCKLEY).....	108
FIG. 47: SCHEMA DELLE INTEGRAZIONI DIGITALI CONSENTITE DALLA PIATTAFORMA CLOUD FLUX.IO (PER GENTILE CONCESSIONE DI A. BUCKLEY)	109
FIG. 48: ESEMPIO DI DATA SHARING (STRINGA DI TESTO) TRA LE PIATTAFORME DI VPL DYNAMO (SINISTRA) E GRASSHOPPER (DESTRA)	109
FIG. 49: ARTIC DATA INTEGRATION - BUROHAPPOLD WORKFLOW (PER GENTILE CONCESSIONE DI A. BUCKLEY)	110
FIG. 50: BUROHAPPOLD - INTEGRATED DIGITAL WORKFLOWS (PER GENTILE CONCESSIONE DI A. BUCKLEY)	111

FIG. 51: SISTEMA ARTIC ROOF E PANNELLO ETFE (FONTE BUROHAPPOLD.COM)	112
FIG. 52: ARTIC CUSTOM AUTOMATION E IL SISTEMA NODO STRUTTURALE (PER GENTILE CONCESSIONE DI A. BUCKLEY)	112
FIG. 53: ARTIC SCHEDULING (PER GENTILE CONCESSIONE DI A. BUCKLEY).....	113
FIG. 54: FLUSSO DI LAVORO OPENBIM DELLO STUDIO NIKKEN SEKKEI (FONTE HTTP://WWW.NIKKEN.CO.JP)	114
FIG. 55: SCHEMA DELL'EDIFICATO DEL POLO SCIENTIFICO UNIVERSITARIO DI SAN GIOVANNI A TEDUCCIO.....	116
FIG. 56: SETTLEMENT APPLE - TEMPORARY SPACE 2ND FLOOR. LABORATORIO E AREA COLLABORATIVA (PRIMO STUDIO)	118
FIG. 57: SETTLEMENT APPLE - TEMPORARY SPACE 2 ND FLOOR. LABORATORIO E AREA COLLABORATIVE (STUDIO FINALE)	118
FIG. 58: VISTA RENDER DELL'AREA COLLABORATIVE (2 ND FLOOR) – PROGETTO PILOTA	119
FIG. 59: VISTA RENDER DELL'AREA COLLABORATIVA E LABORATORIALE (2 ND FLOOR) – PROGETTO PILOTA	119
FIG. 60: VISTA RENDER LABORATORIO (2 ND FLOOR) – PROGETTO PILOTA	120
FIG. 61: VISTA RENDER DELLA BOARDROOM (2 ND FLOOR) – PROGETTO PILOTA	120
FIG. 62: CLASSE ESIGENZIALE SICUREZZA E RELATIVI REQUISITI SELEZIONATI	122
FIG. 63: CLASSE ESIGENZIALE BENESSERE E RELATIVI REQUISITI SELEZIONATI	123
FIG. 64: CLASSE ESIGENZIALE FRUIBILITÀ E RELATIVI REQUISITI SELEZIONATI.....	123
FIG. 65: CLASSE ESIGENZIALE ASPETTO E RELATIVI REQUISITI SELEZIONATI	123
FIG. 66: CLASSE ESIGENZIALE INTEGRABILITÀ E RELATIVI REQUISITI SELEZIONATI	124
FIG. 67: CLASSE ESIGENZIALE GESTIONE E RELATIVI REQUISITI SELEZIONATI.....	124
FIG. 68: L'INSIEME DELLE UNITÀ OPERATIVE È COSTITUITO DA LABORATORIO E LO SPAZIO COLLABORATIVO DI PERTINENZA. IN FIGURA SI RIPORTANO GLI ELEMENTI CARATTERIZZANTI DI ENTRAMBE LE UNITÀ OPERATIVE	124
FIG. 69: ELEMENTI CHE CARATTERIZZANO L'UNITÀ OPERATIVE (ELEMENTI DI ARREDO O DOTAZIONI SPECIFICHE).....	125
FIG. 70: INFLUENZA DELL'ACADEMY RISPETTO AI TEMI DELLA CREATIVITÀ, APPRENDIMENTO E VIVIBILITÀ	125
FIG. 71: CODIFICA DEI REQUISITI PRINCIPALI RISPETTO AI QUALI SARANNO FORMULATI OPPORTUNI QUESITI A RISPOSTA MULTIPLA ED APERTA.....	126
FIG. 72: DIAGRAMMA DELLE CORRELAZIONI ELEMENTO/DOTAZIONE E REQUISITI PROGETTUALI TECNOLOGICO-AMBIENTALI	126
FIG. 73: ESEMPIO DEI QUESITI SOMMINISTRATI AGLI STUDENTI.....	127
FIG. 74: POTENZIAMENTO DELL'ESPERIENZA D'USO DEL QUESTIONARIO-TIPO MEDIANTE PIATTAFORMA DI WEB SURVEY	127
FIG. 75: CATENA DELL'INFORMAZIONE, DAL DATO ALLE DECISIONI.....	128
FIG. 76: DIAGRAMMA DEL WORKFLOW ADOTTATO – DAL DATA MINING AL DECISION MAKING	128
FIG. 77: GRAFICO TIPO PRODOTTO DALLA PIATTAFORMA SURVEYMONKEY	129
FIG. 78: SCHERMATA DEL DATASET IN FORMATO EXCEL - 157 RIGHE PER 63 COLONNE	130
FIG. 79: SCHEMA DEL MODELLO DELL'INTERFACCIA UTENTE (UI) – TIPO A.....	131
FIG. 80: SCHEMA DEL MODELLO DELL'INTERFACCIA UTENTE (UI) – TIPO B.....	131
FIG. 81: DEFINIZIONE DI GRASSHOPPER - MODELLO DIGITALE DI CONOSCENZA SEMI-INTERATTIVO.....	132
FIG. 82: (A) ESTRATTO TECNICO DALLA NORMA UNI 9217:1988; (B) SCHEMA INSTALLAZIONE PROFESSIONALE CON REGOLE DI PREDIMENSIONAMENTO	133
FIG. 83: SCHEMA DEL MODELLO DI COMPUTAZIONE E RAPPRESENTAZIONE GEOMETRICA SVILUPPATO PER IL PRIMO GRUPPO DI FEEDBACK GUIDA	134
FIG. 84: VISIONE OTTIMALE LATERALE ENTRO UN ANGOLO DI 45° DALL'ASSE DI PROIEZIONE	134
FIG. 85: SCRIPTING IN PYTHON PER LA COMPUTAZIONE DEL MODELLO GEOMETRICO ELABORATO	135
FIG. 86: DEFINIZIONE DI GRASSHOPPER PER DETERMINARE I RAPPORTI AREALI VUOTO-PIENO.....	136

FIG. 87: SCHEMA DELLE POSSIBILI DISPOSIZIONI SPAZIALI E LE PERCENTUALI DI RAPPORTO AREALE VUOTO-PIENO	137
FIG. 88: INTERFACCIA UTENTE TIPO B - OUTPUT VISUALE DELLE COLLISIONI SPAZIALI TRA LE POSTAZIONI DI LAVORO	138
FIG. 89: (A) SFERE DI INFLUENZA DI CIASCUNA POSTAZIONE E "GUMBALL" PER SPOSTARE LUNGO GLI ASSI L'OGGETTO TAVOLO; (B) PARAMETRI DI INPUT PREVISTI NELL'ALGORITMO	139
FIG. 90: TV SCREENS INTERCETTATI ED ANGOLO VISUALE FRONTALE DI CIASCUNA POSTAZIONE	139
FIG. 91: OUTPUT VISUALE NEL MODELLO 3D DEI VALORI DEGLI ANGOLI VISUALI LATERALI DI CIASCUNA POSTAZIONE. CORRISPONDENZA TRA MODELLO 3D E GRAFICO A DOPPIO ASSE IN BASSO	140
FIG. 92: STRUTTURAZIONE DELL'INFORMAZIONE CONTENUTA NEL DATA TREE.....	140
FIG. 93: GESTIONE SEMPLIFICATA DELL'INTERFACCIA PER LA VISUALIZZAZIONE DELLE ANALISI PRODOTTE. PANNELLO DI CONTROLLO SULLA SINISTRA.....	142
FIG. 94: OUTPUT VISUALE NEL MODELLO 3D DELL'APPREZZAMENTO COMPLESSIVO RISCOINTRATO	142
FIG. 95: OUTPUT VISUALE NEL MODELLO 3D DELLA VISIBILITÀ COMPLESSIVA DEI TV SCREEN INTERCETTATI.....	143
FIG. 96: OUTPUT VISUALE NEL MODELLO 3D DEL LIVELLO COMPLESSIVO DI OSTRUZIONE VISIVA RISCOINTRATA.....	143
FIG. 97: OUTPUT VISUALE NEL MODELLO 3D DEL LIVELLO DI COMFORT COMPLESSIVO NELL'OSSERVARE I TV SCREEN ..	144
FIG. 98: SCHEMA LOGICO PER L'ATTRIBUZIONE DEL CODICE "COLORE RGB" ALLE WORKSTATION IN FUNZIONE DEL LIVELLO DI APPREZZAMENTO ESPRESSO DALL'UTENTE	145
FIG. 99: DEFINIZIONE ALGORITMICA CON COMPONENTE PROGRAMMATO IN PYTHON PER L'ASSEGNAZIONE DEL CODICE "COLORE RGB"	145
FIG. 100: SCHEMA DI ATTRIBUZIONE CODICE COLORE RGB ALLA WORKSTATION 1 PER CIASCUNA DELLE 4 MACRO- CATEGORIE DI QUESITI E RELATIVI VALORI SOGLIA DI APPREZZAMENTO	146
FIG. 101: SCHERMATA BASE DELLA DASHBOARD	147
FIG. 102: DASHBOARD IN CUI SELEZIONANDO I "DOTS" NELLA SCHERMATA (A) SI VISUALIZZA IL NUMERO DI POSTAZIONE, DI UTENTE INTERROGATO E LA COLLOCAZIONE DEL GRADIMENTO ESPRESSO LEGGIBILE NEL DIAGRAMMA A TORTA IN ALTO A DESTRA (B) (C) (D)	148
FIG. 103: ENUMERAZIONE NON CORRETTA DELLE GRID GUIDE DEL MODELLO BIM	149
FIG. 104: DEFINIZIONE DI DYNAMO SULLA SINISTRA E IL WORKSPACE DI REVIT SULLA DESTRA.....	150
FIG. 105: ENUMERAZIONE ED ORIENTAMENTO DELLE GRID GUIDE CORRETTA	150
FIG. 106: IMMAGINE DA GOOGLE EARTH DEL POLO UNIVERSITARIO DI SAN GIOVANNI A TEDUCCIO IN CUI SI NOTANO LE FORME ORGANICHE CHE CARATTERIZZANO LE AIUOLE	151
FIG. 107: A SINISTRA IL WORKSPACE DI RHINOCEROS; SULLA DESTRA LA DEFINIZIONE DI GRASSHOPPER UTILIZZATA PER LA MODELLAZIONE DELLE AIUOLE	151
FIG. 108: RISULTATO DELLA MODELLAZIONE ALGORITMICA IN AMBIENTE REVIT.....	152
FIG. 109: MODELLO 3D CONCETTUALE TRASFERITO MEDIANTE ALGORITMO DI DYNAMO ALLA PIATTAFORMA GRASSHOPPER	152
FIG. 110: ALGORITMO CROSS PLATFORM BIDIREZIONALE DYNAMO-GRASSHOPPER	153
FIG. 111: SUPERFICIE ESTERNA (INVOLUCRO) DISCRETIZZATA IN UN SISTEMA A GRIGLIA CONFIGURABILE MANUALMENTE	153
FIG. 112: (A) GENERAZIONE DELLA FAMIGLIA REVIT "ADAPTIVE COMPONENT"; (B) ALGORITMO DI DYNAMO PER L'ACQUISIZIONE DATI DA PIATTAFORMA GRASSHOPPER	154
FIG. 113: TEMATISMI CROMATICI DEL SISTEMA "LOGGIA"	154
FIG. 114: MODELLO DEI TEMATISMI CROMATICI ADOTTATI IN ACCORDO AL PROGETTO ORIGINALE DELLO STUDIO ISHIMOTO	155
FIG. 115: APPLE IOS DEVELOPER ACADEMY - SPAZIO DA DESTINARE AD AREA COLLABORATIVA (MAIN CLASSROOM) .	155
FIG. 116: DIAGRAMMA DEL FLUSSO DI LAVORO BIM SPERIMENTATO.....	157

FIG. 117: CREAZIONE DEI 6 "FAMILY-TYPE" IMPLEMENTATI NEL MODELLO.....	158
FIG. 118: MODELLAZIONE DELLA "SEDIA IOS3" IN AMBIENTE REVIT, PREDISPOSTA ALL'IMPLEMENTAZIONE "INFORMATIVA" DEL PROPRIO DATASET.....	158
FIG. 119: ALGORITMO PER LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE IN AMBIENTE RHINOCEROS E GRASSHOPPER	159
FIG. 120: ALGORITMO DI GRASSHOPPER PER LA STRUTTURAZIONE DELLE INFORMAZIONI INTERROGABILI IN AMBIENTE BIM	159
FIG. 121: ALGORITMO DI DYNAMO PER IL POSIZIONAMENTO ORIENTATO DELLA "SEDIA IOS3" E L'IMPLEMENTAZIONE DEL SUO DATASET	160
FIG. 122: BIM SCHEDULING - SCHEDE TECNICHE UTILI PER L'INSTALLAZIONE DELLE SEDUTE.....	161
FIG. 123: ALGORITMO DI GRASSHOPPER PER L'OTTIMIZZAZIONE DEI FRAMES DI STAMPA.....	162
FIG. 124: OUTPUT DI STAMPA DEL FILE DWG GENERATO DALL'ALGORITMO DI OTTIMIZZAZIONE DEI FRAMES	162
FIG. 125: FASE DI CONCEPT - RENDER MAIN CLASSROOM 01.....	163
FIG. 126: FASE DI CONCEPT - RENDER MAIN CLASSROOM 02.....	163
FIG. 127: (A) DETTAGLIO DEL LAYOUT DI STAMPA; (CB PREDISPOSIZIONE DEI LAYOUTS DI STAMPA; (C)(D) PARZIALE INSTALLAZIONE DELLE SEDUTE – FOTO	164
FIG. 128: MAIN CLASSROOM ULTIMATA - PH. LAMM	165
FIG. 129: IN ALTO LA VISUALIZZAZIONE IN A360 DELL'INTERO MODELLO BIM DEL POLO UNIVERSITARIO DI SAN GIOVANNI A TEDUCCIO; IN BASSO UN DETTAGLIO DELLA MC CON COMMENTI DIGITALI.....	166
FIG. 130: FRUIZIONE DEL MODELLO BIM E DEGLI ASSETS PRODOTTI ATTRAVERSO TABLET.....	167
FIG. 131: CONCEPT DEL TOTEM CON LE DIFFERENTI OPZIONI DI COLORE	168
FIG. 132: ESPLOSO ASSONOMETRICO PRODOTTO PER IL PROTOTIPO DI TOTEM - DOTAZIONE PER I "COLLABORATIVE PODS"	168
FIG. 133: INTERFACCIA DELL'APPLICATIVO MODELO.IO - SULLA SINISTRA LA GESTIONE SEMPLIFICATA DEI LAYERS DEL MODELLO 3D	169
FIG. 134: DETTAGLI DELLA STRUTTURA PORTANTE - OFFICINE FALP	170
FIG. 135: FASE DI ASSEMBLAGGIO DELLA STRUTTURA PORTANTE DEL TOTEM.....	170
FIG. 136: IN ALTO L'INSTALLAZIONE DEI TOTEM NEL LAB4; IN BASSO IL RISULTATO FINALE DEL TOTEM IN ESERCIZIO D'USO	171
FIG. 137: ESEMPIO DI WORDCLOUD COME CONCEPT-DESIGN PER GLI STICKERS.....	172
FIG. 138: RENDER DELL'AREA DI TRANSIZIONE TRA IL LAB2 E COP2.....	172
FIG. 139: RENDER DELL'AREA DI ACCESSO ALLA MAIN CLASSROOM.....	173
FIG. 140: DIAGRAMMA DEL FLUSSO DI LAVORO SPERIMENTATO PER LA PRODUZIONE DELLA WORDCLOUD	173
FIG. 141: SULLA SINISTRA L'ABACO DEGLI INFISSI; SULLA DESTRA IL DETTAGLIO DELL'INFISSO DELLA MAIN CLASSROOM	174
FIG. 142: (A) DEFINIZIONE DI GRASSHOPPER PER LA PRODUZIONE DELLA LISTA DI PAROLE CON RELATIVO PESO PONDERALE; (B) DETTAGLIO DELLE CARATTERISTICHE DELLA LISTA	175
FIG. 143: MASK-LAYER DELL'INFISSO POSTO ALL'INGRESSO DELLA MAIN CLASSROOM	175
FIG. 144: PRODUZIONE DELLA WORDCLOUD MEDIANTE SCRIPTING IN PROCESSING	176
FIG. 145: DEFINIZIONE DI GRASSHOPPER CLUSTERIZZATA PER ESERCITARE UN'AZIONE DI CONTROLLO/VERIFICA SUL LAYOUT FINALE DELLA WORDCLOUD.....	177
FIG. 146: PROVE TECNICHE PER L'ALLESTIMENTO DELLA MAIN CLASSROOM	178
FIG. 147: EFFETTO FINALE DELLA WORDCLOUD	178
FIG. 148: SCHEMA DI INSTALLAZIONE DELLA WORDCLOUD.....	179
FIG. 149: DIAGRAMMA COMPUTAZIONALE A - ALGORITMO VISUALE DI DYNAMO PER L'AMBIENTE BIM REVIT.....	191

FIG. 150: DIAGRAMMA COMPUTAZIONALE B - ALGORITMO VISUALE DI GRASSHOPPER PER L'AMBIENTE BIM ARCHICAD	191
FIG. 151: TEMPLATE PROCESSUALE - STRATEGIA PROGETTUALE DELLA TASK EXECUTION B (MAIN CLASSROOM)	192
FIG. 152: (A) DETTAGLIO DELL'ALGORITMO DI GRASSHOPPER; (B) INTERROGAZIONE DEL MODELLO BIM "POPOLATO" CON LE SEDUTE IOS3; (C) DETTAGLIO INFORMATIVO ASSOCIATO ALLA SEDUTA	193
FIG. 153: CONFIGURAZIONE SPAZIALE DELLA TASK B RIELABORATA IN AMBIENTE ARCHICAD MEDIANTE LIVE CONNECTION CON GRASSHOPPER E PRODUZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA PER L'INSTALLAZIONE DELLE SEDUTE	193
FIG. 154: SCHEMA GENERICI DI IMPLEMENTAZIONE	196
FIG. 155: CARATTERISTICHE DELL'ALGORITMO	196
FIG. 156: SCHEMA DEL TEMPLATE DI PROCESSO ADOTTATO	199
FIG. 157: GESTIONE ROBOTICA INTEGRATA NELL'AMBIENTE DI PROGETTAZIONE RHINOCEROS+GRASSHOPPER: (A) PLUGIN ROBO4DK (FOOD4RHINO.COM); (B) PLUGIN RAPCAM (FOOD4RHINO.COM); (C) PLUGIN KUKA PRC (FABCAFE.COM); (D) PLUGIN TACO ABB (FOOD4RHINO.COM)	203
FIG. 158: EXPLORATIONS - GRAMAZIO & KOHLER INSTALLAZIONE PADIGLIONE SVIZZERA BIENNALE DI ARCHITETTURA DI VENEZIA 2007-2008 (FONTE: HTTP://GRAMAZIO-KOHLER.ARCH.ETHZ.CH)	204
FIG. 159: ESEMPIO DI INTEGRAZIONE DELLA TECNOLOGIA IoT E DELLA RELATIVA GESTIONE E VISUALIZZAZIONE DATI IN REAL TIME (FONTE NBBJ.COM)	206
FIG. 160: PRIMO AUTODESK FORUM (MILANO 2017) FOTO DELL'AUTORE	207
FIG. 161: DIGITAL CONSTRUCTION WEEK - CAMPI DELL'INNOVAZIONE DELL'AEC INDUSTRY (FONTE WWW.DIGITALCONSTRUCTIONWEEK.COM)	208
FIG. 162: AUTODESK FORUM - PERMASTEELISA E LA RAZIONALIZZAZIONE DELLE FACCIATE (FOTO DELL'AUTORE)	208
FIG. 163: AUTODESK FORUM - LE NUOVE FRONTIERE TECNOLOGICHE DEL MONDO AUTODESK (FOTO DELL'AUTORE)	209
FIG. 164: AUTODESK FORUM - FRANCESCO IORIO AUTODESK COMPUTATIONAL SCIENCE RESEARCH (FOTO DELL'AUTORE)	210
FIG. 165: AUTODESK FORUM - IORIO ED IL GENERATIVE DESIGN NEI LABORATORI AUTODESK DI TORONTO (FOTO DELL'AUTORE)	210
FIG. 166: AUTODESK RESEARCH LAB TORONTO - GENERATIVE DESIGN (FONTE HTTP://AUTODESK.TYPEPAD.COM)	211
FIG. 167: ARUP - ADDITIVE MANUFACTURING TENSEGRITY NODE (TOPOLOGY OPTIMISATION) FONTE ARUP.COM	212
FIG. 168: ABILITÀ TECNICHE RICHIESTE AI GIOVANI PROFESSIONISTI - HOLZER 2015 (RIELABORATO DALL'AUTORE)	218
FIG. 169: ARTICOLAZIONE DEGLI AMBITI DI INTERESSE DELLA PROGETTAZIONE TECNOLOGICA (FONTE HOLZER 2015)	219
FIG. 170: TEMATICHE DA APPROFONDIRE NEI CURRICULA ACCADEMICI - HOLZER 2015 (RIELABORATO DALL'AUTORE)	220
FIG. 171: FRAMEWORK - PROGETTAZIONE "FLESSIBILE" E PROSPETTIVE FUTURE DI RICERCA	225
FIG. 172: PROTOTIPO DI SONDA MULTISENORE (REALIZZATO DALL'AUTORE)	226
FIG. 173: PROCEDURA DI DATA DESIGN ELABORATA/PROGRAMMATA DALL'AUTORE PER LA STRUTTURAZIONE DEL DATO IN INFORMAZIONE UTILE (INTEGRAZIONE DELLA PIATTAFORMA GIS)	226
FIG. 174: OUTCOMES DELLA PROSPETTIVA FUTURA DI APPROFONDIMENTO DELLA RICERCA	227
FIG. 175: SPIN-OFF "PROXEMITY" DI LUCIANO AMBROSINI	227
FIG. 176: WORDCLOUD ED "EASTER EGG"	241
FIG. 177: SCHEMA DI PRESTAMPA E COLLOCAZIONE DELLA CITAZIONE DI S. H.	242
FIG. 178: ALLESTIMENTO DELLA WORDCLOUD SUL PORTALE D'INGRESSO DELLA MAIN CLASSROOM	242
FIG. 179: SCHEMA ILLUSTRATIVO DEI CONI OTTICI DELLE VISTE RENDER	243
FIG. 180: VISTA 1 DEL CONCEPT RENDER DEL LAB-A	243
FIG. 181: VISTA 3 DEL CONCEPT RENDER DELLA WELCOME AREA	244
FIG. 182: VISTA 4 DEL CONCEPT RENDER DEL COP-A	244

FIG. 183: VISTA 1 DEL CONCEPT RENDER DEL LAB-B	245
FIG. 184: VISTA 3 DEL CONCEPT RENDER DEL LAB-B	245
FIG. 185: VISTA 1 DEL CONCEPT RENDER DEL LAB-C	246
FIG. 186: VISTA 4 DEL CONCEPT RENDER DEL COP-B	246
FIG. 187: VISTA 6 DEL CONCEPT RENDER DEL LAB-C	247
FIG. 188: VISTA 2 DEL CONCEPT RENDER DEL LAB-D	247
FIG. 189: VISTA DEL CONCEPT RENDER (VERSIONE ALTERNATIVA A DELLA PAVIMENTAZIONE) DEL LAB-B	248
FIG. 190: VISTA DEL CONCEPT RENDER (VERSIONE ALTERNATIVA B DELLA PAVIMENTAZIONE) DEL LAB-B	248
FIG. 191: INAUGURAZIONE APPLE IOS ACADEMY - FOTO DELL'AUTORE (01)	249
FIG. 192: INAUGURAZIONE APPLE IOS ACADEMY - FOTO DELL'AUTORE (02)	249
FIG. 193: INAUGURAZIONE APPLE IOS ACADEMY - FOTO DELL'AUTORE (03)	250
FIG. 194: INAUGURAZIONE APPLE IOS ACADEMY - FOTO DELL'AUTORE (04)	250
FIG. 195: INAUGURAZIONE APPLE IOS ACADEMY - FOTO DELL'AUTORE (05)	251
FIG. 196: INAUGURAZIONE APPLE IOS ACADEMY - FOTO DELL'AUTORE (06)	251

SITOGRAFIA



Spazio Web

A supporto del percorso di Ricerca esperito è stato realizzato un apposito spazio virtuale (spazio web) raggiungibile all'indirizzo **phdthesis.lucianoambrosini.it**

(QRc:12)

1. [accesso web link 12/12/2016] [www.graphisoft.com/archicad/open_B.I.M./about_B.I.M./](http://www.graphisoft.com/archicad/open_B.I.M./about_B.I.M/)
2. [accesso web link 18/12/2016] cife.stanford.edu/sites/default/files/WP087.pdf
3. it.wikipedia.org/wiki/Dataset
4. buildingsmart.org
5. it.wikipedia.org/wiki/Realtà_aumentata
6. www.treccani.it/enciclopedia/banca-dati
7. [accesso web link 16/01/2016] www.B.I.M.taskgroup.org/cobie-uk-2012/
8. www.ptc.com
9. <http://blog.123dapp.com/2016/12/important-news-about-the-next-chapter>
10. www.big.dk
11. www.bentley.com
12. www.grasshopper3d.com
13. <https://discourse.mcneel.com/>
14. [accesso web link 16/02/2016] <https://www.wired.com/2006/06/crowds>
15. [accesso web link 17/02/2016] <https://www.autodesk.com/education/home>
16. [accesso web link 17/02/2016] <https://beta.autodesk.com>
17. [accesso web link 17/03/2016] <https://www.autodeskresearch.com/people/robert-aish>
18. [accesso web link 17/03/2016] <http://dynamoB.I.M..org/designscript-is-now-dynamo>

19. https://it.wikipedia.org/wiki/Integrated_development_environment
20. [accesso web link 18/03/2016] <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>
21. [accesso web link 19/04/2016] <https://parametricmonkey.com/2016/06/20/B.I.M.-ecosystem/>
22. [accesso web link 19/04/2016] <http://revitaddons.blogspot.it/2017/04/opinion-best-computational-B.I.M..html>
23. [accesso web link 19/04/2016] <http://doa.wi.gov/Default.aspx?Page=b1b89cc2-4688-4669-8e2a-47c2234a8179>
24. [accesso web link 20/04/2016] <http://das.ohio.gov/Portals/0/DASDivisions/GeneralServices/SAO/pdf/SAO-B.I.M.Protocol.pdf>
25. [accesso web link 22/04/2016] www.cfm.va.gov/til/B.I.M./B.I.M.Guide
26. [accesso web link 22/04/2016] www.gsa.gov/portal/content/105075
27. <https://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie>
28. [accesso web link 23/04/2016] http://projects.buildingsmartalliance.org/files/?artifact_id=5879
29. [accesso web link 24/05/2016] <http://www.B.I.M.plus.co.uk/people/cobie-getting-down-basics/>
30. www.3dprintingcreative.it
31. [accesso web link 25/06/2016] <http://www.sdm3d.it/>
32. <http://www.wrirosscities.org/>
33. [accesso web link 12/12/2016] <https://www.ocean-designresearch.net>
34. [accesso web link 03/01/2017] <https://wiki.auckland.ac.nz/display/MediaCentre/ParaCloud>
35. [accesso web link 09/02/2017] www.hok.com/about/
36. <http://www.nikken.co.jp>
37. [accesso web link 17/05/2018] <https://architosh.com/2014/04/focus-visiting-nikken-sekkei-and-discussing-bim-and-graphisoft/>
38. [accesso web link 18/06/2017] www.surveymonkey.com
39. [accesso web link 20/06/2017] <http://www.adeoscreen.com>
40. [accesso web link 18/03/2018] <https://dictionary.cambridge.org/it/dizionario/inglese/easter-egg>
41. [accesso web link 18/05/2018] <https://modelo.io>
42. [accesso web link 20/06/2018] <http://ppsn2014.ijs.si>

43. [accesso web link 22/06/2018] <http://architettura.it/extended/19990901/index.htm>
44. [accesso web link 22/06/2018] <http://architettura.it/extended/20040214/index.htm>
45. [accesso web link 03/08/2018] <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1118215>
46. <http://gramazio-kohler.arch.ethz.ch>
47. [accesso web link 10/08/2018]
http://www.cariani.com/CarianiNewWebsite/Publications_files/CarianiItauCultural2008-Emergence.pdf
48. www.nbbj.com
49. www.digitalconstructionweek.com
50. [accesso web link 17/08/2018] <https://www.digitalconstructionweek.com/>
51. <http://autodesk.typepad.com>
52. [accesso web link 13/08/2018]
https://www.researchgate.net/publication/240916942_The_future_for_Architects
53. [accesso web link 12/08/2018]
<http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15G00122/sg>
54. [accesso web link 14/08/2018] <https://labuonascuola.gov.it/costruiamo-insieme/pensiero-computazionale/>
55. [accesso web link 11/08/2018]
http://www.istruzione.it/scuola_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf

Indice dei Quick Responsive Code (QRc)

(QRc:13)	<i>Video dimostrativo</i> Funzionalità dell'interfaccia e output visuale dei risultati collezionati	p. 142
(QRc:14)	<i>Video dimostrativo</i> Dashboard interattiva	p. 148
(QRc:15)	<i>Video dimostrativo</i> Modellazione algoritmica del Sistema aiuole	p. 152
(QRc:16)	<i>Video dimostrativo</i> Facciata e componente adattivo	p. 154
(QRc:17)	<i>Video dimostrativo</i> Main Classroom – Chairs Positioning	p. 162
(QRc:18)	<i>Video dimostrativo</i> Produzione dei frames di stampa	p. 164
(QRc:19)	<i>Video dimostrativo</i> Esplorazione virtuale e comunicazione del prototipo di “totem”	p. 171
(QRc:20)	<i>Video dimostrativo</i> Walkthrough concettuale all'interno del modello BIM della Apple Academy	p. 174
(QRc:21)	<i>Video dimostrativo</i> Produzione della wordcloud	p. 178
(QRc:22)	<i>Video dimostrativo</i> Studio NBBJ - Goldilocks: A Workplace Sensor App	p. 208
(QRc:11)	<i>Video dimostrativo</i> Generative Design – uffici Autodesk di Toronto	p. 213

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2014). *La cultura tecnologica nella scuola milanese* (Collana Po ed.). Maggioli Editore.
- Acocella, A., & Zaffagnini, M. (1994). *Architettura a misura d'uomo*. Bologna: Pitagora.
- Aish, R. (2012). DesignScript: origins, explanation, illustration. *Computational Design Modelling*, 1-8.
- Al, A., Blasi, C., Alonso, H., & Antonioli, S. (2015). Complessità e Sostenibilità del Progetto. *13*, 93.
- Ambrosini, L. (2018). Apple Developer Academy tra Progettazione Algoritmica e Construction Management – Main Classroom, concezione e realizzazione. In T. Emler, F. Quici, & G. Valenti (A cura di), *3d Modeling & Bim. Nuove Frontiere* (Vol. 3, p. 548). Roma: DEI s.r.l. TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE.
- Ambrosini, L., & Bassolino, E. (2016). Interoperabilità dei risultati di simulazioni microclimatiche sullo spazio aperto e il GIS. In F. Di Martino, B. Cardone, & S. Sessa (A cura di), *GIS DAY 2016* (p. 297). Roma: Aracne Editrice.
- Ambrosini, L., Bassolino, E., & Scarpati, F. (2016). Parametric Environmental Climate Adaptive Design: The Role of Data Design to Control Urban Regeneration Project of Borgo Antignano, Naples. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*.
- American Institute of Architects., R. (2014). *The architect's handbook of professional practice*. Hoboken N.J.: Wiley.
- Anderson, C. (2012). *Makers : the new industrial revolution* (1st ed. ed.). New York: Crown Business.
- Anderson, K. (2014). *Design Energy Simulation for Architects: Guide to 3D Graphics*. New York: Routledge.
- Arthur, W. (2009). *The nature of technology : what it is and how it evolves*. [Place of publication not identified] :: Free Press.
- Bambardekar, S., & Poerschke, U. (2009). The Architect As Performer of Energy Simulation in the Performance Based Design. *Eleventh International IBPSA Conference*, 1306-1313.
- Banham, R. (1967). *Theory and design in the first machine age*. (2d ed. ed.). New York: Praeger.
- Barlozzini, P. (2013). *Il modello in architettura : uno strumento di rappresentazione tanto arcaico quanto attuale*. (Aracne, A cura di) Roma.
- Besserud, K., & Hussey, T. (2011). Urban design, urban simulation, and the need for computational tools. *IBM Journal of Research and Development*, 55(1.2), 2:1-2:17.

- Brabham, D. (2008). Crowdsourcing as a Model for Problem Solving: An Introduction and Cases. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, 14(1), 75-90.
- Brand, S. (1987). *The Media Lab : inventing the future at MIT*. New York ;London: Viking.
- Bucci, F., & Mulazzani, M. (2000). *Luigi Moretti : opere e scritti* ([Ristampa] ed.). Milano: Electa.
- Burry, M. (2011). *Scripting cultures : architectural design and programming*. Somerset :: Wiley.
- Cache, B., & Speaks, M. (1995). *Earth moves : the furnishing of territories* (10. [pr.] ed.). Cambridge Mass.: MIT Press.
- Campa, R. (2017). *La società degli automi : studi sulla disoccupazione tecnologica e il reddito di cittadinanza*. [Ladispoli]: D editore.
- Cantrell, B., & Mekies, A. (2018). *Codify : parametric and computational design in landscape architecture*.
- Carmo, M. (2011). *The alphabet and the algorithm*. Cambridge, Mass. :: MIT Press.
- Carmo, M. (2013). *The digital turn in architecture 1992-2012*. Chichester: Wiley.
- Carrara, G., Fioravanti, A., & Kalay, Y. (2009). *Collaborative working environments for architectural design*. Roma: Palombi.
- Christensen, C. (2011). *The innovator's dilemma : the revolutionary book that will change the way you do business*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Ciribini, A. (2016). *BIM e digitalizzazione dell'ambiente costruito*. (GRAFILL, A cura di)
- Ciribini, G. (1979). *Introduzione alla tecnologia del design : metodi e strumenti logici per la progettazione dell'ambiente costruito*. Milano: F. Angeli.
- Claudi de Saint Mihiel, A. (2015). *Tecnologia e progetto per la ricerca in architettura*. CLEAN.
- Collingridge, D. (1983). *Il controllo sociale della tecnologia*. Roma: Editori riuniti.
- Converso, S. (2009). *Il progetto digitale per la costruzione : cronache di un mutamento professionale*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- Coppola, C. (2011). *Attraverso l'architettura : rappresentazione procedurale e algoritmi per il progetto generativo*. Firenze: Alinea.
- Crotty, R. (2012). *The impact of building information modelling : transforming construction*. Abingdon Oxon ;New York: Spon.
- D'Alessandro, P., & Potestio, A. (2006). *Filosofia della tecnica*. Milano: LED.
- Davis, D. (2013). Modelled on Software Engineering : Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture. *Ph.D Thesis*(February), 243.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments - MindTrek '11*, 9.
- Deutsch, R. (2011). *BIM and integrated design : strategies for architectural practice*. Hoboken, N.J. :: Wiley.
- Deutsch, R. (2015). *Data-driven design and construction : 25 strategies for capturing, analyzing and applying building data*. New Jersey: Wiley.

- Di Battista, V., Fontana, C., & Pinto, M. (1995). *Flessibilità e riuso*. Firenze: Alinea.
- Dino, I. (2012). Creative design exploration by parametric generative systems in architecture. *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 29(1), 207-224.
- Donato, D. (2012). *Contaminazioni creative digitali. Trascrizione di una complessità algoritmica attraverso Rhino.Grasshopper*. Lulu.com.
- Dubois, C., Cloutier, G., Potvin, A., Adolphe, L., & Joerin, F. (2015, 3). Design support tools to sustain climate change adaptation at the local level: A review and reflection on their suitability. *Frontiers of Architectural Research*, 4(1), 1-11.
- Eastman, C. (2011). *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd ed. ed.). Hoboken NJ: Wiley.
- Erik OBERG, Franklin D. Jones, Holbrook L. HORTON, H. (2012). *Machinery's Handbook* (29th ed.). (C. MCCAULEY, A cura di) New York: Industrial Press.
- Fabrizio Aimar, Thomas Auer, A. (2017). *Disruptive technologies. The integration of advanced technology in architecture teaching and radical projects for the future city*. (Wolters Kluwer Italia, A cura di) Milano.
- Fanelli, G., & Fanelli, M. (2004). *La cupola del Brunelleschi : storia e futuro di una grande struttura*. Firenze: Mandragora.
- Faroldi, E., Schiaffonati, F., & Cipullo, F. (2009). *Teoria e progetto : declinazioni e confronti tecnologici*. Torino ;Londra ;Venezia ;New York: U. Allemandi & C.
- Ferraresi, M., Avanzini, G., Bonfantini, M., & Boeri, R. (1986). *La forma dell'inventiva*. Milano: Unicopli.
- Frazer, J. (1995). *An evolutionary architecture*. London :: Architectural Association.
- Galimberti, U. (1999). *Psiche e techne : l'uomo nell'età della tecnica* (3. ed. ed.). Milano: Feltrinelli.
- Gallino, L. (1985). *Informatica e qualità del lavoro* (2. ed. ed.). Torino: Giulo Einaudi.
- Gambetta, D. (2018). *Datacrazia : politica, cultura algoritmica e conflitti al tempo dei big data*. Ladispoli (Roma): D.
- Gangemi, V. (1988). *Architettura e tecnologia appropriata* (2ª ediz. ed.). Milano: Franco Angeli Edizioni.
- Gangemi, V., Ranzo, P., Vittoria, E., Bottero, M., Caterina, G., Ciribini, G., . . . Zanuso, M. (1987). *Il governo del progetto : la tecnologia per la formazione dell'architetto*. Bologna: Luigi Parma Edizioni.
- Garber, R. (2009). *Closing the gap : information models in contemporary design practice*. Chichester: Wiley.
- Garber, R. (2014). *BIM design : realising the creative potential of building information modelling*. John Wiley & Sons.
- Gengnagel, C., Kilian, A., Palz, N., & Scheurer, F. (2011). Computational Design Modelling. *Proceedings of the Design Modelling Symposium Berlin 2011* (p. 350). Berlin: Springer.
- Giacomo Chiesa. (2015). *Paradigmi, tecnologie ed ere digitali. Il dato come parametro di innovazione in architettura e urbanistica*. (A. Press, A cura di) Torino.

- Giallocosta, G. (2011). Tecnologia dell'Architettura e progettazione tecnologica. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*(2), 24-31.
- Griffa, C. (2012). *Smart creatures : progettazione parametrica per architetture sostenibili*. Roma: EdilStampa.
- Hebbert, M. (2012). *Cities and Climate Change (Global Report on Human Settlements 2011)/Climate Change and Cities (First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network)* (Vol. 83). UNHABITAT.
- Heidegger, M. (1976). *Saggi e discorsi*. Milano: Mursia.
- Hemmerling, M., & Cocchiarella, L. (2018). *Informed architecture : computational strategies in architectural design*.
- Hinte, E. (2003). *Smart architecture*. Rotterdam: 010 Publishers.
- Isdale, J. (1995). *Che cos'è la realtà virtuale*. Roma-Napoli: Theoria.
- Kelly, K. (2017). *The inevitable : understanding the 12 technological forces that will shape our future* (3rd print ed.). New York: Penguin Books.
- Kensek, K., & Noble, D. (2014). *Building information modeling : BIM in current and future practice*.
- Kolarevic, B., & Parlac, V. (2016). *Building dynamics : exploring architecture of change*. New York: Routledge.
- Krueger, M. (1983). *Artificial reality*. Reading Mass.: Addison-Wesley.
- Kurzweil, R. (2005). *The singularity is near : when humans transcend biology*. Gerald Duckworth.
- Lawson, B. (2005). *How designers think : the design process demystified* (Fourth ed ed.). London ;New York ;New York: Elsevier/Architectural Press.
- Leach, N. (2009). *Digital cities*. London: Wiley.
- Losasso, M. (2011). Valutazione della ricerca e progetto : intervista ad Andrea Bonaccorsi. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*(2), 86-91.
- Magnaghi, A. (1973). *L'organizzazione del metaprogetto : applicazione esemplificativa alla formazione di un sistema di requisiti spaziali per le attività della scuola dell'obbligo*. Milano: F. Angeli.
- Maldonado, T. (1970). *La speranza progettuale : ambiente e società*. Torino: Einaudi.
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data : a revolution that will transform how we live, work, and think*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Mihiel, A. (2006). *Superfici mutevoli: le tecnologie innovative dei vetri cromogenici per il progetto di involucri a prestazioni variabili*.
- Minati, G. (2009). Processes of emergence of systems and systemic properties towards a general theory of emergence : proceedings of the international conference, Castel Ivano, Italy, 18-20 October 2007. Singapore, Hackensack, NJ :: World Scientific.,
- Mora Luca, & Bolici Roberto. (2016). *Progettare la Smart City. Dalla ricerca teorica alla dimensione pratica*. (Maggioli Editore, A cura di) Santarcangelo di Romagna (RN).
- Moser, C. (2014). *Architecture 3.0 : the disruptive design practice handbook*.
- Moser, C. (2017). *BIM Disruption 2016: The Disruption of Interoperability*. Independently published (January 1, 2017).
- Munari, B. (1981). *Da cosa nasce cosa : appunti per una metodologia progettuale*. Roma: Laterza.

- Naboni, R., & Paoletti, I. (2015). *Advanced Customization in Architectural Design and Construction*. Cham: Springer International Publishing.
- Nardi, G. (1986). *Le nuove radici antiche : saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*. Milano: Franco Angeli Edizioni.
- Nebuloni, A., & Rossi, A. (2017). *Codice e Progetto. Il computational design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie*. (M. Edizioni, A cura di) Sesto San Giovanni (MI).
- Negroponte, N. (1972). *The Architecture Machine*. The MIT Press Cambridge.
- Negroponte, N. (1995). *Essere digitali*. Milano: Sperling & Kupfer.
- Paoletti, I. (2003). *Una finestra sul trasferimento : tecnologie innovative per l'architettura*. Milano: Libreria Clup.
- Papert, S. (1993). *Mindstorms : children, computers, and powerful ideas* (2 ed. ed.). New York: Basic Books.
- Petruzzi, V. (2015). *Il potere della Gamification : usare il gioco per creare cambiamenti nei comportamenti e nelle performance individuali*. Milano: F. Angeli.
- Picon, A. (2015). *Smart cities : a spatialised intelligence*.
- Prager, F., & Scaglia, G. (2004). *Brunelleschi : studies of his technology and inventions*. Newburyport :: Dover Publications.
- Ratti, C. (2013). *Smart city, smart citizen*. Milano: EGEA.
- Ratti, C. (2014). *Architettura Open Source : verso una progettazione aperta*. Torino: G. Einaudi.
- Ratti, C., Claudel, M., Wells, H., & Lang, F. (2015). Futurecraft : Tomorrow by Design
Futurecraft :: *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*(10), 28-33.
- Reas, C., & Fry, B. (2014). *Processing : a programming handbook for visual designers and artists*.
- Reas, C., McWilliams, C., & Barendse, J. (2010). *Form+code in design, art, and architecture* (Repr. ed.). New York: Princeton Architectural Press.
- Rheingold, H., & Saggini, V. (1993). *La realtà virtuale*. Bologna: Baskerville.
- Riccardo Campa. (2017). *La società degli automi* (D Editore ed.). Roma.
- Rifkin, J. (2017). *La società a costo marginale zero : l'Internet delle cose, l'ascesa del Commons collaborativo e l'eclissi del capitalismo*. Milano: Mondadori.
- Rushkoff, D., & Purvis, L. (2011). *Program or be programmed : ten commands for a digital age*. Berkely: Soft Skull Press.
- Russo Ermolli, S., & D'Ambrosio, V. (2012). *The building retrofit challenge : programmazione, progettazione e gestione degli interventi in Europa : planning, design ...* Alinea.
- Rutten, D. (s.d.). *Evolutionary Principles applied to Problem Solving*. Tratto da grasshopper3d.com:
<http://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/evolutionary-principles>
- Saggio, A. (2003). Informazione materia prima dell'architettura. *Op. cit.*
- Saggio, A. (2007). *Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura*. Roma: Carocci.

- Saggio, A. (2010). *Architettura e modernità : dal Bauhaus alla rivoluzione informatica* (1. ed. ed.). Roma: Carocci.
- Saggio, A. (2011). *Architettura & Information Technology* (1. ed. ed.). Roma: M.e. Architectural Book and Review.
- Sala, M. (1995). *Teaching in architecture energy and environment world network : proceedings of the Florence International Conference for Teachers of Architecture, Università 'degli Studi di Firenze, 28-30 September*. Firenze: Alinea.
- Salama, A. (1998). *Human Factors in Environmental Design : An Introductory Approach to Architecture*. The Anglo-Egyptian Publications.
- Schumacher, P. (2011). *The autopoiesis of architecture : a new framework for architecture* (Repr. Marc ed.). Chichester: Wiley.
- Sinopoli, N. (1997). *La tecnologia invisibile : il processo di produzione dell'architettura e le sue regole* ([3a ed.]. ed.). Milano: F. Angeli.
- Smid, P. (2008). *CNC programming handbook : a comprehensive guide to practical CNC programming* (3rd ed. ed.). New York: Industrial Press.
- Susskind, R., & Susskind, D. (2017). *The future of the professions : how technology will transform the work of human experts*.
- Tedeschi, A. (2014). *AAD, Algorithms-aided design : parametric strategies using Grasshopper*.
- Terzidis, K. (2006). *Algorithmic Architecture* (Vol. 53). [Place of publication not identified]: Routledge.
- Thaler, R., & Sunstein, C. (2014). *Nudge : la spinta gentile*. [S.l.]: [s.n.].
- Thomas Auer, A. (2017). *Disruptive technologies. The integration of advanced technology in architecture teaching and radical projects for the future city*. (Wolters Kluwer Italia, A cura di) Milano.
- Toffler, A. (1971). *Future shock*. London: Pan.
- Toffler, A. (1981). *The third wave* (Bantam pap ed.). New York: Bantam Books.
- Turin, D. (2003). Building as a process. *Building Research & Information*, 31(2), 180-187.
- Various. (2006). *Programming Cultures* (Vol. 76).
- Walker, J. (1994). The Autodesk File: Bits of History, Words of Experience. *Fourth Edition*.
- Wang, D., & Groat, L. (2013). *Architectural research methods*. (Second ed. ed.).
- Werner, L. (2013). *[En]Coding architecture*. Pittsburgh: CARNEGIE MELLON.

