

Attilio Nebuloni,

Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, Italia

attilio.nebuloni@polimi.it

Abstract. Le architetture capaci di interagire dinamicamente con il contesto e modificare aspetti della propria fisicità, sono un terreno di ricerca interdisciplinare con ricadute sugli ambienti di vita e sulla stessa progettazione. In tale ambito l'attenzione dei progettisti è focalizzata in primo luogo sulla dimensione temporale, sia nella relazione con il progetto sia a livello tecnologico/costruttivo, inquadrando la discussione sugli strumenti e le strategie progettuali per la gestione dinamica delle variabili, da un lato, sulle innovazioni che interessano tecnologie e attori del processo progettuale, dall'altro. L'articolo propone una rilettura del concetto di durata di un'architettura adattiva, esplicitandone la struttura ed i fattori chiave che ne caratterizzano l'approccio applicativo.

Parole chiave: Adattività; Interazione; Computazione; Variabilità; Durata.

Introduzione

Sin dal principio del XX secolo, i progettisti hanno sempre più cercato di includere nei propri lavori varie forme di dinamicità, qui intesa come la capacità di un insieme ordinato di attuare del movimento o di variare rispetto ad una morfologia di base; e ciò tanto nell'iniziale sfida di incorporare nel progetto la dimensione del tempo, quanto per sperimentare, oggi in particolare ed in modo crescente, un'interazione con il contesto guidata dalle potenzialità abilitanti delle tecnologie: «the driving force behind the interest in adaptable architecture is the technologically influenced and changing patterns of human interaction with the built environment» (Fox, 2013). Mutuata dalla biologia, con adattività si intende la capacità di un organismo di modificare in tutto o in parte gli elementi della propria struttura al variare di specifiche condizioni ambientali, per assumere una configurazione differente dall'originale. Tradotto in termini architettonici, è quindi possibile intendere le architetture adattive come quei sistemi complessi in cui delle regole di trasformazione connesse ad *input* di natura ambientale, permettono ad elementi liberi

The time factor in the design of adaptive architectures

Abstract. Architectures capable of dynamically interacting with the context and change aspects of their physicality are an interdisciplinary research field with many implications on living environments and on design itself. In this area, the designers' attention is mainly focused on the temporal aspect, on the relationship with project, technology, and construction, framing the discussion on tools and design strategies for the dynamic management of variables, on the one hand, and on innovations affecting technologies and actors of the design process, on the other. In the field of adaptive architecture, the paper proposes a reinterpretation of the meaning of duration, explaining the structure and the key factors that characterise its application approach.

Keywords: Adaptability; Interaction; Computation; Variability; Duration.

della costruzione di mutare da una morfologia iniziale ad una nuova ed inaspettata configurazione. Nella sperimentazione di una pluralità di ipotesi morfologiche tutte giocate sulla manipolazione di un comune codice di base, ne consegue che i parametri sono le forze generatrici derivati dal contesto ed il modello parametrico la struttura sulla quale lo spazio emerge e cambia di conseguenza.

Struttura del modello adattivo

La proliferazione di moderni ambienti di ricerca interdisciplinari in cui i metodi e gli strumenti computazionali assumo carattere fondante, è alla base dello sviluppo di oggetti e componenti dinamici che stanno contribuendo a determinare nuove forme e scenari della progettazione. Per mezzo della computazione (qui intesa come l'algoritmo di una funzione parametrica) l'oggetto progettuale non si identifica più solo nell'immagine finale del processo compositivo, ma per una potenzialità espressiva che gli deriva dalla capacità di variare lungo una curva di possibilità; ovvero un oggetto aperto espressione di una funzione, piuttosto che immagine finita di geometria e spazio (Cache, 1995).

A differenza di un modello progettuale costruito unicamente su informazioni geometriche, in quello algoritmico l'organizzazione del sistema passa infatti attraverso la definizione di una serie di istruzioni sui parametri di ingresso. Adottando una logica computazionale le geometrie non saranno costruite una volta per tutte, ma "descritte" in termini di relazioni generali, tale per cui ad ogni variazione del valore in ingresso seguirà una variazione del modello ad esso associato. La forma è così funzione del grado di intensità dei parametri: l'algoritmo ne costituisce la

Introduction

Since the early 20th century, designers have increasingly sought to include in their work various forms of dynamism, considered herein as the ability of an ordered system to implement movement or change, as compared to an initial morphology. This occurs both during the initial challenge of incorporating the dimension of time in the project, and of experimenting, particularly to an increasing degree today, an interaction with the context driven by the enabling potentials of technologies, «the driving force behind the interest in adaptable architecture is the technologically influenced and changing patterns of human interaction with the built environment» (Fox, Kemp, 2013). Borrowing from biology, adaptability means the ability of an organism to modify either all or part of the elements of its structure to

assume a different configuration from an original one, when specific environmental conditions change. Translated into architectural terms, it is, therefore, possible to understand adaptive architectures as complex systems in which transformation rules connected to environmental inputs allow free elements of the construction to change from an initial morphology to a new and unexpected configuration. In the experimentation of a range of morphological hypotheses, all played on the manipulation of a common basic code, it follows that the parameters are the generating forces derived from the context, and the parametric model is the structure on which the space emerges and changes accordingly.

Structure of the adaptive model

The proliferation of modern interdisciplinary research environments in

logica, mentre il codice la implementa in un linguaggio formale. Allo stesso modo, il prodotto dell'azione di un progetto adattivo non è in primo luogo la fisicità della singola forma, ancorché dinamica, ma la costruzione della matrice di relazioni su cui si strutturano, nel corso del tempo, un insieme di parametri di natura ambientale (umidità, vento, luce, ecc.). Tradotti in forma di variabili-dato ed inserite negli algoritmi del modello computazionale, la qualità di tali valori è determinata sia dalla possibilità di produrre più interpretazioni da una stessa informazione di base sia, soprattutto, di modulare l'intensità della propria dinamica nel più generale comportamento del sistema. Al *range* dei valori si collega l'*output* che ne deriva, cosicché la costruzione non sperimenta una semplice condizione di tipo on/off, ma al variare dell'intensità di un valore corrisponde un gradiente di variazione nella dinamica della sua morfologia.

Ciò che caratterizza la struttura di un modello algoritmico è la stratificazione nei livelli di un diagramma *I-P-O*: raccolta delle condizioni-dati (*Input*), interpretazione-programmazione (*Process*), comunicazione-prodotto (*Output*). Con un'attenzione al comportamento delle morfologie, ed in rapporto alla scala del tempo che ne struttura l'adattamento, l'impatto sull'architettura è sia estetico sia prestazionale. Su tale rapporto con la dimensione temporale si fonda la peculiarità di tali strutture, differenziandole da tutte le altre linee di ricerca della più ampia famiglia delle architetture cinetiche, ed in particolare dall'architettura interattiva e da quella responsiva, dove l'attenzione è, rispettivamente, alla relazione biunivoca tra utente-costruzione e tra quest'ultima ed un contesto (ambiente). È quindi possibile definire un'architettura adattiva come un particolare tipo di sistema responsivo, il cui comportamento è legato alla varietà di para-

which computational methods and tools take on a fundamental character is at the basis of the development of dynamic objects and components that are determining new design forms and scenarios. By means of computation – understood as the algorithm of a parametric function – the design object is no longer identified only with the final image of the compositional process, but with an expressive potential, which derives from its ability to change along a curve of possibility. That is an open object expression of a function, rather than a finite image of geometry and space (Cache, 1995).

Unlike a design model built only on geometric information, in the algorithmic model the organisation of the system emerges from the definition of a series of instructions on the input parameters. Adopting a computational logic, the geometries will not be built

once and for all, but “described” in their general relations, so that each change in the incoming value will be followed by a variation in the model associated with it. Form is thus a function of the degree of parameter intensity: algorithm is the logic, while the code is its implementation in a formal language. Similarly, the output of an adaptive design is not a single form, although dynamic, but the construction of a relational matrix on which a set of environmental parameters is structured over time (humidity, wind, light, etc.). Translated as data variables and inserted in the algorithms of the computational model, the quality of these values is determined both by the possibility of producing several interpretations from the same basic information and of modulating the intensity of its dynamics in the system's general behaviour. Therefore, the resulting

metri che trovano forma in sinergia con il tempo: $\text{responsività} + \text{tempo} = \text{adattività}$. Due sono i livelli principali che emergono da tale rapporto e nel contempo inquadrano l'approfondimento del tema in merito a tecnologie, strumenti e strategie del processo progettuale:

- nella progettazione, riguardo alla relazione tra l'elaborazione del progetto e la matrice delle variabili che entrano in gioco nella definizione del modello algoritmico;
- nella costruzione, rispetto all'obsolescenza di sistemi che necessitano, attraverso la programmazione, di una manutenzione costante nel corso tempo¹.

Variabilità e progetto

Se implicita nell'architettura è la necessità di cambiare nel corso del tempo, nella storia tale aspetto ha riguardato soprattutto le dimensioni spaziali-funzionali e non le componenti fisiche della stessa, dove i progettisti hanno sempre cercato di raggiungere, attraverso la solidità, obiettivi di permanenza della costruzione. Diversamente, le architetture adattive, il cui obiettivo progettuale è in primo luogo quello di fare spazio a un tempo in continua mutazione (Leatherbarrow, 2015), individuano nella durata della variazione tra un tempo(0) e un tempo(n), la capacità di mettere in atto un cambiamento, tanto nello stato quanto nel grado della morfologia. Tre sono i fattori determinanti che entrano in gioco contemporaneamente nel progetto:

- l'intervallo temporale che produce il comportamento;
- i diversi tipi di movimento in rapporto alla tecnologia utilizzata;
- il fattore di scala dell'intervento in rapporto alle tipologie di controllo.

output is connected to the range of values, so that the construction does not experience a simple on/off condition; instead, as the intensity of a value changes, a gradient of variation in the dynamics of its morphology follows.

The feature of an algorithmic model is its layered structure as in an I-P-O diagram: condition-data collection (Input), interpretation-programming (Process), communication-product (Output). With a focus on the behaviour of morphologies, also relating to the timescale that structures their adaptation, the impact on architecture concerns both aesthetics and performance. A peculiarity of these structures is the relationship with this temporal dimension, which differentiates them from all other research lines of the wider family of kinetic architecture and, particularly, from the interactive architecture and responsive one, where

focus is on the two-way relationship between user and construction, and between the latter and a context (environment). It is thus possible to define an adaptive architecture as a special kind of responsive system, whose behaviour is linked to the multiplicity of parameters shaped by synergy with time: $\text{responsiveness} + \text{time} = \text{adaptivity}$. Two main levels emerge from this relationship and frame the in-depth study of the topic with regard to technologies, tools and strategies of the design process:

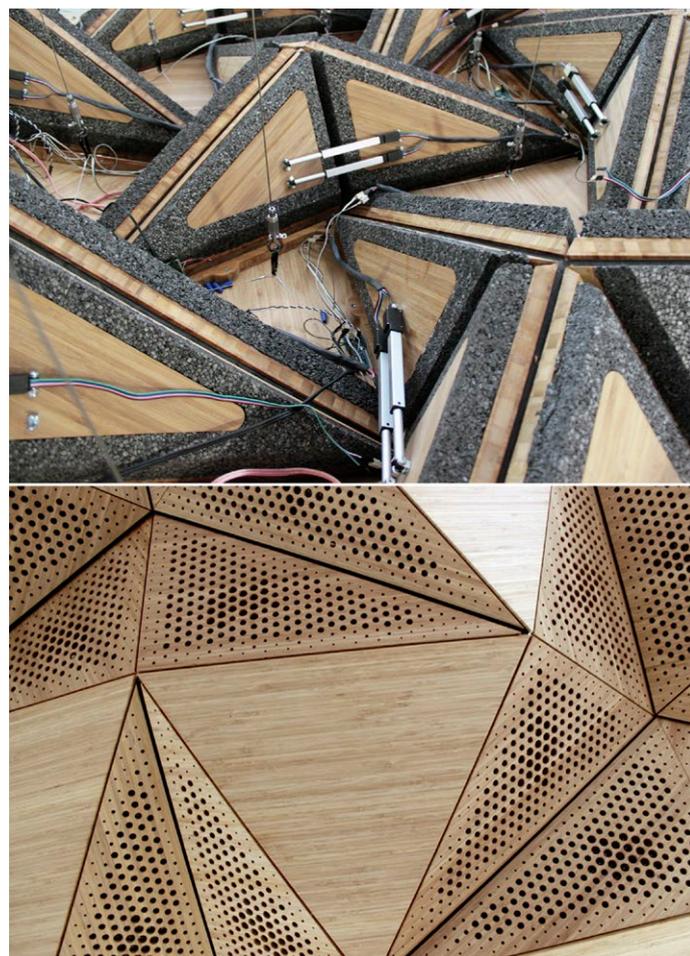
- in design, regarding the relationship between the project's development and the matrix of variables that come into play in the definition of the algorithmic model;
- in the building, concerning the obsolescence of systems that require constant maintenance over time through programming¹.

Fattore tempo

In ragione della variabilità dei parametri, il comportamento di un sistema adattivo è influenzato da diverse dimensioni temporali (Schnädelbach, 2010), che dell'azione ne determinano velocità e tipologia. Rispetto a parametri di natura ambientale, ad esempio, sono di breve durata, e quindi nell'ordine di secondi o minuti, le fluttuazioni che riguardano l'intensità e la direzione del vento, ma anche l'interazione con gli utenti. Riguardano invece un tempo di azione più esteso, da medio a lungo, i parametri come l'illuminazione, l'incidenza solare, la temperatura o le condizioni derivanti da eventi atmosferici occasionali. In questo caso, l'azione adattiva si misura con una "variabile tempo" più estesa (ore, mesi o stagioni). La programmazione del comportamento adattivo è legata alla qualità dei valori in gioco, tanto quanto alla capacità di interpretare diversamente i dati di una generica variabile, in ragione delle mutate condizioni che li hanno determinati e così attuare una diversa azione da uno stesso parametro di riferimento.

Fattore tecnologia

Il secondo aspetto significativo riguarda la categoria di movimento in rapporto alla tecnologia utilizzata: meccanica o fisica. Nella prima categoria la logica algoritmica alla base della programmazione trova una relazione diretta con la struttura del sistema adattivo, in quanto il comportamento cinetico viene determinato da *input* raccolti da sensori, che dopo essere stati codificati trovano negli attuatori le leve del movimento (rotazione, scorrimento, impulso luminoso, ecc.). In questo caso, la composizione che ne deriva si fonda su una molteplicità di componenti tecnologici tra loro aggregati (Fig. 1). Nella seconda categoria, invece, a determinare *input* e *output* sono le proprietà fisiche



Variability and design

If the need to change over time is implicit in architecture, this aspect has historically mainly concerned the spatial-functional dimensions and not the physical components of the same. In this scene, designers have always tried to achieve, through solidity, goals of permanence of the construction. Instead, adaptive architectures, whose design goal is primarily focused on making room to a continuously changing time (Leatherbarrow, 2015), identify in the duration of the variation between a time (0) and a time (n) the ability to implement a change, both in terms of state and of morphology. Three main factors come into play at the same time in the project:

- the time interval that produces the behaviour;
- the different kinds of movement in relation to the technology used;

- the scale factor of the intervention in relation to the type of control used.

Time factor

In relation to the variability of parameters, the behaviour of an adaptive system is influenced by different dimensions of time (Schnädelbach, 2010), which determine its speed and type of action. Some examples can be found in environmental parameters, which have a short duration – seconds or minutes – if related to the fluctuations of wind intensity and direction, as well as to the interaction between users. Cases in which parameters are lighting, solar incidence, temperature, or conditions resulting from occasional weather events are longer, from medium to long. In this case, the "time variable" relates to hours, months, or seasons. Adaptive behaviour programming is linked to the quality of

the variables involved, as well as to the ability to diversely interpret the data of a generic variable as its reference conditions change, thus implementing a different action from the same benchmark parameter.

Technology factor

The second significant aspect concerns the kind of movement in relation to the technology used, either mechanical or physical. In the first type, the algorithmic logic underlying programming is directly related to the structure of the adaptive system. In this case, the kinetic behaviour is determined by a series of inputs collected by sensors, which after being encoded, address the movement of the actuators (rotation, sliding, light pulse, etc.). The resulting composition is based on a multiplicity of technological components aggregated together (Fig. 1). In the second type,

the physical properties of a material affect both input and output (Reichert, 2015); in fact, changes in external conditions (e.g., degree of humidity) lead to a change in morphology (Fig. 2).

Scale factor

Linked to the technological aspects, the "scale factor" affects the design of adaptive architectures, both in terms of control structure and of building composition. The reference unit is the "component", i.e., the elementary technological subunit that embodies both the aggregation process and the behaviour of its structure when interacting with the environment. Central systems are those in which all components (or a significant part of them) are controlled globally. Local systems are, instead, those where this aspect remains in the single element. In this case, in addition to the system of input (sen-

di un materiale (Reichert, 2015), che modifica la morfologia a seguito di una variazione nelle condizioni esterne (es. grado di umidità dell'ambiente) (Fig. 2).

Fattore scala

Legato agli aspetti tecnologici, il fattore scala influisce sulla progettazione delle architetture adattive sia a livello della struttura di controllo sia sulla dimensione compositiva della costruzione. L'unità di riferimento è in questo caso il "componente" tecnologico, una sub-unità elementare che del progetto ne esemplifica il processo di aggregazione e il comportamento della sua struttura nell'interazione con l'ambiente. Si definiscono centrali quei sistemi in cui il controllo della totalità (o di un gruppo significativo) dei componenti avviene a livello d'insieme e locali quando tale aspetto rimane nel singolo elemento, che oltre ai sistemi di ricezione (sensori) e attuazione, sarà dotato anche di microprocessori per la codifica dei dati e il controllo del movimento. La differenza tra le due tipologie è significativa: nei sistemi centrali la dimensione dei componenti è generalmente superiore e il controllo sull'interno processo, nonché l'armonizzazione tra i componenti stessi, sviluppa cinetiche più elaborate; nei sistemi locali, invece, i componenti sono più piccoli, con una forma limitata di intelligenza ed un cinematicismo più semplice, che pur rimanendo a livello individuale è tuttavia capace di realizzare risultati di insieme complessi e inaspettati. Tutto ciò si traduce sulla scala dell'intervento: ai sistemi centrali si associano le architetture, ai locali, dove il grado di sperimentazione è generalmente superiore, le strutture temporanee o le installazioni. In entrambe i casi, è comunque possibile legare la peculiarità delle architetture adattive ad una morfologia che deriva dalla scomposizione di un insieme organico in elementi base

sors) and actuation, components will also be equipped with microprocessors for data encoding and motion control. The difference between the two systems is significant. In central systems the size of the components is generally larger, the control over the process is internal, and the harmonisation between the components themselves develops more elaborate kinetics. In local systems, the components are smaller, with a limited form of intelligence and a simpler kinematic mechanism - they can, however, achieve complex and unexpected results. All this is translated onto the building scale by associating central systems with architectures, while temporary structures or the installations are, instead, related to local systems where the degree of experimentation is generally higher. In both cases, however, the peculiarity of adaptive architectures can be linked

to a morphology resulting from the decomposition of an organic whole into basic elements (Figs. 3, 4). The approach of the process is the same as the one that, in nature, contrasts distributed intelligence systems with those in which control is centrally governed. The relationship between homogeneous parts emerges in the former, while a structuring of superordinate and sequenced elements can be observed in the latter (Wiscombe, 2014).

Hence, the challenge of adaptive architecture requires the adoption of a design framework structured on computational tools, in which time and variability become central, both in design and in construction.

Adaptivity and duration of construction: design strategies

More than in any other type of construction, the obsolescence of an adap-

(Fig. 3, 4). L'approccio del processo è analogo a ciò che in natura contrappone i sistemi dotati di un'intelligenza distribuita rispetto a quelli in cui il controllo è governato a livello centrale. Nei primi ad emergere sono le logiche di relazione tra parti omogenee, nei secondi una strutturazione di elementi sovraordinati ed in successione tra loro (Wiscombe, 2014).

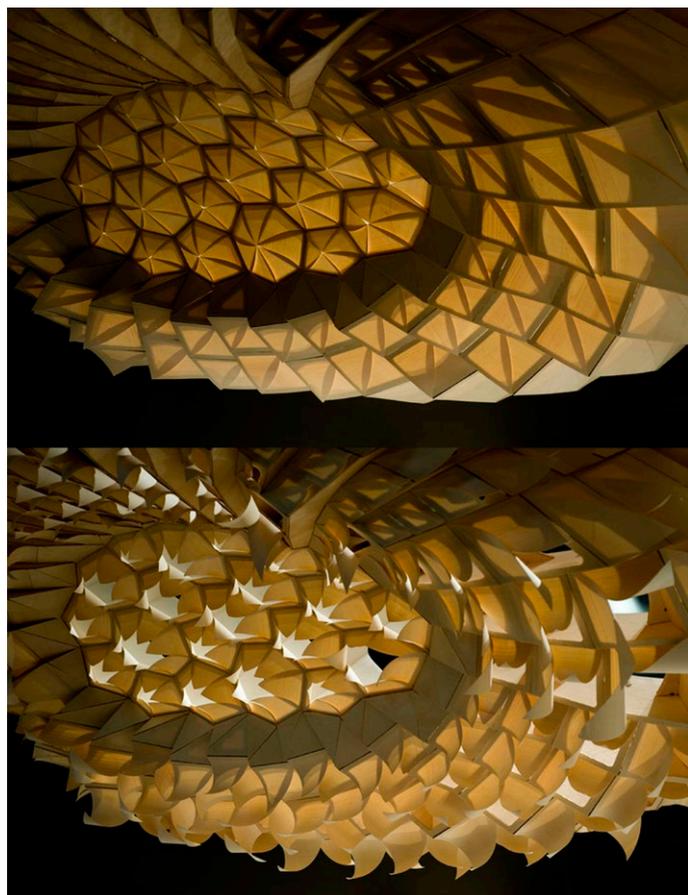
La sfida dell'architettura adattiva richiede, quindi, di adottare un *framework* progettuale strutturato sugli strumenti della computazione, in cui il tempo e la variabilità assumono centralità, tanto nel momento dell'elaborazione quanto in quello della sua costruzione.

Adattività e durata della costruzione: strategie progettuali

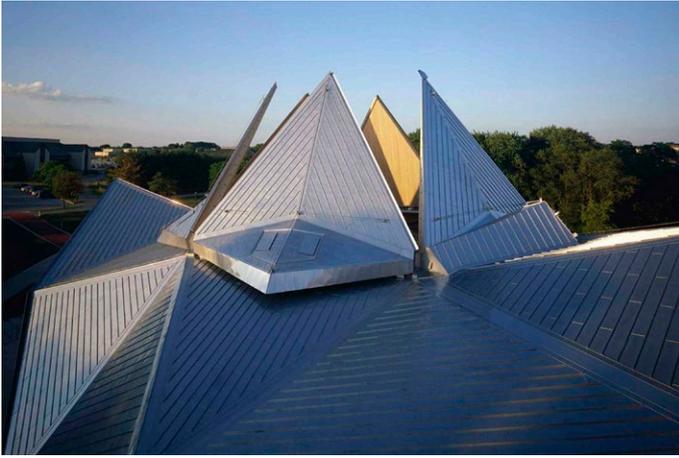
Più che in ogni altro tipo di costruzione, l'obsolescenza di un'architettura adattiva è legata al livello di tecnologia inclusa in

rapporto al tempo d'uso previsto, i cui estremi sono:

- a. un elevato livello tecnologico unito ad un programma funzionale di breve durata;



03 |



04 |



tive architecture is linked to the level of technology included and the expected time of use, the extremes of which are:

- a. a high level of technology combined with a short term functional programme;
- b. a more limited presence of technology and movement in the face of architecture intended to last a long time.

The choice of the technological system to be adopted in design is, therefore, based on the assumption that the more a system is dynamic, the more technology is needed, with a consequent increase in the management of construction problems, and the reverse (Kolarevic, 2015). It follows that the degrees of physical mobility of an architecture diminish, the longer it is intended to last. Considering two paradigmatic examples in which dynamism is an integral part of architecture,

such as the Institut du Monde Arab in Paris and the Kunsthau in Graz, Meagher states (2014), «As more buildings are defined by their integration of responsive components, it will become necessary to rethink the relation of the building itself to time and to accept the idea that the most ephemeral and rapidly-obsolescent of building components can become an integral part of the work of architecture». According to this interpretation, the physical mobility of the technological elements in Nouvel's building contrasts with the more coherent dynamism of the lighting system in Cook & Fournier's building (Figs. 5, 6).

A different framework links the duration of an adaptive architecture to the "lifetime" of the project and not to the obsolescence of its technology. As in a programming process, this implies that «the principal task for architects is

- b. un più limitato impegno di tecnologia e movimento a fronte di un'architettura destinata a durare a lungo nel tempo.

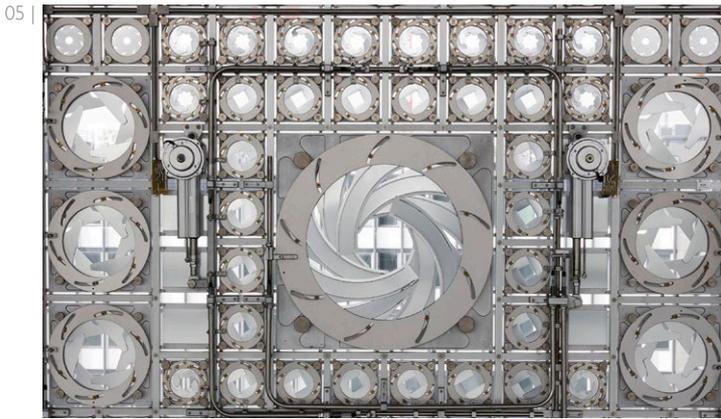
La scelta del sistema tecnologico da adottare nella progettazione si fonda quindi sull'assunto che ad un incremento della dinamicità del sistema corrisponda un aumento della tecnologia impiegata e, di conseguenza, una crescita dei problemi da gestire nella costruzione, e viceversa. Ne consegue che più un'architettura è destinata a durare a lungo nel tempo, meno dovrebbero essere i gradi della sua mobilità fisica. Osservando due esempi paradigmatici in cui la dinamicità è parte integrante l'architettura, come l'Institut du Monde Arab a Parigi e la Kunsthau a Graz, afferma Meagher (2014): «As more buildings are defined by their integration of responsive components, it will become necessary to rethink the relation of the building itself to time and to accept the idea that the most ephemeral and rapidly-obsolescent of building components can become an integral part of the work of architecture». Alla mobilità fisica degli elementi tecnologici nel progetto di Nouvel, viene quindi a contrapporsi, secondo tale lettura, una più coerente dinamicità realizzata con sistemi luminosi, nel progetto di Cook & Fournier (Figg. 5, 6).

Un diverso quadro di riferimento è quello che lega la durata di un'architettura adattiva non tanto all'obsolescenza della tecnologia, quanto, e al pari di un processo di programmazione, al "tempo di vita" del progetto, con ciò comportando che «the principal task for architects is to create a field of change and modification that would generate possibilities instead of fixed conditions» (Kolarevic, 2015). Si tratta quindi di orientare il progetto in primo luogo sui temi dell'adattività e dell'interazione con l'ambiente. Secondariamente, di simulare in modo fisico la dinamicità del sistema. Infine, di costruire un terreno di confronto tra gli

to create a field of change and modification that would generate possibilities instead of fixed conditions» (Kolarevic, 2015). It is, therefore, a matter of orienting the project mainly on the issues of adaptivity and environmental interaction, and of physically simulating the dynamism of the construction. Finally, it also includes building a common ground of discussion for the actors of a design research that is increasingly cross-cutting and integrated by the inputs of computational science². At a methodological level, the synergy between the algorithmic model and the physical one in the study of component behaviour is significant (Figs. 7, 8). By sharing a common language made of a code and programming, this relationship allows to generate a continuous flow of data capable not only of linking the design step to the building one (Carpo, 2011), but also of

integrating the aspects of its maintenance over time. The expected results are the verification of the equipment (technical-electronics) needed for system operation, on the one hand, and the definition of a set of key strategies capable of orienting the design's technological choices in terms of the building's duration on the other.

Concerning this second point, the main issue to be considered is the weight given by the project to the adaptive components with respect to their ability to assume multiple configurations and behaviours. Like computational objects, these technological elements – which become the core elements of the adaptive design and around which the composition can be structured – must be conceived not only to have high levels of openness, flexibility and reusability over time, but also to be able to adapt to multiple



contexts. A component is, therefore, a sort of indeterminate object capable of incorporating in its morphology a plurality of similar hypotheses, which are identified more by variety than by homogeneity (Nebuloni and Rossi, 2017). A higher value of component variability corresponds to a greater need for design openness and dynamism, also in view of the possibility that they may be reprogrammed/replaced over time to meet either new or changed needs. This is the same logic that is found in the digital matrix, whereby multiple outputs originate from the same basic structure, as the code is a matching device that is not tied to a specific shape or scale (Ibid). It follows that the structural constancy of these elements is ensured by sensors, actuators and kinematic devices, while the variability primarily relates to the interpretation of input data and

to the reprogramming of the system's behaviour.

If the process that describes the behaviour of the system – rather than the mere aspects of its configuration – is central to the design, the interpretation that links the obsolescence of an adaptive construction to the type of embedded technology is discarded, and so is the relationship to the time duration of the construction. What characterises the dynamism of these architectures is, therefore, not only the physical movement of the components, but also the synergy between the technological elements and the algorithmic model, which allows to move from a static idea of permanence based on the form, to an open one in which the design is continuous over time.

Conclusions

Starting from the redefinition of the

attori di una ricerca progettuale sempre più trasversale e integrata dagli apporti della scienza computazionale². A livello metodologico, significativa è la sinergia tra i modelli algoritmico e fisico nello studio del comportamento dei componenti (Figg. 7, 8). Dalla condivisione di un linguaggio comune basato sul codice e la programmazione, tale rapporto permette infatti di generare un flusso continuo di dati capace non solo di riannodare il momento della progettazione a quello della realizzazione (Carpò, 2011), ma anche di integrare gli aspetti della sua manutenzione nel corso del tempo. I risultati attesi sono, da un lato, la verifica delle dotazioni (tecnico-elettroniche) utili al funzionamento del sistema, dall'altro, la definizione di un insieme di strategie di fondo per orientare le scelte tecnologiche della progettazione in termini di durata della costruzione.

Su questo secondo punto, l'aspetto rilevante da considerare nella scelta è il peso attribuito dal progetto ai componenti adattivi rispetto alla loro capacità di assumere configurazioni e comportamenti plurimi. Al pari di un oggetto computazionale, infatti, tali elementi tecnologici, che del progetto adattivo ne diventano i tasselli fondamentali attorno ai quali strutturare la composizione, devono essere concepiti non solo per avere elevati livelli di apertura, flessibilità e riutilizzabilità nel tempo, ma anche per sapersi adattare ad una molteplicità di contesti diversi. Un componente è quindi una sorta di oggetto indeterminato, capace di incorporare nella propria morfologia una pluralità di ipotesi tra loro simili, che si identificano più per la varietà che per l'omogeneità (Nebuloni and Rossi, 2017). Più alto è il valore della variabilità dei componenti, maggiore deve essere l'apertura e la dinamicità richiesta alla progettazione, anche in considerazione della possibilità che gli stessi vengano riprogrammati/sostituiti

relationship between time, design and environment, adaptive architecture frames a contemporary field of design that concerns the integration of innovative technologies and computational tools in the methods and processes of the same design, whose results are still far from mature. The issues and key factors that characterise it are as central in the research as they are poorly addressed in the profession, where more conservative choices are usual, thus limiting experimentation to marginal and extemporary contexts of architecture. Only by using an operational framework in which the design guidelines link together, at the same time, the aspects of design to those of construction and its continuous planning over time, will adaptability be able to find, in the future, a wider consensus among the different fields of the discipline. This will also encourage

the emergence of new experiences and specialisations.

NOTES

¹ As Brand (1995) states, the obsolescence of a commercial building façade is estimated at twenty years. In adaptive architecture, instead, this aspect becomes more variable, since its economic sustainability is a function of the technological level, the type of movement and the frequency of maintenance, which in such systems is usually monthly or annual (see COST Action research, TU Adaptive Façade Network, online resource).

² The set of multidisciplinary aspects involved in the use of digital systems in design and, particularly, the transition from a classic approach to an algorithmic one (from the domain of pre-processed forms to another one induced by the data system) requires

07 |



nel corso del tempo per rispondere a mutate o nuove esigenze. Ciò risponde ad una logica propria della matrice digitale, per cui ad una stessa struttura di base seguono più *output*, essendo il codice un dispositivo di corrispondenze non vincolato ad una forma o ad una scala specifiche (*ivi.*). Ne consegue che all'invarianza della parte strutturale di tali elementi, composta da sensori, attuatori e cinematicismi, la variabilità che contraddistingue una costruzione adattiva si relaziona in primo luogo alla interpretazione dei dati di *input* ed alla riprogrammazione del comportamento del sistema.

a redefinition of the designer's skills and the use of a learning-by-doing approach typical of the new forms of digital craftsmanship. This is to address its increasing complexity, such as the interoperability between environments and programming platforms that come into play in the project.

Se ad assumere centralità nella progettazione è il processo che descrive il comportamento del sistema, anziché i meri aspetti della sua configurazione, la lettura che lega l'obsolescenza di una costruzione adattiva al tipo e al livello di tecnologia incorporata, viene meno; così anche il rapporto con l'orizzonte temporale della costruzione. A caratterizzare la dinamicità propria di tali architetture non è quindi il solo movimento fisico dei componenti, quanto la sinergia tra gli elementi tecnologici ed il modello algoritmico, che permette di passare da un'idea statica di permanenza basata sulla forma, ad una aperta in cui la progettazione è continua nel corso del tempo.



| 08

Conclusioni

L'architettura adattiva inquadra un ambito contemporaneo della progettazione, che a partire dalla ridefinizione del rapporto tra tempo, progetto e ambiente, riguarda, in modo particolare, l'integrazione delle tecnologie innovative e degli strumenti della computazione nei metodi e nei processi della progettazione stessa, ed i cui risultati sono ancora lontani dall'essere maturi. I temi ed i fattori chiave che la caratterizzano sono tanto centrali nella ricerca quanto poco affrontati nella professione, dove, al contrario, a prevalere sono scelte più di tipo conservativo, limitando così la sperimentazione a contesti marginali ed estemporanei dell'architettura. Solo assumendo un *framework* operativo in cui i diversi aspetti della progettazione siano legati in un unico momento a quelli della costruzione e della sua costante programmazione nel tempo, il tema dell'adattività potrà trovare, in futuro, un più ampio consenso tra i diversi settori della disciplina e favorire l'emergere di nuove esperienze e specializzazioni.

NOTE

¹ Se nel caso di un edificio commerciale, come afferma Brand (1995), l'obsolescenza di una facciata è stimata in vent'anni, nell'architettura adattiva tale aspetto assume una maggiore variabilità, essendo la sua sostenibilità economica funzione del livello tecnologico, del tipo di movimento e della frequenza di manutenzione, che in tali sistemi è tipicamente mensile o annuale (cfr. COST Action research, TU Adaptive Facade Network, risorsa online).

² L'insieme degli aspetti multidisciplinari coinvolti nell'uso del digitale nella progettazione, ed in particolare la transizione da un approccio classico ad uno algoritmico (dove dal dominio di forme pre-elaborate si passa ad uno indotto dal sistema dei dati), necessita una ridefinizione delle competenze del progettista e l'adozione di approcci *learning-by-doing* tipici delle nuove forme di artigianato digitale. E ciò al fine di affrontarne la crescente complessità qual è ad esempio l'interoperabilità tra ambienti e piattaforme di programmazione che entrano in gioco nel progetto.

REFERENCES

- Brand, S. (1995), *How buildings learn*, Penguin books, London.
- Cache, B. (1995), *Earth Moves: The Furnishing of Territories*, MIT Press, Cambridge, p. 97.
- Carpo, M. (2011), *The alphabet and the algorithm*, MIT Press, Cambridge, p. 33.
- Fox, M. and Kemp, M. (2009), *Interactive Architecture*, Princeton Architectural Press, New York.
- Kolarevic, B. and Parlac, V. (2015), *Building dynamics: Exploring Architecture of Change*, Routledge, London, pp. 11-25.
- Leatherbarrow, D. (2015), "Making space for time", in Kolarevic, B. and Parlac, V. (Eds.), *Building dynamics: Exploring Architecture of Change*, Routledge, London, p. 28.
- Meagher, M. (2014), "Responsive architecture and the problem of obsolescence", *Archnet*, Vol. 8, MIT Press, Cambridge, pp. 95-103.
- Nebuloni, A. and Rossi A. (2017), *Codice e progetto. Il computazionale design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie*, Mimesis, Milano.
- Schnädelbach H. (2010), "Adaptive Architecture - A conceptual framework", in Geelhaa, J. et al. (Eds.), *MediaCity: Interaction of Architecture*, Weimar, pp. 523-555.
- Reichert, S. et al. (2015), "Meteorosensitive architecture", *CAD*, Vol. 60, pp. 50-69.
- Wiscombe, T. (2014), "Discreteness, or Towards a Flat Ontology of Architecture", *Project*, Vol. 3, Consolidated Urbanism, New York, pp. 34-43.