TEMPORALITATEA ÎN MODELAREA ARHITECTURALĂ
Către un cadru operațional în/cu timp

TEMPORALITY IN ARCHITECTURAL MODELLING
Towards an Operational Framework in/with Time

Adel AL BLOUSHI

adl.architetto@gmail.com

Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu", București, RO
"Ion Mincu" University of Architecture and Urban Planning Bucharest, RO

Rezumat

Problema timpului s-a aflat la baza gândirii arhitecturale de-a lungul secolelor, de la aliniamentele cosmologice și procesiunile ritualice din Antichitate, spațiile teatrale ale barocului, standardizarea timpului și a comportamentului din perioada modernității până la proliferarea diverselor instrumente de optimizare care simulează fizica clădirilor. Cu toate acestea, în etapa de proiectare, conceptele despre timp sunt reduse la metafore care leagă geometria statică de concepte temporale. Prima parte a acestei lucrări examinează abordările arhitecturale istorice privind timpul.

Partea a doua constituie o extrapolare, pornind de la tehnologia actuală, în special modelele de inteligență artificială (IA) de ultimă generație, precum și instrumentele imersive de reprezentare bazate pe realitate virtuală (VR), pentru a conceptualiza o abordare metodologică nouă care utilizează strategic timpul, spațiul și psihologia simulate, pentru a permite o interacțiune dinamică

Abstract

The issue of time has always been at the foundational level of architectural thinking throughout the ages—from antiquity's cosmological alignments and ritualistic processions to the Baroque's theatrical spaces, modernity's standardisation of time and behaviour, and present-day proliferation of various optimisation tools that simulate building physics. However, at the design stage, notions of time are reduced to metaphors that link what is essentially static geometry to temporal concepts. The first part of this paper examines historical architectural approaches to time.

The latter part of the paper extrapolates from current technology, particularly cutting-edge AI models and immersive VR representation tools, to conceptualise a novel methodological approach that strategically uses simulated time, space and psychology to allow for a dynamic interaction between designers, inhabitants and physical space across varying time scales. This, we argue,

10.54508/Argument.18.10

între proiectanți, ocupanți și spațiul fizic la diverse scări temporale. Susținem că acest lucru reprezintă o schimbare a modurilor de observare care va permite explorarea unor abordări importante de proiectare arhitecturală pe parcursul procesului de proiectare.

Cuvinte-cheie: teorie arhitecturală, arhitectură temporală, metodologie de proiectare, proiectare asistată de IA, simulare în timp real, simularea reacțiilor umane

represents a shift in observational modes that will allow for the probing of important architectural design approaches whilst designing.

Keywords: architectural theory, temporal architecture, design methodology, AI-assisted design, real-time simulation, human response simulation

Introducere

Dintr-o perspectivă metodologică, instrumentalizarea conceptelor reunite în mod vag sub termenii-umbrelă „temporal” și „dinamic/ism” pentru a produce artefacte arhitecturale sensibile, apte să integreze sau să simbolizeze aspectele temporale ale mediilor fizice, psihologice și culturale aflate în continuă evoluție se dovedește a fi o provocare. În discursul arhitectural, această provocare este departe de a fi nouă, iar o variantă a acesteia a fost formulată, printre alții, de Bruno Zevi, care a afirmat că „omului i-au trebuit mii de ani pentru a stăpâni spațiul arhitectural. [...] Vor fi necesare secole, poate chiar mii de ani, pentru ca omul să stăpânească principiul dinamic al spațiului în timp” (Zevi, 1978, p. 49).

O parte a problemei, s-ar putea spune, o constituie lipsa de claritate și transparență privind maniera integrării conceptelor de temporalitate în metodologia proiectării arhitecturale, adică nu doar ca simple figuri de stil sau intenții declarate. Discursul arhitectural a generat istorii și studii despre actori, idei, stiluri și tehnici individuale, ceea ce înseamnă că nu dispunem de un corpus substanțial de cercetări care să documenteze metodologiile. În presa de arhitectură observăm că descrierile proiectelor recente sunt în mare parte de natură retorică și rareori filosofică, păstrând metoda de proiectare propriu-zisă implicită —

Introduction

From a methodological perspective, instrumentalizing any or all the concepts loosely collected under the umbrella terms “temporal” and “dynamic/ism” to produce architectural artefacts that are sensitive to, integrate or symbolize the temporal aspects of continuously evolving physical, psychological and cultural environments proves to be challenging. In architectural discourse, this challenge is far from new, and a version of it was formulated by Bruno Zevi, among others, who argued that “it took man thousands of years to master architectural space. [...] It will take centuries, perhaps thousands of years, for man to master the dynamic principle of space in time” (Zevi, 1978, p. 49).

Part of the problem, one might reckon, is the lack of clarity and transparency as to the way concepts of temporality are explicitly integrated into the methodology of architectural design, in other words, not as mere rhetorical devices or stated intentions. Architectural discourse has produced histories and studies of actors, ideas, styles and isolated techniques, meaning that we do not have a robust body of work documenting methodologies. In contemporary architectural media we find that recent project descriptions are predominantly rhetorical in nature and, on the rare occasion, philosophical, keeping the actual design method

se pune accentul pe „ce” și „de ce”, mai degrabă decât pe „cum”.

Acest articol reprezintă o succintă încercare de a pune în discuție problema timpului ca aspect fundamental al proiectării arhitecturale, pentru care găsim numeroase dovezi în istoria, teoria și discursul arhitectural. Studiile istorice realizate de Zevi, Scully, Rykwert, Hoppin, Kruft și alții arată că, de la antichitate până în modernitate, arhitectura a abordat temporalitatea prin alinierea cosmică, secvența ritualică, ritmul liturgic, schimbarea condițiilor de lumină, procesiune, perspectivă și revelarea spațială în etape. De asemenea, acestea relevă faptul că sensibilitatea față de timp era considerată o parte integrantă a experienței arhitecturale, chiar dacă actul de proiectare rămânea ancorat într-o ordine geometrică formală, atemporală.

Teoria arhitecturală modernă, prin intermediul unor teoreticieni precum Le Corbusier, Zevi, Tschumi și Pallasmaa, încadrează arhitectura ca pe un proces desfășurat în timp, punând accentul pe mișcare, percepție, eveniment și narațiune. Totuși, aceste contribuții au avut un caracter mai degrabă interpretativ decât operativ, întrucât au îmbogățit discursul arhitectural și intențiile de proiectare, dar nu au stabilit o metodologie de modelare care să integreze timpul într-un mod direct.

În practica contemporană observăm o integrare mai convingătoare a analizei temporale prin intermediul BIM și al simulării de mediu. Programele de simulare fizică a clădirilor bazate pe EnergyPlus, precum Ladybug Tools, modelează performanța clădirii prin calcule bazate pe timp și prezintă rezultatele sub formă de date temporale, însă impun un parcurs iterativ, prin care performanța simulată trebuie interpretată și apoi transpusă în rectificări.

Elementele recente din inteligența artificială, mediile virtuale și modelele computaționale privind emoția sugerează că modelele arhitecturale ar putea fi concepute

an implicit aspect of the design approach—the focus is on the “what” and “why” rather than “how”.

This article is a brief attempt to bring forth the question of time as a fundamental issue in architectural design, and we find ample evidence for that in architectural history, theory and discourse. Historical studies by Zevi, Scully, Rykwert, Hoppin, Kruft, and others show that from antiquity to modernity architecture has engaged temporality through cosmic alignment, ritual sequence, liturgical rhythm, and changing light conditions, procession, perspective, and staged spatial revelation. They also reveal that sensitivity to time was assumed as being an integral part of experiencing the architectural artefact even if the act of designing remained grounded in formal, timeless geometrical order.

Modern architectural theory, through theorists such as Le Corbusier, Zevi, Tschumi, and Pallasmaa, framed architecture as something unfolding in time, emphasizing movement, perception, event and narrative. However, these contributions were largely interpretive rather than operational, as they enriched architectural discourse and design intentions, but did not establish a modelling methodology that integrated time directly into the design process.

We find a more compelling integration of temporal analysis in contemporary practice through BIM and environmental simulation. Building physics simulation software based on EnergyPlus, such as Ladybug Tools, model building performance through time-based calculations and present their findings as temporal data. However, they force an iterative design workflow where the simulated building performance needs to be interpreted then translated into design revisions.

Recent developments in artificial intelligence, virtual environments, and computational models of emotion suggest that architectural models could be conceived

ca sisteme dinamice care reacționează la schimbarea de mediu, comportamentală și afectivă. Totuși, abordările curente rămân limitate de cercetarea fragmentată și absența implementării.

Studiile existente demonstrează că problemele legate de timp au făcut întotdeauna parte integrantă din discursul și practica arhitecturală, atât la nivel conceptual, cât și la nivel experiențial. Cu toate acestea, există în continuare un decalaj semnificativ între preocuparea teoretică îndelungată a arhitecturii față de temporalitate și capacitatea limitată a practicilor actuale, unde timpul se vrea a fi utilizat ca o condiție de proiectare imediată și continuă.

Vom arăta că preocupările legate de timp s-au tradus în concepte care descriu sau generează o geometrie statică la care s-au aliniat metaforic, în timp ce locul acestor preocupări a fost transferat observatorului care trăiește experiența respectivă. O presupunere dominantă, implicită în discursul arhitectural și, implicit, în practica de proiectare, a fost aceea că obiectele arhitecturale trebuiau să fie fundaluri statice, atemporale, pentru fenomenele comportamentale și cognitive efemere produse în timpul locuirii. Această presupunere este surprinsă concis de noțiunea vitruviană de *firmitas*, dar este implicită și în *utilitas* și *venustas*; ulterior, modurile de gândire despre obiectele arhitecturale par să consolideze dizolvarea timpului în alte concepte geometrice, până în prezent, când programele de simulare permit juxtapunerea geometriei statice care descrie artefactul peste un mediu virtual dinamic ce încorporează un concept fizic al timpului.

Mult mai subtilă și rareori discutată în discursul teoretic este reducerea dimensională necesară pentru a construi concepte referitoare la fenomene care se desfășoară în timp, dar care sunt gândite ca tipare sau forme ce au nevoie de o descriere geometrică pentru a deveni operaționale. Cu alte cuvinte, problematicile timpului sunt adesea transpuse în alte concepte, care, la rândul lor, sunt cartografiate, direct

as dynamic systems responsive to environmental, behavioural, and affective change. However, current approaches remain limited by fragmented research and lack of implementation.

Existing scholarship demonstrates that issues pertaining to time have always been integral to architectural discourse and practice, both at the conceptual level as well as the experiential. However, a large gap remains between architecture's longstanding theoretical engagement with temporality and the limited capacity of current design practices to operationalise time as an immediate and continuous design condition.

We will show that concerns about time have been translated into concepts describing or generating static geometry to which they aligned metaphorically, while the locus of such concerns was relegated to the experiencing observer. One predominant assumption implicit in architectural discourse and, consequently, design approach was that architectural objects needed to be the static timeless backdrops for the ephemeral behavioural and cognitive phenomena produced during lived inhabitation. This assumption is concisely captured by the Vitruvian *firmitas* but also implicit in *utilitas* and *venustas*; subsequent ways of thinking about architectural objects seem to reinforce the reduction of time to other geometric concepts, extending to the present day where simulation software allows the juxtaposition of static geometry describing the artefact over a dynamic virtual environment embedding a physical concept of time.

Much more subtle, and rarely talked about in discourse, is the dimensional reduction needed to construct concepts about phenomena that happen in time but are thought about as patterns or forms that need a geometric description to become operationalised. In other words, issues of time are often mapped to other concepts which are themselves mapped, directly or indirectly, to

sau indirect, în tehnici de modelare geometrică formală ce păstrează doar o legătură metaforică cu timpul. Susținem că acesta a constituit, de facto, modus operandi-ul proiectării arhitecturale din Antichitate, traversând Renașterea, Barocul, Expresionismul, Futurismul, Modernismul, Parametricismul și ajungând până la abordările iterative contemporane bazate pe simulare și pe tehnologiile BIM.

În a doua parte a articolului vom explora, extrapolând de la tehnologia curentă, o posibilă abordare a arhitecturii care vizează timpul în mod explicit. Primul gest conceptual pornește de la premisa că modelul arhitectural nu este niciodată static, chiar dacă produsul final construit ar putea fi. Susținem că aceasta este o posibilitate concretă oferită de inovația tehnologică actuală în domeniul reprezentării, mai ales prin simularea virtuală, atunci când este utilizată împreună cu instrumente asistate de inteligență artificială care permit simularea mediilor și a persoanelor în timp real, la un nivel de detaliu și rafinament fără precedent.

Acest studiu critic se înscrie într-un discurs amplu care reexaminează intersecția dintre teoria arhitecturală, metodologia de proiectare, cercetarea arhitecturală, progresele înregistrate în domeniul modelării computaționale și tehnicile de reprezentare inovatoare. Astfel, ne bazăm pe un spectru larg de teorii istorice și contemporane, precum și pe cercetări recente, pe metodologia contemporană de proiectare, pe abordări computaționale inovatoare pentru modelarea domeniilor de cunoaștere și pe tehnici de reprezentare inovatoare. Este un efort interdisciplinar de a reconsidera noțiunea fundamentală a timpului în metodologia de proiectare arhitecturală.

Recunoaștem limitele inerente ale unui studiu pe o temă atât de vastă și, prin urmare, domeniul de aplicare al acestui articol este limitat în mod conștient la o investigație speculativă privind modul în care progresele tehnologice recente pot contribui la valorificarea cercetării arhitecturale și a domeniilor conexe pentru

formal geometric modelling techniques that only retain a metaphorical connection to time. This, we argue, has been the de facto modus operandi of architectural design from ancient times through the Renaissance, Baroque, Expressionism, Futurism, Modernism, Parametricism and present-day iterative approaches based on simulation and BIM technologies.

In the second part of the article we will explore, by means of extrapolation from current technology, a possible approach to architecture that addresses time explicitly. The first conceptual gesture is to assume the architectural model is never static, even if the final built result might be. We argue that this is a tangible possibility of current technological innovation in representation, particularly virtual simulation, when used in conjunction with AI-assisted tools that make it possible to simulate environments and persons in real time at an unprecedented level of detail and richness.

This critical study is situated within a broad discourse that revisits the intersection of architectural theory, design methodology, architectural research, advancements in computational modelling and novel representational techniques. Thus, we draw on a broad spectrum of historical and contemporary theories, as well as recent research, contemporary design methodology, novel computational approaches to modelling knowledge domains, and novel representational techniques. It is an interdisciplinary effort to reconsider the foundational notion of time in architectural design methodology.

We recognise the inherent limits of a study on such a broad topic, and as such the scope of this article is consciously limited to a speculative investigation on how recent technological advancements can aid in utilising the corpus of architectural research and connected fields to address the issue of temporality at the design stage. Its purpose is

a aborda problema temporalității încă din etapa de proiectare. Scopul său nu este acela de a furniza o dovadă a conceptului și nici de a valida o aplicație finalizată prin teste empirice, ci de a articula o posibilă abordare interdisciplinară care să conecteze potențialul tehnologic cu gândirea arhitecturală și metodologia de proiectare. Prin urmare, afirmațiile noastre ar trebui interpretate ca propuneri pentru o discuție critică și investigații viitoare. Punctul forte al acestui studiu constă în faptul că permite o abordare critică și creativă a teoriilor, cercetărilor și tehnologiilor deja disponibile, dar care nu au fost încă pe deplin teoretizate în cadrul domeniului.

not to provide a proof of concept nor validate a finished application through empirical testing, but to articulate a possible interdisciplinary approach that connects technological potential with architectural thinking and design methodology. Our claims should therefore be interpreted as proposals for critical discussion and future investigation. The strength of this study is that it enables a critical and creative engagement with theories, research and technology that are already available but not fully theorised within the field.

Articolul arată că temporalitatea a modelat în mod constant gândirea arhitecturală, însă modelarea arhitecturală a rămas orientată în mare măsură către crearea și reprezentarea formei statice. Chiar și atunci când arhitectura abordează mișcarea, secvențialitatea, evenimentul sau durata trăită, aceste dimensiuni temporale sunt transpuse în relații geometrice fixe, în loc să fie integrate în mod semnificativ în metodologia de proiectare însăși. Mai departe, articolul constată că instrumentele contemporane de proiectare, precum platformele BIM, motoarele de simulare și mediile de realitate virtuală (VR), permit analiza comportamentului dinamic al clădirilor, însă rămân integrate în fluxuri de lucru iterative care păstrează concepția clădirii ca obiect static și atemporal.

The article shows that temporality has consistently shaped architectural thought, but that architectural modelling has remained largely oriented toward the creation and representation of static form. Even when architecture addresses movement, sequence, event, or lived duration, these temporal concerns are translated directly into fixed geometric relations rather than meaningfully integrating them into a design methodology. It further finds that contemporary design tools such as BIM platforms, simulation engines, and VR environments enable the analysis of dynamic building performance, yet they remain embedded in iterative workflows that preserve the conception of the building as a static, timeless object.

Pe această bază, articolul sugerează că progresele actuale în domeniul inteligenței artificiale, al simulării imersive și al modelării computaționale ar putea susține o schimbare de perspectivă, prin care clădirile să fie tratate ca obiecte temporale. O astfel de schimbare ar permite ca procesul de proiectare să ia în considerare nu doar performanța fizică, ci și tiparele de utilizare, schimbările de mediu și reacțiile umane simulate în timp real.

On this basis, the article proposes that current advances in artificial intelligence, immersive simulation, and computational modelling may support a shift toward treating buildings as temporal objects. Such a shift would allow design to engage not only physical performance, but also patterns of use, environmental change, and simulated human response in real time.

O scurtă istorie a timpului arhitectural

În antichitatea egipteană, mesopotamiană, greacă și romană, arhitectura funcționa, pe lângă aspectele sale sociale, ca o legătură cu ordinea cosmică (Kruft, 1994), încorporând astfel orientările stelare (și cunoștințele unui astronom sau astrolog) în proiectarea sa (Rykwert, 1976/2013), ceea ce lega arhitectura de fenomenele astronomice ciclice. Templele și spațiile sacre trebuiau descoperite printr-o procesiune temporală. Ideile de apropiere, prag și sanctuar interior (o zonă centrală a unei clădiri asociată cu intimitatea, autoritatea sau sacralitatea, separată spațial și ierarhic de zonele mai publice) ca experiență secvențială, au creat o narațiune temporal-spațială care aproape a forțat dizolvarea conceptului conform căruia clădirea era un obiect static, atemporal, ce putea fi înțeles pe deplin dintr-un număr finit de perspective (a se vedea, de exemplu, Kostof, 2010; Scully, 1969).

Cu toate acestea, arhitectura romană a pus accentul pe firmitas, concept preluat de la Vitruviu (1960), calitatea durabilității care asigura integritatea formală a arhitecturii în fața trecerii timpului și a acțiunii dinamice a elementelor naturii. Totuși, proiectele de infrastructură, precum drumurile, apeductele, forurile, arenele și băile, urmăreau să organizeze viața urbană cotidiană în ritmuri stabile (Kostof, 2010; MacDonald, 1982; Yegül & Favro, 2019), tipare sociale repetabile în timp, făcute posibile tocmai de calitatea „firmitas". S-ar putea adăuga că, întrucât artefactele construite puteau fi înțelese ca fiind statice, la fel se întâmpla și cu tiparele; fără complexitatea deplină a dimensiunii temporale, tiparele sociale puteau fi integrate în strategia expansionistă a statului.

În perioada medievală, relația dintre ritual și arhitectură a devenit din ce în ce mai semnificativă. Cu ajutorul arhitecturii, viața în perioada medievală era adesea organizată în jurul orelor canonice și al calendarelor religioase. Orientarea spre est și elementele arhitecturale,

A brief History of Architectural Time

In Egyptian, Mesopotamian, Greek and Roman antiquity architecture functioned, aside from its societal aspects, as a link to cosmic order (Kruft, 1994), thus incorporating stellar orientations (and the skills of an astronomer or astrologer) in its design (Rykwert, 1976/2013) which in effect tied architecture to recurring cyclic astronomical phenomena. Temples and sacred spaces were to be experienced through temporal processions. Ideas of approach, threshold and inner sanctum (a core zone of a building associated with intimacy, authority, or sacredness, set apart spatially and hierarchically from more public areas) as a sequential experience created a temporal spatial narrative that almost forced the dissolution of the concept that the building was a static, timeless object that can be wholly understood from a finite number of views (see, for example, Kostof, 2010; Scully, 1969).

However, Roman architecture emphasised firmitas, from Vitruvius (1960), the quality of durability that ensured architecture's formal integrity against the passing of time and the dynamic action of the elements. Nevertheless, infrastructural projects such as roads, aqueducts, forums, circuses and baths sought to organise everyday civic life into stable rhythms (Kostof, 2010; MacDonald, 1982; Yegül & Favro, 2019), repeatable social patterns through time, made possible by the very quality of firmitas. One might add that since built artefacts could be conceptualised as static, so could the patterns; without the full complexity of the temporal dimension, social patterns could be integrated into the state's strategy of expansionist order.

During the Medieval period, the relationship between ritual and architecture became ever more prominent. With the help of architecture, life in the medieval period was frequently organised around canonical hours and religious calendars. Eastward orientation and architectural devices

precum vitraliile, articulau lumina diurnă în schimbare, creând un ceas perceptiv, în care trecerea timpului era trăită (mai degrabă decât măsurată) prin intermediul calităților atmosferice schimbătoare ale spațiilor interioare. O evoluție notabilă a avut loc în muzica liturgică, care a profitat de reverberația puternică din interiorul bisericilor (Hoppin, 1978) — notele și cuvintele se extindeau în spațiu și timp până la punctul de rupere semantică și de maximă semnificație simbolică. O altă evoluție notabilă a fost multiplicarea rutelor de pelerinaj, cu opriri episodice pentru ritualuri și venerarea relicvelor, care au devenit un aspect important al planificării teritoriale, precum și al extinderii progresive a hegemoniei bisericii.

Pe parcursul Renașterii, arhitectura a acordat o importanță sporită proporției, ordinii și compoziției, concepute atunci în mod rațional și având o structură conceptuală atemporală. Perspectiva a fost inventată de Brunelleschi și a fost inițial considerată o dovadă incontestabilă că ideile arhitecturale raționale își păstrau raționalitatea chiar și sub efectul distorsiunii oculare (Alberti, 1485/1991, 1435/2005). Însă ulterior a fost privită mai degrabă ca un instrument de redare a unei scene trăite în timp, decât ca un unghi din care să se privească obiecte atemporale. O secvență de desene în perspectivă putea descrie, într-o manieră aproape cinematografică, o progresie prin spațiu. Temporalitatea barocă era produsă prin procesiuni planificate, schimbarea cadrului și revelații scenografice (a se vedea, de exemplu, tratatele lui Serlio, secolul al XV-lea e.n./2001).

Industrializarea din secolul al XVIII-lea și începutul secolului al XX-lea a ridicat conceptul de timp la rangul de principiu fundamental nu numai în logica producției și logistica transportului de mărfuri, ci și în viața cotidiană. Nevoia de a sincroniza și de a reprezenta cu precizie timpul peste teritorii vaste și în psihologia călătorilor a impus standardizarea timpului, a orarelor și a rutinelor. Acest lucru nu s-a aplicat doar rețelei feroviare și arhitecturii acesteia, ci și clădirilor instituționale, precum școlile, spitalele și

such as stained-glass windows articulated the changing diurnal light effectively creating a perceptual clock, where the passing of time is experienced (rather than measured) via the changing atmospheric qualities of interior spaces. A notable development happened in liturgical music that took advantage of the high reverberation of church interiors (Hoppin, 1978)—notes and words extended in space and time to the point of semantic breakage and maximum symbolic meaning. Another notable development was the multiplication of pilgrimage routes, with episodic stops for rituals and relic-adoration, which became an important aspect of territorial planning as well as the progressive expansion of church hegemony.

Throughout the Renaissance, architecture saw an intensified emphasis on proportion, order and composition, now rationally conceived and essentially timeless in their conceptual structure. Perspective was invented by Brunelleschi and was at first seen as a definite proof that the rational architectural concepts stayed rational under the distortion of the eye (Alberti, 1485/1991, 1435/2005), however, it was later regarded as a device to show a lived scene in time rather than an angle from which to view timeless objects. A sequence of perspectival drawings could describe, in an almost cinematic manner, a progression through space. Baroque temporality was produced via planned procession, changing vistas and staged revelations (see for example the treatises of Serlio, 15th C.E./2001).

Industrialisation between the 18th and early 20th century elevated the notion of time as a foundational principle not only in the logic of production and the logistics of moving goods, but also in the everyday life of the population. The need to synchronise and accurately represent time across vast territories and traveller psychologies made it necessary to standardise time, timetables, and routines. This was not true only of the railway network and its architecture, but also of institutional buildings such as

închisorile, unde compartimentarea spațială a consolidat ritmurile comportamentale programate în funcție de timp (Foucault, 1975/1995). Natura schimbătoare a vieții urbane cotidiene a devenit în sine un subiect de reflecție, dar și-a găsit locul și ca fiind un concept intuitiv în arhitectură și urbanism, cu interpretări estetice ale noțiunilor de viteză și accelerație în expresionism și futurism (Banham, 1980).

Timpul ca problemă arhitecturală

Deși implicațiile diferitelor noțiuni de timp se pot discerne ca principii organizatoare în proiectarea arhitecturală, interpretarea lor s-a bazat mereu pe o traducere în idei geometrice atemporale. Metodele de proiectare, de la antichitate până în prezent, presupun un artefact static care, cel mult, ar fi aliniat geometric la o metaforă centrată asupra timpului, ca și cum timpul ar trebui să treacă doar pentru locuitori, nu și pentru artefact, forma sa sau principiile sale geometrice. De exemplu, aspectele legate de desfășurarea secvențială ca experiență trăită devin concepte geometrice de adiacență, separare, axialitate și scară, care nu necesită în sine nicio noțiune de timp. Desigur, această gândire este contrară realității. Clădirile se schimbă, se degradează și, în cele din urmă, devin ruine sau sunt demolate. Cu toate acestea, fiecare schimbare semnificativă corespunde unei schimbări de tip; cu alte cuvinte, clădirea însăși este reclasificată pe axele cadrului utilizat în tipologia arhitecturală – de obicei, tipologii funcționale, formale sau stilistice. Conceptul de tip în sine, în cadrul oricărei tipologii arhitecturale, nu poate ține cont de aspectele temporale. În practica contemporană, schimbarea în sine este tratată ca o realitate inevitabilă care (de obicei) nu poate fi prevenită în etapa de proiectare.

Întrucât conceptul de timp a fost mai bine înțeles prin corelarea sa cu alte concepte matematice instrumentale, precum coordonatele sau parametrii, sau ca un concept care constituie o necesitate fundamentală privind

schools, hospitals, and prisons, where spatial partitioning reinforced time-scheduled behavioural rhythms (Foucault, 1975/1995). The changing nature of everyday urban life became an issue for contemplation but also found its way as an intuitive concept in architecture and urban planning, with concepts of speed and acceleration finding their aesthetic interpretations in Expressionism and Futurism (Banham, 1980).

Time as an Architectural Problem

While the implications of varying notions of time are discernible as strong organizing principles in architectural design, their interpretation has always relied on a mapping to timeless geometric ideas. Design methods from antiquity to the present presuppose a static artefact that would at most be aligned geometrically to a time-centric metaphor, as if time should only pass for the inhabitants, not for the artefact, its form or its geometric principles. To give an example, issues of sequential procession as lived experience become geometric concepts of adjacency, separation, axiality, and scale that do not need in themselves any idea of time. Of course, this way of thinking is contrary to reality. Buildings do change, deteriorate and eventually become ruins or are demolished. However, each significant change corresponds to a change in type, in other words, the building itself gets reclassified on the axes of the framework used for architectural typology—typically functional, formal or stylistic typologies. The concept of type itself, within any architectural typology framework, cannot account for temporal issues. In contemporary design practice, change itself is treated as an unavoidable reality that cannot (usually) be pre-empted at the design stage.

As the notion of time was better captured by casting it to other instrumental mathematical concepts such as coordinate or parameter, or as a concept constituting a fundamental necessity of thinking about phenomenal

experiența fenomenală în arhitectură (Pallasmaa, 2005), numeroase abordări arhitecturale au fost testate și implementate, cu grade diferite de succes. Astfel, abordările intuitive de simbolizare a timpului prin exprimarea mișcării pot fi regăsite în formele ondulate și secvențele spațiale teatrale ale arhitecturii baroce. În mod clar, au constituit o trăsătură fundamentală a futurismului și a expresionismului (Kwinter, 2002). O altă ramură a gândirii despre mișcare a fost dezvoltată ulterior în arhitectura parametrică (Schumacher, 2008, 2016), unde timpul este parametrizat prin funcții matematice pentru generarea geometriei statice, care, cel mult, poate induce ideea de mișcare și fluiditate.

Utilizarea oricăror concepte legate de timp pentru a crea artefacte arhitecturale care să țină seama de evoluția și schimbarea continuă a peisajelor fizice, psihologice și culturale reprezintă o provocare considerabilă. În ciuda dificultăților cu care ne confruntăm la nivel teoretic fundamental privind conceptul de timp, ne confruntăm cu o opacitate metodologică. Cu alte cuvinte, nu este clar cum sunt integrate conceptele legate de timp în metodologia proiectării arhitecturale, dincolo de figurile de stil sau de intențiile declarate. De exemplu, celebra noțiune a lui Le Corbusier privind arhitectura care se desfășoară, prin mișcare, în fața ochiului ca un spectacol al formelor în lumină și timp (Le Corbusier et al., 1995) a fost intens discutată, la fel ca și „Promenade Architecturale" a arhitectului (Le Corbusier, 1931/1986). Aceasta din urmă este explicată de Le Corbusier ca o axiomă a proiectării și are o formă retorică, ceea ce înseamnă că, cel mult, oferă o intenție inteligibilă și, poate, o euristică inspiratoare, dar nu o metodă. O observație similară poate fi făcută în cazul multor descrieri de proiecte arhitecturale de la Le Corbusier încoace, unde se afirmă că circulația sau o secvență de spații are o calitate experiențială sau demonstrează un concept temporal.

Zevi discută ceea ce el numește „spațiul în timp" și despre modul în care acesta poate fi recunoscut în anumite

experience in architecture (Pallasmaa, 2005), numerous architectural approaches have been tested and deployed, to varying degrees of success. Such intuitive approaches to symbolising time through expressing movement can be found in Baroque architecture's undulating forms and theatrical spatial sequences, and was clearly an underlying feature of Futurism and Expressionism (Kwinter, 2002). Another branch of thinking about movement was later developed in parametric architecture (Schumacher, 2008, 2016), where time is parametrised via mathematical functions to generate static geometry, which at most can induce the idea of movement and fluidity.

Instrumentalising any concepts relating to time to produce architectural artefacts that take into account the continuously evolving and changing physical, psychological and cultural landscapes is a considerable challenge. Notwithstanding the difficulties we face at a fundamental theoretical level with the concept of time, we are faced with methodological opacity. In other words, it is unclear how concepts relating to time are integrated into the methodology of architectural design beyond rhetorical devices or stated intentions. For example, Le Corbusier's famous notion of architecture unfolding, through movement, before the eye as a spectacle of forms in light and time (Le Corbusier et al., 1995) has been much discussed, as was the architect's Promenade Architecturale (Le Corbusier, 1931/1986). The latter is explained by Le Corbusier as an axiom of design and has a rhetorical form, meaning that at most it offers an intelligible intention and perhaps an inspiring heuristic, but not a method. A similar observation can be made of any number of architectural project descriptions since Le Corbusier, where it is said that circulation or a sequence of spaces has an experiential quality or demonstrates a temporal concept.

Zevi discusses what he terms "space in time" and how it can be recognised in certain buildings from as early as

clădiri din perioada barocă și, cu certitudine, în arhitectura modernistă (Zevi, 1957, 1978); se pare că modul său de a identifica acest concept rămâne pe planul expresiei, respectiv al unei interpretări ulterioare a clădirii. Spațiul în timp, oricum ar fi experimentat într-o clădire, se presupune a fi rezultatul angajării arhitecților față de acest concept; chiar și acceptând această interpretare, este greu de imaginat ce fel de modelare integrează conceptul la modul concret și operativ, mai degrabă decât intuitiv. O situație similară apare în cazul analizelor lui Tschumi (1981/1994b, 1994a, 2005) asupra arhitecturii prin prisma mișcării, narațiunii, acțiunii sau evenimentului. În calitate de cadre analitice, acestea pot oferi perspective interesante, dar nu este foarte clar cum aceleași concepte pot fi utilizate în mod sintetic, cu alte cuvinte, cum pot fi folosite direct și operativ într-o metodologie de proiectare.

Merită remarcat faptul că metaforele care implică mișcarea sunt omniprezente în limbajul discursului arhitectural, unde clădirile sau elementele acestora sunt descrise prin aluzii la transpunerea mișcării în formă (Caballero, 2009). Poate că nu este surprinzător faptul că astfel de metafore ale mișcării sunt folosite și pentru a descrie o proiecție imaginativă a unui posibil artefact arhitectural. În astfel de compoziții metaforice observăm însă că descrierile construiesc în minte artefacte statice. Mai mult, fiind metafore descriptive, acestea nu sunt neapărat relevante în etapa de modelare, ci doar ca instrumente de comunicare post-modelare sau post-construcție. În această lucrare nu ne preocupă descrierile care implică mișcarea, fie ele metaforice, ci mai degrabă conceptele instrumentale, generative, care derivă dintr-o înțelegere a timpului.

Relația arhitecturii cu timpul, în etapa de modelare, se observă mai clar atunci când se ia în considerare evoluția secvențială a machetelor unui proiect, deoarece aceasta negociază și integrează diferite operații legate de concepte având o dimensiune temporală, chiar dacă doar metaforic. De exemplu, încercând să descopere tehnicile care stau la baza operelor lui Zaha Hadid, Abdullah, Bin Said și

the baroque, and most certainly in modernist architecture (Zevi, 1957, 1978), it seems that his identification of the concept still inhabits the plane of expression, or what can be read after-the-fact in a building. Space in time, however it is experienced in a building, is assumed to be a result of the engagement of architects with the concept; even allowing for that interpretation, it is hard to imagine what kind of modelling approach integrates the concept concretely and operatively, rather than intuitively. A similar situation arises with Tschumi's (1981/1994b, 1994a, 2005) analyses of architecture through the lenses of movement, narrative, action, or event. As analytical frameworks, they might offer compelling insights, but there is very little sense about how to use the same concepts synthetically, in other words, how to use them operatively and directly in a design methodology.

Worth noting is the pervasiveness of motion metaphors in the language of architectural discourse where buildings or their elements are described by means of alluding to the mapping of movement onto form (Caballero, 2009). Perhaps unsurprisingly, such motion metaphors are also used in describing an imaginative projection for a potential future architectural artefact. However, we observe that in such metaphorical compositions the descriptions mentally construct static artefacts. Furthermore, as metaphors of description, they may not be relevant at the modelling stage, only as communication devices post-modelling or post-construction. In this paper we are concerned not with descriptions involving motion, be they metaphorical, but rather instrumental, generative concepts deriving from an understanding of time.

Architecture's engagement with time, at the modelling stage, is more clearly seen when considering the sequential evolution of architectural models for a given project as it negotiates between and integrates different operations related to concepts that have a time dimension, even if only metaphorically. For example, in trying to uncover the techniques underlying Zaha Hadid's works, Abdullah, Bin

Ossen (2013) identifică operații precum eroziune, răsucire, spargere, distorsiune, fragmentare și așa mai departe. Acestea sugerează că se poate construi narațiunea unui obiect ipotetic inițial care trece printr-o secvență de transformări. O abordare mai explicită este utilizată de BIG în diagramele lor care narează grafic procesul de ideare al conceptului lor arhitectural (BIG Bjarke Ingels Group, 2010). Acestea sunt mai bine înțelese ca idealizări construite cu grijă decât ca relatări fidele ale proceselor de proiectare conceptuală. Totuși, trebuie să recunoaștem că, la fel ca artefactul construit, fiecare model din secvență, prin însăși starea sa de stază, poate cel mult (și rareori) să exprime urma devenirii sale.

Said and Ossen (2013) identify approaches such as erosion, twisting, shattering, distortion, fragmentation and so on. These suggest that one can construct the narrative of a hypothetical initial object that undergoes a sequence of transformations. A more explicit approach is deployed by BIG in their diagrams that graphically narrate the ideation process of their architectural concept (BIG Bjarke Ingels Group, 2010), which are better understood as carefully constructed idealizations rather than faithful accounts of conceptual design processes. Nevertheless, it must be conceded that, like the final built artefact, each model in the sequence, by virtue of its stasis, can at most (and rarely) express the trace of its becoming.

În ultimele decenii, odată cu răspândirea BIM (Building Information Modelling), au devenit la fel de răspândite și pachetele software de simulare, precum și metodologiile de proiectare pentru aproape toate aspectele relevante ale procesului arhitectural. Tehnicile de vizualizare pentru revizuirea proiectului, publicare și marketing erau odinioară imagini statice, apoi videoclipuri de prezentare scurte; astăzi este obișnuit să se dispună de o simulare interactivă a unui proiect, explorabilă în timp real, și chiar de o experiență imersivă cu ajutorul unei căști de realitate virtuală (VR). Aceasta din urmă a devenit posibilă cu dezvoltarea și disponibilitatea gratuită a tehnologiei motoarelor de jocuri (în special Unreal și Unity) și a plug-in-urilor conexe care permit transferul datelor din programele CAD sau de modelare 3D.

In recent decades, as Building Information Modelling (BIM) became almost ubiquitous, so did simulation software packages and design methodologies for almost all relevant aspects of the design process. Visualization techniques for design review, publishing and marketing used to be static images, then short presentation videos; nowadays it is common to have an interactive, real-time explorable simulation of a project, and even an immersive experience with a virtual reality (VR) headset, facilitated by the development and free availability of game engine technology (in particular Unreal and Unity) and associated plugins that allow data to be carried over from typical CAD or 3D modelling software.

Instrumentele de analiză structurală sunt indispensabile în procesul de autorizare și construcție. Dar, atunci când se pune accentul pe costurile de exploatare a clădirii, sarcina termică, costurile energetice, confortul mediului interior etc., sunt disponibile pachete software specializate de simulare, atât sub formă de plug-in-uri pentru programele CAD obișnuite, cât și ca produse independente. Populare în rândul arhitecților și în mediul academic sunt Ladybug Tools, o colecție de pachete software disponibile gratuit, open-source, dezvoltate de comunitate și validate pentru

Indispensable to the permitting and construction process are structural analysis tools. However, when the focus is also on building operation costs, thermal load, energy costs, indoor environment comfort, etc. specialized simulation software packages are available both as plug-ins to typical CAD programs and as standalone offerings. Popular among architects and in academia are Ladybug Tools, a collection of freely available, open-source, community-driven and validated software packages for Rhino Grasshopper created to support design decisions

Rhino Grasshopper, create pentru a sprijini deciziile de proiectare la diverse scări și etape (menționăm în treacăt că, în practică, sunt larg utilizate și alternative comerciale). Colecția oferă patru instrumente principale: Ladybug, Honeybee, Dragonfly și Butterfly. Acestea sunt destinate evaluării opțiunilor de proiectare într-o etapă timpurie și oferă analize privind expunerea la soare, lumina naturală directă, radiația solară, confortul termic interior sau exterior, priveliștea către exterior, umbrirea, expunerea la cer, sarcinile energetice de încălzire și răcire, cerințele privind sistemele de încălzire, ventilație și aer condiționat (HVAC), fluxurile de aer interioare și exterioare etc. În fereastra de vizualizare a aplicației gazdă sunt oferite diverse grafice, diagrame și moduri de vizualizare a rezultatelor, pentru a facilita înțelegerea și interpretarea de către arhitect (Ladybug Tools, 2025).

at various scales and stages (we note in passing that commercial alternatives are also widely used in practice). It offers four core tools: Ladybug, Honeybee, Dragonfly and Butterfly. These are intended for the evaluation of design options at an early stage and offer analyses of sun view, direct daylight, solar radiation, outdoor thermal comfort, views to the outside, shading, sky exposure, heating and cooling energy loads, HVAC requirements, indoor or outdoor thermal comfort, indoor and outdoor airflow, etc. Various charts, diagrams and result visualisation modes are offered in the host application viewport for ease of intelligibility and interpretation by the architect (Ladybug Tools, 2025).

Motoarele de calcul care stau la baza instrumentelor Ladybug (și a altor produse similare), EnergyPlus și OpenFOAM, sunt concepute în mod explicit pentru a utiliza timpul atât ca punct temporal în cadrul zilei solare, cât și ca durată în calcule și rezultate (EnergyPlus, 2025; OpenCFD, 2025). Instrumentele bazate pe acestea convertesc rezultatele în grafice, pentru ca proiectantul să poată evalua performanța proiectului pe durata studiată. Majoritatea datelor pot fi prezentate cu o segmentare temporală la o rezoluție determinată, de obicei pe ore și pe zile, dar pot fi și mai detaliate (de exemplu, pe secunde) sau mai puțin detaliate (de exemplu, anual). Proiectantul trebuie apoi să creeze strategii pentru a optimiza soluția propusă până la un randament dorit.

The computational engines behind these Ladybug Tools (and similar offerings), EnergyPlus and OpenFOAM are explicitly designed to use time both as a time-point in the solar day and as a duration in their calculations behind the scenes and output (EnergyPlus, 2025; OpenCFD, 2025). Tools that rely on them convert the outputs to charts for the designer to assess the performance of proposed building design over the studied timescale. Most data can be presented with associated time segmentation at some specified resolution, typically hourly and daily, but can also be more granular (e.g. seconds) or less so (e.g. yearly). A designer then must think of design strategies to optimise the proposed building solution up to some desired threshold.

Astfel de constrângeri impun conceptualizarea clădirii ca un sistem dinamic cu o dimensiune temporală pronunțată, însă toate obiectivele de proiectare dependente de timp trebuie apoi transpuse în strategii tipice care cuprind idei geometrice și operații formale. Desigur, intuiția joacă un rol în această transpunere, iar experiența o poate completa până la nivelul de expertiză. Cu toate acestea, nicio operație geometrică nu conține în sine informații legate

Such constraints force the conceptualisation of the building as a dynamic system with a strong time dimension, yet all time-dependent design goals must then be translated to typical strategies comprising geometric ideas and formal operations. Certainly, intuition plays a role in this translation, and experience can inform that intuition to the point of expertise. However, no single geometric operation carries within itself information relating to time, thus after

de timp, astfel încât, după o serie de modificări, trebuie să aibă loc o nouă evaluare — această abordare este în general denumită „iterativă”.

Un model computațional al locuitorului

Într-un articol anterior, am susținut că intrarea arhitectului într-o simulare virtuală completă și convingătoare a artefactului arhitectural ar permite un mecanism de feedback de calitate superioară, unde conexiunea metaforică dintre concept și obiect ar fi mai bine pusă în valoare în comparație cu instrumentele convenționale de reprezentare. Mai mult, s-a susținut că, întrucât o astfel de imersiune ar necesita un mod diferit de interacțiune cu obiectul arhitectural, scenariul optim (extrapolând din tehnologia actuală, în special învățarea prin întărire) ar fi acela care implică un asistent de inteligență artificială ce traduce intențiile în operații de modelare (Al Bloushi, 2024). Ceea ce nu a fost discutat sunt implicațiile profunde pe care o astfel de abatere de la tradiție le are asupra noțiunii de timp proiectat, aspect pe care vom încerca să îl tratăm în acest articol.

O ramură a cercetării se bazează pe relația strânsă dintre timp și limbaj în general și dintre timp și metaforele arhitecturale în special (atât ca intenții de proiectare, cât și ca descriptori). De interes imediat este punerea în practică a acestor descoperiri sau, mai explicit, modul de integrare a acestora în metodologiile de proiectare, cu accent pe etapa de modelare.

Tehnologia actuală permite o simulare relativ convingătoare a unui agent inteligent, cel puțin din perspectiva comunicării, o iluzie creată prin manipularea statistică ingenioasă a fenomenelor lingvistice (Contreras Kallens et al., 2023; Jones & Bergen, 2025; Su, 2025). Privind problema dintr-o perspectivă pragmatică, devine clar că utilitatea acesteia doar va crește odată cu progresul tehnologic. Este important să ne întrebăm dacă, încă din faza de modelare,

a number of changes, there must be another evaluation—this approach is broadly termed “iterative”.

A Computational Model of the Inhabitant

In a previous article, we argued that immersing the designing architect in a complete and convincing virtual simulation of the architectural artifact that is being designed would enable a higher quality feedback mechanism where the metaphorical connection between the concept and object would be better served when compared with traditional design representation tools. Furthermore, it was argued that since such an immersion would require a different way of interacting with the artifact, then the best-case scenario (extrapolating from current technology, particularly reinforcement learning) would be if tied with an artificial intelligence assistant that translated intentions to modelling operations (Al Bloushi, 2024). What has not been discussed are the profound implications such a departure from tradition has on the notion of designed time, which we will attempt to address in this article.

One branch of inquiry comes from the deep relationship between time and language in general and time and architectural metaphors (both as design intentions and descriptors) in particular. What would be of immediate interest is the implementation of those findings, or in other words, how they can become integrated into methodologies of design, with a special focus on the modelling stage.

Current technology allows for a relatively convincing simulation of an intelligent agent, at least from a communication perspective, an illusion brought forth by ingenious statistical manipulation of linguistic phenomena (Contreras Kallens et al., 2023; Jones & Bergen, 2025; Su, 2025). Looking at the issue from a pragmatic perspective makes it clear that there is a utility that will only increase with technological progress. One aspect worth considering

pot fi realizate reprezentări convingătoare ale persoanelor și societăților care co-evoluează în timp cu modelele arhitecturale.

Modelele computaționale ale emoțiilor (CME) sunt concepute pentru a simula răspunsul emoțional uman la stimulii din mediu, bazându-se pe teoriile cuprinse în literatura psihologică și neurologică. Practic, acestea conferă agenților simulați capacități afective care le permit să genereze sau să răspundă la semnale emoționale în cadrul interacțiunii lor cu mediul extern, iar acestea pot fi apoi raportate ca date utile pentru studii ulterioare (Osuna et al., 2020). Un pas în această direcție a fost efortul colaborativ de creare a modelului computațional al comportamentului uman numit Centaur (Binz et al., 2025), prin ajustarea fină a modelului Llama 3.1, un model lingvistic de mari dimensiuni (LLM) cu 70 de miliarde de parametri, oferit de Meta AI, pe setul de date Psych-101, care conținea date obținute de la 60 000 de participanți, în peste 160 de experimente.

Scopul proiectului Centaur a fost surprinderea comportamentului participanților, exprimat în limbaj natural, într-un mod generalizabil la noi contexte, sarcini și domenii. Binz et al. (2025) raportează îmbunătățiri față de alte modele cognitive și capacitatea modelului Centaur de a prezice comportamentele umane în experimente noi. De asemenea, aceștia sugerează că reprezentările interne ale modelului Centaur au început să semene cu activitatea neuronală umană, un efect colateral neplanificat și emergent (Binz et al., 2025).

Totuși, utilitatea unui model precum Centaur, antrenat să prezică comportamentul uman în condiții experimentale, oricât de generalizabil ar fi acesta, pare foarte limitată atunci când se ia în considerare necesitatea simulării în timp real a răspunsurilor cognitive și comportamentale umane la întregul mediu. Pe de o parte, experimentele trebuie să controleze variabilele, în timp ce reacțiile naturale sunt practic nelimitate; pe de altă parte, cercetarea

is whether there can be convincing portrayals of persons and societies co-evolving in time with architectural models at the modelling stage.

Computational Models of Emotion (CMEs) are designed to simulate the human emotional response to environmental stimuli, based on theories reported in psychological and neurological literature. In effect, they provide simulated agents with a layer of affective capabilities that allow them to generate or respond to emotional signals as part of their interaction with the external environment, which can then be reported as data useful for further study (Osuna et al., 2020). One step in that direction was the collaborative effort in creating a computational model of human response behaviour called Centaur (Binz et al., 2025), by fine-tuning Llama 3.1, a 70-billion-parameter large language model (LLM) trained by Meta AI, over the Psych-101 dataset, which contained data obtained from 60,000 participants over 160 experiments.

The hope behind Centaur was to capture the behaviour of the participants, expressed in natural language, in a way that was generalizable to new settings, tasks and domains. Binz et al. report an improvement over other cognitive models and Centaur's ability to predict human behaviours in new experiments. They also propose that Centaur's internal representations started to better resemble human neural activity as an unplanned and emergent side-effect (Binz et al., 2025).

However, the utility of a model like Centaur, trained to predict human behaviour under experimental conditions, as generalizable as it may be, seems very limited when considering the need to simulate in real-time the human cognitive and behavioural responses to the whole environment. On the one hand, experiments need to control for variables while organic responses are virtually unbounded; on the other, building environment research is

privind mediul construit este strict specifică domeniului și fragmentată. Nu pare să existe un set relevant de date pentru antrenarea unui model fundamental al reacțiilor cognitive și comportamentale umane la mediul construit.

Yang et al. (2024) propun un model CME pentru simularea și predicția experiențelor unei persoane într-un mediu virtual, în speranța că acesta va asista procesul decizional al proiectanților mediului urban. Un mod de a înțelege modelul este că acesta încearcă să coreleze categoriile de atribute de mediu, personalitate, dispoziție și scop cu categoriile de percepții și emoții, ținând cont în același timp de valorile ideale și de cele așteptate. Atributele de mediu descriu caracteristicile arhitecturale, peisagistice și de circulație. Cele cinci mari trăsături de personalitate (deschidere, conștiinciozitate, extraversiune, amabilitate, neuroticism) sunt utilizate pentru a descrie o persoană. Dispoziția se bazează pe teoria plăcerii, activării și dominanței (PAD). Categoria „scop" din studiul lor s-a limitat la cumpărături, plimbări și deplasarea cu trenul. Acestea au influențat apoi percepțiile (siguranță, dinamism, confort și lizibilitate) și emoțiile (analogul dispoziției). Percepția a influențat, de asemenea, starea de spirit, ținând cont și de noțiunea observatorilor privind valorile ideale și așteptate pentru siguranță, dinamism, confort și lizibilitate. Rezultatele modelului au fost validate de Yang ș.a. (2024) prin compararea cu rezultatele unui sondaj cu 192 de studenți de licență, cărora li s-au prezentat o serie de soluții alternative sub forma unor videoclipuri cu mediul virtual 3D.

Disponibilitatea unui model CME fiabil încă din faza de proiectare ar fi, fără îndoială, de o utilitate semnificativă. În ciuda limitărilor studiului realizat de Yang et al. (de exemplu, simplificarea excesivă a descriptorilor de mediu, precum și a percepțiilor și stărilor emoționale ale agenților), date sintetice ar putea fi generate pentru ajustarea fină a unui model LLM astfel încât să permită simularea prezenței simultane a mai multor agenți în mediul virtual în timpul proiectării acestuia, cu posibilitatea de a purta conversații

highly domain-specific and fragmented and there doesn't seem to exist a relevant compiled dataset for training a foundational model of human cognitive and behavioural responses to the built environment.

Yang et al. (2024) propose a CME model to simulate and predict a person's momentary experiences within a virtual environment, in the hope that it would provide decision-making support for the designers of the urban environment. One way to understand the model is that it tries to map the categories of Environment Attributes, Personality, Mood and Purpose to the categories of Perceptions and Emotion, while taking into account ideal and expected values. Environmental attributes describe architectural, landscape and circulation features. The Big Five personality traits (Openness, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness, Neuroticism) are used to describe a person. Mood is based on Pleasure, Arousal and Dominance (PAD) theory. The category of Purpose in their study was limited to shopping, walking, and taking the train. These then influenced Perceptions (safety, liveliness, comfort and legibility) and Emotions (analogue of Mood). Perception also influenced mood in a manner that also took into account the observers' notion of ideal and expected values for the safety, liveliness, comfort and legibility. The output of the model was validated by by Yang et al. (2024) against data from a survey on 192 undergraduate students that were shown a number of alternative design solutions in the form of videos of the 3D virtual environment.

Having a reliable CME model available while designing would undeniably be of significant utility. Notwithstanding the limitations of (Yang et al., 2024)'s study (for example it oversimplifies environmental descriptors as well as agent perceptions and emotional states), synthetic data could be generated to fine tune an LLM model in a manner that would allow the simulation of multiple agents inhabiting the virtual environment as it is being designed, such that conversations could be had with them in real-time.

cu aceștia în timp real. Este posibilă colectarea și integrarea de date suplimentare din alte studii sau surse. Acest lucru deschide posibilitatea de a modela computațional reacția emoțională la spațiile arhitecturale prin combinarea fluxurilor de date reprezentând măsurători subiective și obiective.

Recent, s-au realizat mai multe studii pentru a analiza interacțiunea dintre corpul uman și mediile construite și naturale (a se vedea, de exemplu, (Al Sayyed & Al-Azhari, 2025; Feng & Li, 2025; Fowler Davis & Davies, 2025; Miller et al., 2020)). Studii precum cel realizat de Llinares et al. (2025), în cadrul căruia 30 de participanți au explorat spații rezidențiale, iar reacțiile emoționale au fost evaluate folosind chestionarul PED, alături de semnale fiziologice (electroencefalogramă, variabilitatea ritmului cardiac și activitatea electrodermală), oferă informații valoroase, în ciuda eșantionului redus al studiului și a concentrării asupra spațiilor rezidențiale. Rezultatele acestor studii pot fi și ar trebui să fie utilizate pentru antrenarea și ajustarea modelelor, indiferent de provocările metodologice.

O trecere în revistă a celor mai populare abordări privind modelarea CME evidențiază două deficiențe importante: prima fiind legată de timp, iar a doua fiind legată de memorie. În forma lor actuală, modelele CME tipice asociază semnalele cu anumite categorii, fără a ține cont nici de istoria stărilor anterioare ale agentului, nici de dinamica schimbării stărilor.

În schimb, ele reduc un proces temporal extins la o forma comprimată, reprezentată de obicei printr-o singură valoare a „stării de spirit actuale". Se poate observa același lucru și în cazul semnalelor de mediu primite de agent, care, fiind privite ca niște instantanee, conțin informații temporale foarte lacunare; totuși, această limitare poate fi depășită dacă agentul ar dispune de o reprezentare internă a mediului cu o puternică dimensiune temporală, precum și de un model intern al timpului.

Further data collection and integration from other studies or sources would offer an opportunity to an opportunity to model the emotional response to architectural spaces synthetically and computationally by combining data streams representing subjective and objective measurements.

Recently, there have been several studies examining the interaction between the human body and designed or natural environments (see, for example, Al Sayyed & Al-Azhari, 2025; Feng & Li, 2025; Fowler Davis & Davies, 2025; Miller et al., 2020). Studies such as those by Llinares et al. (2025) where 30 participants explored residential spaces and emotional responses were assessed using PAD assessments were made alongside physiological signals (electroencephalogram, heart rate variability and electrodermal activity) provide valuable insights despite the study's small sample size and the focus on residential spaces. The results of these studies could and should be used for model training and fine-tuning despite methodological challenges.

An overview of the most popular approaches to CME modelling reveals two glaring shortcomings, the first being related to time and the second to memory. As they stand, typical CMEs are models that map signals to categories without taking into account a history of previous agent states nor the dynamics of the change in states.

Instead, they collapse what would have been an extended temporal process to a compressed representation, typically a single value of "current mood". A similar observation could be made of the environmental signals received by the agent, which, being best seen as snapshots, have very sparse temporal information; however, this could potentially be circumvented if the agent would have an internal representation of the environment with a strong temporal dimension as well as an internal model of time.

Două exemple notabile de modele computaționale ale emoției care includ o dimensiune temporală sunt EMA (Emotion and Adaptation) (Marsella & Gratch, 2009), care evaluează evenimente semnificative, nu doar stări ale mediului, și tratează emoțiile ca un rezultat dinamic al unor răspunsuri atât rapide, cât și lente (acestea afectează, la rândul lor, strategia unui agent); și WASABI (Simularea afectului pentru agenți cu interactivitate credibilă) (Becker-Asano, 2008), care folosește, de asemenea, PED să reprezinte stările emoționale, dar se concentrează pe schimbările lor în timp continuu, cu sau fără stimuli externi.

Two notable computational models of emotion that have a time dimension are EMA (Emotion and Adaptation) (Marsella & Gratch, 2009) which evaluates significant events rather than only environmental states and treats emotions as a dynamic result of both rapid and slower responses which in turn affect an agent's strategy; and WASABI (Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity) (Becker-Asano, 2008) which also utilizes PAD to represent emotional states but focuses on their continuous-time changes with or without external stimuli.

Limitele modelării comportamentului uman

Deși modelarea comportamentului uman cu ajutorul IA a înregistrat progrese remarcabile, modelele LLM, IA generativă și sistemele agentice demonstrând capacități fără precedent în simularea comportamentelor complexe, există limite fundamentale în ceea ce privește gradul de replicare a complexității cogniției și acțiunii umane. Comportamentul uman este adesea extrem de ambiguu și se opune formalizării computaționale, în special în cadrul grupurilor mari. Populațiile umane funcționează ca sisteme adaptive complexe, fundamental nedeterminate și, prin urmare, extrem de imprevizibile (Birhane, 2021, 2022; Jo et al., 2025; Kim, 2025).

Pe de altă parte, învățarea automată impune ordine statistică și predictibilitate; de asemenea, ea condiționează tipul de structuri informaționale menite să capteze datele privind comportamentul uman. Deși fenomenele fizice și biologice asociate comportamentului uman pot fi măsurate, nu există o modalitate formală adecvată pentru a crea o corespondență satisfăcătoare cu semantica comportamentală la nivel înalt, mai ales cu experiențele subiective.

Limits of Human Behaviour Modelling

While modelling human behaviour with AI has achieved remarkable advances, with LLMs, generative AI, and agent-based systems demonstrating unprecedented capabilities in simulating complex behaviours, there are fundamental limitation to how well it can replicate the complexity of human cognition and action. Human behaviour is often highly ambiguous and resists computational formalization, especially in large groups. As a system, human populations function as complex adaptive systems that are fundamentally indeterminate thus highly unpredictable (Birhane, 2021, 2022; Jo et al., 2025; Kim, 2025).

Machine learning on the other hand imposes statistical order and predictability; it also conditions the type of information structures that are to capture data on human behaviour. While physical and biological phenomena associated with human behaviour can be measured, there is no adequate formalism to create satisfactory correspondence with high-level behavioural semantics, let alone subjective experiences.

O abordare diferită a timpului în arhitectură: extrapolare din tehnologia actuală

Capacitatea de a simula cu precizie persoane reale ar oferi câteva posibilități interesante pentru arhitect în etapa de proiectare. De exemplu, dacă un arhitect proiectează o clădire rezidențială, ar fi util și ar putea economisi timp dacă ar primi un feedback instantaneu de la clientul simulat. Acest lucru este valabil mai ales în cazurile în care există mai multe părți interesate, cum ar fi membrii unei familii, unde fiecare membru ar putea avea preferințe contradictorii care nu pot fi rezolvate printr-o soluție comună, iar opiniilor diferite trebuie să li se acorde priorități diferite pentru diferite părți ale locuinței, în funcție de cine va folosi principal acel spațiu; soluția de proiectare pentru spațiile comune ar putea răspunde la cerințele mai multor membri, în timp ce cea pentru un dormitor ar putea răspunde doar la cerințele unui singur membru. Un alt avantaj suplimentar ar consta în pregătirea arhitectului pentru întâlnirea cu clienții reali, întrucât fiecare aspect al proiectului poate fi prezentat ca rezultatul unui proces de personalizare, în loc să fie ambalat în retorica ideilor formale universale sau în reinterpretarea arhitectului a așteptărilor generale din piață.

Fără îndoială, simularea unor persoane reale nu va fi niciodată perfectă, prin urmare observațiile corective ale clienților reali vor rămâne esențiale; cu toate acestea, odată cu posibilitatea feedback-ului din partea persoanelor simulate, procesul de proiectare arhitecturală s-ar fi schimbat semnificativ. Totuși, preferințele spațiale actuale reprezintă doar o stare temporară a dinamicii evolutive dintre o persoană și lucrările arhitecturale. Este valabil și pentru orice soluție comună sau compromis. În cazul unei locuințe, modul utilizării unui spațiu precum dormitorul se schimbă pe măsură ce locuitorul înaintează în vârstă sau se mută, oferind posibilitatea unei reamenajări (în birou, depozit etc.). Introducerea în ecuație a noțiunilor variate de timp permite câteva posibilități suplimentare interesante.

A Different Approach to Architectural Time: Extrapolating from Current Technology

Having an ability to accurately simulate real persons would offer a few interesting possibilities for the architect at the design stage. For example, if an architect is designing a residential building, it would be useful and potentially timesaving to get near-instantaneous feedback from the simulated client. This is especially true for the cases where there are multiple stakeholders, say the members of a family, where each member might have contradictory preferences that cannot be resolved by a common solution, and different priorities must be given to different opinions for different parts of the residence depending on who will primarily use that space; the design solution for common spaces could respond to input from multiple members, while that of a bedroom could respond to the input from only one. Another added advantage would be in preparing the architect for the meeting with the actual clients, as each aspect of the design solution could be presented as the result of a process of personalization rather than enveloped by a rhetoric about universal formal ideas or the architect's own interpretation of general market expectations.

Undoubtedly, simulating real persons may never be fully accurate, therefore corrective input from the actual clients would still be paramount; nevertheless, with the possibility of feedback from simulated persons the process of architectural design would have changed significantly. However, present spatial preferences are merely a snapshot in time of an evolving dynamic between a person and architectural artefacts. A similar statement can be made of any common solution or compromise. In the case of a residence, the way a space like a bedroom is used changes as its inhabitant grows older or eventually moves out, allowing the possibility of repurposing (into an office, a storage, etc.). Introducing varying notions of time into the mix allows for a few more interesting possibilities.

Pornind de la ipoteza unei simulări precise a persoanei, interacțiunea dintre mai multe persoane simulate poate fi observată și studiată. Pentru un arhitect, acest lucru ar însemna că, în loc să sondeze preferințele individuale și să calibreze proiectul în funcție de acestea, ar avea ocazia să observe modul în care fiecare persoană interacționează cu ceilalți locuitori, precum și cu alte obiecte din spațiile proiectate. Conceptele care decurg din tiparele emergente de utilizare și interacțiune pot fi extrase prin observație sau, cel puțin, pot apărea intuitiv. La nivelul intuiției arhitectului, astfel de concepte sunt posibile în prezent doar în cadrul studiilor de precedent, unde se pot observa tiparele agregate de utilizare socială pentru orice tip de clădire existentă, iar acestea pot fi apoi aplicate cu rezonabilitate unui nou proiect; o perspectivă destul de conservatoare asupra proiectării arhitecturale, care descurajează, într-o oarecare măsură, inovația în configurația spațială.

Under the assumption of an accurate simulation of a person, the interaction between multiple simulated persons can be observed and studied. For an architect this would mean that instead of probing for individual preferences and calibrating the design solution according to them, they would have the opportunity to observe how each person would interact with other inhabitants as well as other objects within the designed spaces. Concepts arising from the emergent usage and interaction patterns can be extracted via observation or at the very least arise intuitively. At the level of the architect's intuition, such concepts are currently possible only within the framework of precedent studies, where one can observe the aggregate social use patterns of any existing building type, which can then be reasonably projected upon a new design proposal; a rather conservative approach to architectural design that discourages, to some extent, innovation in spatial configuration.

După cum s-a subliniat mai sus, principiile organizatorice ale arhitecturii ar putea răspunde modelelor de utilizare care nu sunt presupuse din ipotezele încapsulate în tipul de clădire, fie ele idealizate așa cum sunt în ritualurile religioase, mediate empiric așa cum sunt în „Space Syntax", sau respinse în totalitate atunci când accentul este mai degrabă formal (precum casele timpurii ale lui Eisenmann), ceea ce caracterizează practicile actuale, unde arhitecții nu știu cine vor fi utilizatorii și nici cum se vor comporta aceștia. Cu alte cuvinte, în loc să forțeze tiparele de utilizare să se adapteze unei configurații spațiale, arhitectul are o oportunitate convingătoare să adapteze configurația spațială la tiparele de utilizare observabile, care pot fi prezise cu un oarecare grad de precizie.

In the manner outlined above, architecture's organizing principles could respond to usage patterns that are not presupposed from the assumptions encapsulated in a building type, idealized as they are in religious rituals, empirically averaged out as they are in Space Syntax , or discarded altogether whenever the focus is rather formal (such as Eisenmann's early houses), which is the typical modus operandi of current practice where architects simply do not know who the users will be nor how will they behave. In other words, instead of forcing usage patterns to fit a spatial configuration, the architect has a compelling opportunity to have spatial configuration follow observable usage patterns that can be hypothetically predicted with some degree of accuracy.

Pe lângă observarea tiparelor de utilizare, este rezonabil să se solicite ca efectele trecerii timpului să fie observabile și asupra clădirii virtuale. Potrivit celor menționate anterior, efectele dinamice ale elementelor, atât naturale, cât și artificiale, pot fi simulate cu un grad rezonabil de precizie, la diferite scări de timp. Abordările actuale sunt iterative,

Aside from observing usage patterns, it is reasonable to require that the effects of the passing of time be observable on the virtual building as well. As mentioned earlier, the dynamic effects of the elements, both natural and artificial, can be simulated to a reasonable degree of precision, as well as at various time scales. Current approaches are

parțial datorită naturii calculelor care necesită resurse computaționale intense și, prin urmare, o perioadă de timp semnificativă până la convergență. Timpul de așteptare pentru astfel de simulări se situează în general la nivelul orelor pentru o locuință obișnuită și al zilelor pentru un proiect complex. Pentru a schimba paradigma proiectării iterative, rezultatele trebuie prezentate arhitectului în timp real sau cu o latență redusă, permițând o asociere cognitivă mai bună între modificările de proiectare, chiar și cele minore, și schimbările în performanța clădirii.

Este puțin probabil să se reducă atât de substanțial complexitatea calculelor încât să se obțină rezultate în timp real, nici progresele următoare în domeniul tehnologiei informatice nu vor reduce timpul de calcul la ordinul milisecundelor sau chiar al secundelor. Dimpotrivă, pe măsură ce modelele noastre fizice se îmbunătățesc, cerințele de calcul vor crește. Pentru sarcini cu grad ridicat de paralelizare, este disponibilă utilizarea serviciilor cloud sau a clusterelor de calculatoare pentru a accelera semnificativ procesul (de exemplu, Autodesk Forma); însă costurile asociate nu sunt neglijabile.

Astfel, trebuie aplicată altă abordare, respectiv modelarea surogat, în cadrul căreia un model IA este antrenat să reproducă estimări rezonabil de precise în milisecunde sau secunde, folosind rezultatele software-ului de simulare. Viteza crescută semnificativ se obține în detrimentul preciziei, ceea ce înseamnă că validarea finală trebuie să se realizeze în continuare cu instrumente analitice specializate; de asemenea, ar putea fi necesară o investiție financiară inițială în echipamente capabile să ruleze local modele surogat; totuși, posibilitatea de a efectua experimente rapide cu rezultate în timp real, mai ales după modificări minore, ar contribui pozitiv la natura procesului de proiectare și ar putea conduce la inovații neprevăzute în metodologia arhitecturală.

iterative, partly due to the nature of the calculations that require intense computational resources and hence a non-trivial amount of time until convergence. The waiting time for such simulations are typically at the timescale of hours for a typical residence and days for a complex project. To change the paradigm of iterative design, the results must be presented to the architect in real-time or with short latency, allowing for a better cognitive association between design changes, even minor ones, and building performance changes.

It is unlikely that the calculation complexity can be so substantially reduced to allow for real-time results, nor will near-future progress in computer technology reduce the calculation time to the order of milliseconds or even seconds. On the contrary, as our physical models improve so will the computational requirements increase. For highly parallelizable tasks it is possible to rely on cloud services, or computer clusters, to significantly speed up the process (e.g. Autodesk Forma), however, the financial burden is not trivial.

Thus, another approach is needed, namely surrogate modelling, where an AI model is trained on the results of simulation software allowing it to learn how to reproduce reasonably accurate estimations in milliseconds or seconds. The significant speed increase comes at the cost of accuracy, meaning final validation still needs to be done with specialized analytical tools, and there also might be an initial financial investment in consumer hardware capable of running surrogate models locally, however, being able to perform rapid experiments with real-time results, especially after minor modifications, would contribute positively to the nature of design process and possibly lead to unforeseen innovation in design methodology.

Concluzii și cercetări viitoare

Acest articol a încercat să evidențieze faptul că noțiunile de timp sunt prezente în proiectarea arhitecturală cel puțin din Antichitate, uneori în mod explicit, dar adesea încorporate în abordările formale care s-au cristalizat de-a lungul experienței și expertizei umane: de la ideile timpurii privind alinierea cosmică, trecând prin preocupările ulterioare legate de secvențialitatea spațială, compoziție, distribuție și funcție, până la accentul pus în prezent pe simularea performanței clădirilor.

Până și discursul arhitectural își construiește conceptele și descrierile pe baza unor metafore temporale precum mișcare, deplasare, acțiune, eveniment etc. Se justifică investigarea dimensiunii temporale a metodologiei de proiectare arhitecturală pentru a clarifica modul în care conceptele de timp sunt instrumentalizate spre producerea de modele arhitecturale care dau naștere la artefacte construite, și constatăm că, în timpul proiectării, timpul este transpus direct în concepte geometrice statice care constituie expresia formală a modelului arhitectural.

Deși nu este practic să se ceară de facto construirea clădirilor dinamice, ca și cum ar fi mașinării deformabile cu un grad ridicat de libertate, în maniera „Walking, Instant și Plug-in Cities" propuse de Archigram în anii 1960, putem utiliza tehnologia actuală pentru a aborda mai bine aspectele legate de timp încă din etapa de proiectare. Programele de simulare fac deja acest lucru, într-o măsură limitată, pentru fizica clădirilor, în cadrul proiectării iterative. Progresele actuale în domeniul reprezentării și al inteligenței artificiale deschid calea către regândirea metodologiei de proiectare în sine. În esență, acestea pot extinde domeniile de simulare dincolo de fizică, pentru a include comportamentul, utilizarea și psihologia ca factori temporali de proiectare. Cu alte cuvinte, folosind tehnologia actuală, putem înțelege deja modelele de clădiri ca obiecte temporale, într-un sens limitat.

Conclusion and Further Research

What this article has sought to demonstrate is that concepts relating to time have always been present in architectural design at least since antiquity, sometimes explicit but oftentimes embedded in the formal approaches that have crystallised through human experience and expertise, ranging from early ideas of cosmic alignment, through later concerns of spatial sequentiality, composition, distribution and function, to present day focus on simulation of building performance.

Even architectural discourse builds its concepts and descriptions grounded on time-based metaphors of motion, movement, action, event, etc. It is justifiable to investigate the temporal dimension of architectural design methodology to bring some clarity on how concepts of time are instrumentalized to produce architectural models that result in built artefacts, and we find that during design time is directly translated into static geometric concepts that constitute the formal expression of the architectural model.

While it is certainly impractical to require buildings to be de-facto dynamic as if they were actual deformable machines with high degree of freedom in the manner of Archigram's Walking, Instant and Plug-in Cities proposed during 1960s, it is possible to utilize current technology to better address issues of time at the modelling stage. Modern simulation software already does that for building physics to a limited extent under the umbrella of iterative design approaches. Current advancements in representation and artificial intelligence open the door for re-thinking the design methodology itself. Fundamentally, they can expand the domains of simulation from physics to include behaviour, usage and psychology as temporal design considerations. In other words, using current technology we can already conceive building models as temporal objects in a limited sense.

Miza o reprezintă însăși metodologia de proiectare, care va fi transformată profund dacă reușim să extindem capacitățile de modelare și simulare dincolo de reprezentarea BIM a unui obiect atemporal, pentru a obține un model de clădire cu adevărat dinamic, populat cu un mediu și locuitori simulați, răspunzând în timp real la modificările proiectului. Importanța unei astfel de schimbări în capacitățile de modelare arhitecturală este multiplă. La un nivel fundamental, aceasta transferă inteligența de proiectare din domeniul intuiției și experienței arhitectului în domeniul fenomenelor observabile în timp real, schimbând natura evaluării, a criticii și a luării deciziilor în timpul proiectării. Implicit, aceasta impune instrumentalizarea tuturor cunoștințelor disponibile referitoare la construcție, utilizare, psihologie și mediu. În mod explicit, aceasta orientează cercetarea viitoare către coerență și compatibilitate, o problemă importantă în sine, având în vedere fragmentarea și incompatibilitatea cercetărilor actuale și anterioare, care au afectat domeniile discursului și cercetării arhitecturale.

Scopul acestei lucrări a fost mai degrabă speculativ decât demonstrativ. În mod evident, o direcție de cercetare ar fi crearea unor cadre prototipice care să concretizeze viziunea prezentată în această lucrare. Pentru a oferi o schiță succintă, un cadru operațional ar suplimenta datele tipice ale proiectului arhitectural (definirea programului, datele de mediu, constrângerile urbane și legale, obiectivele economice etc.) cu descrieri detaliate despre utilizatori și scări temporale mai explicite. Mediul de proiectare ar fi completat cu modele surogat capabile să transmită feedback rezonabil de precis privind performanța clădirii, cât și să simuleze comportamentul locuitorilor clădirii în timp real. Rezultatul unui astfel de cadru ar fi indicatorii de performanță și afectivi așteptați, precum și o inteligență arhitecturală mai cuprinzătoare.

O altă direcție de cercetare ar fi reexaminarea unor abordări interesante, precum „Promenada arhitecturală" a lui Le Corbusier (1931/1986, 1995), „Genius Loci" al lui

What is at stake is the design methodology itself, which will be fundamentally transformed if we manage to expand the modelling and simulation capabilities from a BIM-like representation of a timeless object in order to achieve a truly dynamic building model populated with simulated environment and inhabitants, responding in real time to design changes. The significance of such a shift in architectural modelling capabilities is manifold.
At a fundamental level it transfers design intelligence from the domain of intuition and past experience of the architect to the domain of observable phenomena in real-time, changing the nature of judgement, critique and decision-making while designing. Implicitly, it forces the instrumentalisation of all available knowledge pertaining to building, usage, psychology and environment. Explicitly, it forces future research towards coherence and compatibility, an important issue in and of itself seeing the fragmentation and incompatibility of current and past research that have plagued the domains of architectural discourse and research.

The scope of this paper was speculative rather than demonstrative. One obvious research direction would be to create prototypical frameworks that realise the vision outlined in this paper. To provide a brief outline, a potential operational framework would augment typical architectural project inputs (program definition, environmental data, urban and legal constraints, economic goals, etc.) with more granular user descriptions and more explicit temporal scales. The design environment would be augmented with surrogate models capable of relaying reasonably accurate feedback on building performance as well as simulating the behaviour of building inhabitants in real-time. The output of such a framework would be the expected performance and affective indicators as well as a more comprehensive design intelligence.

Another research direction would be re-examining interesting approaches like Le Corbusier's Architectural Promenade (1931/1986, 1995), Norberg-Schulz's Genius Loci

Norberg-Schulz (1980) și „Event Spaces" al lui Tschumi (1981/1994b, 1994a, 2005), în moduri inovatoare care să nu se bazeze doar pe intuiție, judecată estetică sau experiență personală. Este posibilă explorarea oricărei abordări sau teorii într-un mediu virtual, unde efectele asupra tiparelor de utilizare și asupra reacțiilor psihologice ale utilizatorilor pot fi simulate în timp real, obținându-se atât observații valoroase, cât și date, deoarece arhitectul observă interacțiunea, iar persoanele sunt simulate.

În cele din urmă, o direcție importantă de cercetare ar fi crearea unui repertoriu practic de cunoștințe de proiectare care să lege strâns deciziile de proiectare de schimbările dinamice ale comportamentului uman și ale experiențelor afective.

(1980) and Tschumi's Event Spaces (1981/1994b, 1994a, 2005) in novel ways that do not rely only on intuition, aesthetic judgment or personal experience. One could probe any approach or theory in a virtual environment where the effects on usage patterns and users' psychological responses can be simulated in real time, extracting both valuable observations and data, since the architect sees the interaction and the persons are computationally simulated.

Finally, an important research direction would be the creation of a pragmatic repository of design knowledge that more closely ties design decisions to the dynamic changes in human behaviour and affective experiences.

Referințe / References

Abdullah, A., Said, I., & Ossen, D. (2013). Zaha Hadid's techniques of architectural form-making. *Open Journal of Architectural Design, 1*(1), 1–9. https://doi.org/10.12966/ojad.11.01.2013

Al Bloushi, A. (2024). Models and artefacts / prompts and metaphors: Towards intentionality in AI-aided architectural design. *Argument, 16,* 2–24. https://doi.org/10.54508/Argument.16.01

Al Sayyed, H., & Al-Azhari, W. (2025). Investigating the role of biophilic design to enhance comfort in residential spaces: Human physiological response in an immersive virtual environment. *Frontiers in Virtual Reality, Volume 6-2025*. https://doi.org/10.3389/frvir.2025.1411425

Alberti, L. B. (1991). *On the art of building in ten books* (J. Rykwert, N. Leach, & R. Tavernor, Trans.). MIT Press. (Original work published 1485)

Alberti, L. B. (2005). *On painting* (C. Grayson, Trans.). Penguin Books. (Original work published 1435)

Banham, R. (1980). *Theory and design in the first machine age*. MIT Press.

Becker-Asano, C. (2008). *WASABI: Affect simulation for agents with believable interactivity* [Doctoral dissertation].

BIG Bjarke Ingels Group. (2010). *Bjarke Ingels Group projects 2001–2010.* Design Media Publishing Limited.

Binz, M., Akata, E., Bethge, M., Brändle, F., Callaway, F., Coda-Forno, J., Dayan, P., Demircan, C., Eckstein, M. K., Éltető, N., Griffiths, T. L., Haridi, S., Jagadish, A. K., Ji-An, L., Kipnis, A., Kumar, S., Ludwig, T., Mathony, M., Mattar, M., … Schulz, E. (2025). A foundation model to predict and capture human cognition. *Nature, 644*(8078), 1002–1009. https://doi.org/10.1038/s41586-025-09215-4

Birhane, A. (2021). The impossibility of automating ambiguity. *Artificial Life, 27*(1), 44–61. https://doi.org/10.1162/artl_a_00336

Birhane, A. (2022). *Automating ambiguity: Challenges and pitfalls of artificial intelligence.* arXiv. https://doi.org/10.48550/ARXIV.2206.04179

Caballero, R. (2009). Form is motion: Dynamic predicates in English architectural discourse. In K.-U. Panther, A. Barcelona, & L. L. Thornburg (Eds.), *Metonymy and metaphor in grammar* (pp. 277–290). John Benjamins Publishing Company. https://doi.org/10.1075/hcp.25.17cab

Contreras Kallens, P., Kristensen-McLachlan, R. D., & Christiansen, M. H. (2023). Large language models demonstrate the potential of statistical learning in language. *Cognitive Science, 47*(3), e13256. https://doi.org/10.1111/cogs.13256

EnergyPlus. (2025). *EnergyPlus.* https://energyplus.net/

Feng, J., & Li, Q. (2025). Investigate physiological and psychological responses to environment scenes, elements and components in different urban settings. *Scientific Reports, 15*(1), 3694. https://doi.org/10.1038/s41598-025-86448-3

Foucault, M. (1995). *Discipline and punish: The birth of the prison* (A. Sheridan, Trans.). Vintage Books. (Original work published 1975)

Fowler Davis, S., & Davies, M. (2025). Understanding the effects of social cohesion on social wellbeing: A scoping review. *International Journal of Public Health, Volume 70-2025.* https://doi.org/10.3389/ijph.2025.1607414

Hoppin, R. H. (1978). *Medieval music.* W. W. Norton.

Jo, K., Choi, J., Kim, K., Kim, S., Nguyen, D.-L., Vo, X.-T., Priadana, A., & Tran, T.-D. (2025). *Artificial behavior intelligence: Technology, challenges, and future directions.* arXiv. https://doi.org/10.48550/ARXIV.2505.03315

Jones, C. R., & Bergen, B. K. (2025). *Large language models pass the Turing test.* arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.23674

Kim, S. (2025). *Fundamental computational barriers prevent artificial intelligence from replicating human social cognition: A comprehensive theoretical and empirical analysis. Research Square.* https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6931938/v1

Kostof, S. (2010). *A history of architecture: Settings and rituals* (2nd ed.). Oxford University Press.

Kruft, H.-W. (1994). *A history of architectural theory: From Vitruvius to the present* (R. Taylor, E. Callander, & A. Wood, Trans.). Princeton Architectural Press.

Kwinter, S. (2002). *Architectures of time: Toward a theory of the event in modernist culture.* MIT Press.

Ladybug Tools. (2025). *Ladybug Tools.* https://www.ladybug.tools/

Le Corbusier. (1986). *Towards a new architecture* (F. Etchells, Trans.). Dover Publications. (Original work published 1931)

Le Corbusier, Jeanneret, P., Boesiger, W., Stonorov, O., & Bill, M. (1995). *Œuvre complète = complete works.* Birkhäuser.

Llinares, C., Nolé, M. L., Pérez-Martínez, M., Barranco-Merino, R., & Higuera-Trujillo, J. L. (2025). An exploratory neuroarchitecture study: Emotional responses to residential spaces using psychological and physiological indicators. *Vitruvio: International Journal of Architectural Technology and Sustainability, 10*(1). https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2025.24201

MacDonald, W. L. (1982). *The architecture of the Roman Empire* (Rev. ed.). Yale University Press.

Marsella, S., & Gratch, J. (2009). EMA: A process model of appraisal dynamics. *Cognitive Systems Research, 10,* 70–90. https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2008.03.005

Miller, H. N., Thornton, C. P., Rodney, T., Thorpe, R. J., & Allen, J. (2020). Social cohesion in health: A concept analysis. *Advances in Nursing Science, 43*(4), 375–390. https://doi.org/10.1097/ANS.0000000000000327

Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius loci.* Rizzoli.

OpenCFD. (2025, December 22). *OpenFOAM.* https://www.openfoam.com/

Osuna, E., Rodríguez, L.-F., Gutiérrez-García, J. O., & Castro, L. A. (2020). Development of computational models of emotions: A software engineering perspective. *Cognitive Systems Research, 60*, 1–19. https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2019.11.001

Pallasmaa, J. (2005). *The eyes of the skin: Architecture and the senses.* John Wiley & Sons.

Rykwert, J. (2013). *The idea of a town: The anthropology of urban form in Rome, Italy and the ancient world.* Faber & Faber. (Original work published 1976)

Schumacher, P. (2008). *Parametricism as style—Parametricist manifesto.* https://patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.htm

Schumacher, P. (2016). Parametricism 2.0: Gearing up to impact the global built environment. *Architectural Design, 86*(2), 8–17. https://doi.org/10.1002/ad.2018

Scully, V. (1969). *The earth, the temple, and the gods: Greek sacred architecture* (Rev. ed.). Praeger.

Serlio, S. (2001). *Sebastiano Serlio on architecture* (V. Hart & P. Hicks, Trans.). Yale University Press.

Su, W. (2025). *Do large language models (really) need statistical foundations?* arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.19145

Tschumi, B. (1994a). *Architecture and disjunction.* MIT Press.

Tschumi, B. (1994b). *The Manhattan transcripts. Academy Editions.* (Original work published 1981)

Tschumi, B. (2005). *Event-cities 3: Concept vs. context vs. content.* MIT Press.

Vitruvius. (1960). *The ten books on architecture* (M. H. Morgan, Trans.; Dover ed.). Dover Publications.

Yang, S., Dane, G., van den Berg, P., & Arentze, T. (2024). Influences of cognitive appraisal and individual characteristics on citizens' perception and emotion in urban environment: Model development and virtual reality experiment. *Journal of Environmental Psychology, 96,* 102309. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2024.102309

Yegül, F. K., & Favro, D. G. (2019). R*oman architecture and urbanism: From the origins to late antiquity.* Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9780511979743

Zevi, B. (1957). *Architecture as space: How to look at architecture.* Horizon Press.

Zevi, B. (1978). The modern language of architecture. Australian National University Press.