

LIMITLESS – PROIECTARE GENERATIVĂ/ LIMITLESS – GENERATIVE DESIGN

Călin CRUDU, drd. arh./PhD.c. arch.

calin.crudu@gmail.com

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

Rezumat

Proiectarea generativă duce la complexitate și diversitate. Practic, se explorează noi limite, fiind depășit hotarul celor actuale, indiferent dacă vorbim de: formă, performanțe, sustenabilitate etc. Mai mult, arhitectul este împins în a-și depăși *credo*-ul și de a fi inclusiv un coordonator al procesului digital care se bazează pe experimentare și cunoaștere, proces care poate stimula și propulsa capacitatea creativă spre noi culmi. Această nouă abordare de proiectare, care utilizează competențele tehnologice actuale, permite căutarea și interpretarea unor noi valențe ale spațiului construit și combate posibilele limite ale minții umane.

Cuvinte cheie/ Keywords

proiectare generativă, complexitate, ierarhie, topologie/
generative design, complexity, hierarchy, topology

Abstract

Generative Design leads to complexity and diversity. New boundaries are explored, as the current ones are exceeded, whether we refer to shapes, performance, sustainability etc. Moreover, architects are compelled to overcome their *credos* and to take on additional roles as coordinators of the digital process which is based on experiments and knowledge, a process that can stimulate and take creative capacities to new levels. This new approach in design, which employs current technological skills, allows for the search and interpretation of new capabilities of built spaces and extends beyond the possible limitations of the human mind.

Introducere

Obiectivul lucrării este de a surprinde tendința contemporană de tehnologizare și adaptare la noile tehnologii, văzând proiectarea generativă ca pe o metodă inovatoare de morfogeneză și organizare. Aceasta este un răspuns reactiv la ritmul accelerat de dezvoltare și al impactului pe care fondul construit îl are asupra mediului. Fără să ne mai surprindă, studii recente arată că sectorul construcțiilor exploatează în prezent o mare parte din resursele naturale, afectează biodiversitatea, produce o cantitate importantă de deșeuri, contribuind direct la creșterea nivelului emisiilor de dioxid de carbon.

În acest context, este vital să se diminueze efectele negative și o serie de măsuri au fost deja implementate. Industria devine tot mai preocupată de mediu, luând o serie de măsuri menite să încetinească și să reducă pe cât posibil efectele negative. Astfel, clădirile care folosesc tehnologii sustenabile și sunt eficiente energetic devin tot mai des întâlnite și primesc tot mai multă finanțare. Din fericire, această abordare a devenit o tendință din ce în ce mai susținută și finanțată de guverne. Suntem în fond împinși către mai multă responsabilitate în proiectare iar pierderile de orice natură, fie de teren, de resurse sau de energie ajung să cântărească tot mai greu.

Această schimbare influențează în mod direct și maniera de proiectare, căreia i se atribuie o serie de responsabilități și sarcini în plus, care conduc către folosirea tot mai multor tehnologii și softuri noi. Tehnologia informatică se află în expansiune devenind parte din tot mai multe domenii, lucru ușor de remarcat inclusiv în arhitectură, care se află în fața unor schimbări de paradigmă.

De câțiva ani, CAD (*Computer Aided Design*) și BIM (*Building Information Modeling*) au devenit uzuale, simplificând pe de o parte procesul de proiectare, dar totodată constituind sisteme complexe prin prisma nivelului ridicat de detaliere pe care îl oferă. Pe lângă aceste tehnologii, apar altele emergente care vin în completarea celor deja existente și care caută să inoveze, să experimenteze și încearcă să răspundă schimbărilor pe care le traversăm.

Pe parcursul lucrării voi vorbi despre Proiectarea Generativă din perspectiva unei tehnologii inovatoare, capabile să dea răspunsuri în contextul schimbărilor globale și tranziției proiectării de arhitectură către tehnologizare. Voi analiza circumstanțele în care proiectarea generativă își face loc în

Introduction

The purpose of this paper is to capture the modern trend towards technologization and digitalization, with Generative Design seen as a method of morphogenesis and organization. This method provides a response to the swift developing pace and the enormous impact of the built environment. Recent studies show that the construction sector consumes most of the natural resources and has long-term negative effects on biodiversity being highly responsible for carbon dioxide emissions and for generating a massive amount of waste.

In this context, it is vital to lower the negative effects and a range of measures have already been implemented for this purpose. The construction industry has started to change its approach, being more concerned about the impact on the environment, and some of the buildings now use sustainable technologies and have become more energy efficient. Fortunately, this approach has become a trend that is increasingly supported and funded by governments. We, as architects, are driven to act more responsibly and to try to avoid any kind of waste – of land, resources, energy and so on.

These changes have a significant impact on design practice, adding a series of new responsibilities and tasks that may lead to the use of new technologies and software programs. The IT industry is tremendously growing, being part of new domains, including architecture. At this stage it is fascinating to see how the design process faces these new paradigm shifts and how it embraces them.

Over the last few years, CAD and BIM have become mainstream, on one hand simplifying the design process, but on the other adding such complex systems. In addition to these technologies, there are other emerging technologies that aim to complement the existing ones and seek to innovate, experiment and respond to the changes we are confronted by.

This paper discusses Generative Design as an innovative technology, meant to answer the global changes and the transition to a more up-to-date type of design practice. It investigates the context where this technology comes into action and captures the main relevant characteristics of

industrie și voi surprinde caracteristicile pe care le consider definitorii pentru acest nou mod de proiectare, văzându-l ca pe o metodă de optimizare, eficientizare și explorare.

this new design method, meant to optimize, streamline and explore.

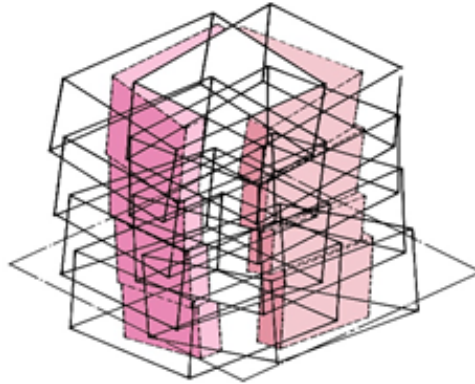


Fig. 1. Peter Eisenmann - Clădirea de birouri Nunotani/Peter Eisenmann - Nunotani Office Building
Sursa/Source: <https://eisenmanarchitects.com/Nunotani-Office-Building-1992>

Proiectare generativă

Proiectarea generativă reprezintă un fel de morfogeneză digitală care se adaptează la tehnologiile și tehnicile emergente. Într-un mod simplificat, proiectarea „reprezintă procesul planificării lucrurilor și asumarea și luarea unor decizii în crearea unor obiecte sau a unor sisteme” (Schwartz, 2020). Conceptul de *proiectare generativă* este folosit pentru a descrie automatizarea procesului de proiectare. Spre deosebire de proiectarea tradițională, care se concentrează pe rezultatul final al obiectului de arhitectura, în cazul proiectării generative, accentul este mai degrabă pus pe pașii din spațiile procesului care conduce la rezultatul final. E practic „ca un sistem de navigare GPS care ne propune rute diferite, iar noi suntem cei care luăm deciziile” (Schwartz, 2020). Primele manifestări de proiectare generativă pot fi regăsite la Antoni Gaudi sau Frei Otto, care interacționau cu diferite tipuri de modele pentru a explora forme alternative, greu de proiectat și vizualizat în perioada respectivă.

Generative Design

Generative Design is a digital morphogenesis that quickly adapts to newly emerging technology and techniques. In a more simplified way, the process of design means “the process of planning and envisioning the creation of objects or systems, or the results of that process” (Schwartz, 2020). The process of generative design is used to describe the digitalization of the design process. Unlike traditional design that is focused on the final object, this method pays more attention to the step-by-step process that leads to the final result. Basically, it is like “the GPS navigation systems that propose different routes - we decide which route to take” (Schwartz, 2020). The very first occurrences of generative design could be found in the creations of the Antoni Gaudi or Frei Otto, who interacted with different types of models, exploring the alternative shapes and forms that were difficult to design and visualize at that time.

Printr-un set finit de reguli, am putea produce toate formele posibile, lucru care ar duce la explorarea de noi posibilități pe parcursul proiectării ținând cont de constrângeri specifice. Aici intervin metode de optimizare, *Machine Learning*¹ și inovația Inteligenței Artificiale². Primele manifestări ale principiilor inteligenței artificiale în arhitectură pornesc din secolul al XVI-lea, când Filip al II-lea al Spaniei organizează un concurs pentru construirea unei catedrale în Madrid, care l-a avut în juriu pe arhitectul italian Giacomo Barozzi da Vignola. Din cele douăzeci și două de propuneri înscrise, nu s-a ales niciun câștigător, în schimb „juriul a colectat cele mai bune caracteristici din proiecte pe care le-a colat într-unul nou” (Basu, 2018, p. 1). Astfel, putem vorbi despre ideea de simbioză între arhitect și calculator, cel din urmă având avantajul unei foarte mari puteri de calcul, în timp ce omul vine cu intuiția și experiența și alege răspunsul optim la așteptările care au determinat căutarea și ia decizia. Proiectarea generativă este capabilă să învețe din propriile iterații și materializează ce a învățat pentru a obține soluții din ce în ce mai bune.

This new method of design may lead to a high number of possible solutions, which then need to be filtered and sorted. By employing a finite set of rules, we get all the possible shapes, which then enables the exploration of new designs that comply with specific constraints. This is where the optimization methods are introduced, namely machine learning¹ and artificial intelligence² innovation. The first anticipation of AI principles in architecture can be traced back to the 16th century, when Philip II of Spain organized a competition for designing a cathedral in Madrid, with the Italian architect Giacomo Barozzi da Vignola in the jury. Twenty-two proposals were submitted, but none of them was declared winner. Instead, the jury collected the best characteristics from all the projects and put them all together in a new project (Basu, 2018, p 1.). With the evolution of artificial intelligence in architecture, the idea of symbiosis between computers and architects is starting to emerge. While computers have the capability to produce a large number of solutions, the human mind will use intuition and experience to choose the optimal response to the actual needs and to make the final decision. Generative Design can learn from its own iterations and put into practice all the acquired knowledge in order to continuously improve its results.

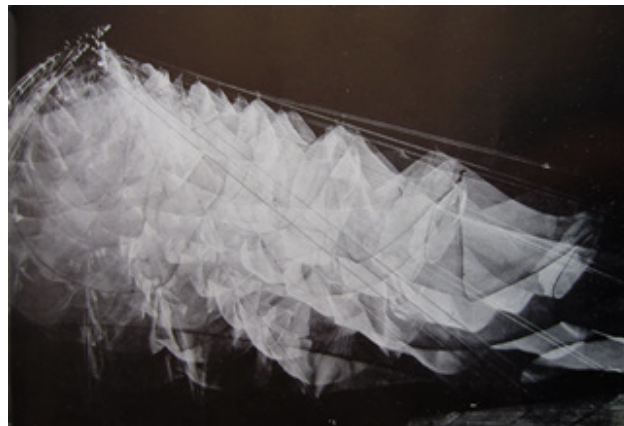


Fig. 2. Frei Otto - model.

Sursa/Source: <https://www.flickr.com/photos/bollops/8443732677>

Context

În anii '90, ca urmare a progresului tehnologic fulminant, o parte dintre arhitecți se îndreptau către computerizare și digitalizare, fapt care se va dovedi mai apoi declanșatorul unei noi paradigme în arhitectură. Clădirea-simbol, care demonstrează fascinația pentru era digitală ce urma să se anunțe, este Guggenheim-ul din Bilbao. Aceasta, printre puține altele la vremea respectivă, demonstra că ceea ce pentru arhitecți părea de neconceput, iar pentru ingineri de necalculat, putea fi realizat cu ajutorul calculatorului.

Este momentul când, prin capacitatea calculatorului de a prelucra orice bază de date, indiferent de dimensiune, se generează complexitate și diversitate de forme ale cădriilor. Se experimentează și se implementează noi tipuri de abordări arhitecturale, care se detașează ușor de proiectarea tradițională (reprezentare carteziană bidimensională și tridimensională). Arhitectul devine în tot acest proces, pe lângă „un om creator de formă, și un creator al procesului informatic” (Manoliu, 2011, p. 9). Folosirea noilor tehnologii a devenit tot mai fezabilă, iar programele au fost concepute astfel încât să imite modul de funcționare a creierului, având la bază principiile ale matematicii moderne. Curând s-a dovedit că această mimare a creierului uman restricționează capacitățile calculatorului care poate stoca date nelimitate, astfel încât ar fi mai bine să fie lăsate să-și urmeze logica proprie.

Dacă în anii '90, după cum aminteam mai sus, arhitecții testau pentru prima dată anumite tehnologii cunoscute acum sub numele generic de *digitalizare*, utilizarea lor în prezent a devenit indispensabilă. Funcțiile vaste ale programelor sunt capabile să înlocuiască și să simplifice unele acțiuni repetitive și conduc către o mai mare acuratețe și complexitate arhitecturală. Mai mult, ajută la îmbunătățirea criteriilor de performanță (structurale, constructive, economice etc.) care au fost considerate secundare până la sfârșitul secolului al XX-lea iar acum devin primare.

La scară globală, în toate domeniile se remarcă o adaptare la computerizare / digitalizare, iar noile tehnologii create și folosite cu ajutorul programelor informatice au determinat schimbări majore și abordări inovatoare. În mod particular, specialiștii în domeniu au revoluționat arhitectura și modul de proiectare prin folosirea *computational design*-ului și a inteligenței artificiale, avantajul fiind extinderea barie-

Context

In the 1990s, as a result of tremendous technological progress, some of the architects turned to digitalization and computation, triggering a new architectural paradigm. An iconic building that heralds the fascinating digital era is the Guggenheim from Bilbao. This was one of the few buildings at the time to prove that what was yet inconceivable for the architects and impossible to compute for the engineers could be accomplished with the help of computers.

The capacity of computers to process high amounts of data generates complexity and a diversity of building shapes. Experiments start to take place more often and new architectural approaches are being implemented, that are slightly detached from traditional design (bidimensional and tridimensional Cartesian system). The architect becomes more than “a form creator, also a creator of the computational process” (Manoliu, 2011, p. 9). The use of the new technologies becomes more and more feasible and the programs are designed to mimic the brain's mode of operation, built on the foundation of modern mathematics. Recent discoveries show that the mimicry of the human brain mentioned above, prevents the high capability of the computer that can store unlimited data, so it would be preferable for it to have its own logic. It is also fascinating to see the transition from experimenting to implementing.

While in the 1990s architects merely tested the new technologies that we now refer to as digitization, their usage has now become essential and is considered mainstream. Their broad range of capabilities can replace and simplify repetitive actions and can lead to more accuracy and architectural complexity. Moreover, they can help improve performance criteria (structural, constructive, economical etc.), which up until the end of the 20th century were considered secondary.

On a global level, all professional fields have adapted to digitization, while new technologies that were created and developed using computer programs have determined major changes and innovative approaches. In particular, professionals have revolutionized architecture and design methods by using computational design and artificial intelligence, the advantage being the expansion of the limits of imagination,

relor imaginației, descoperind, totodată, „posibile limite ale minții umane” (Manoliu, 2011, p. 23). În ultima perioadă se exploatează capacitatea soft-urilor de a lucra concomitent cu arhitecții, în sensul explorării și experimentării.

Relația dintre post-modernism și deconstructivism este de fapt fundația pentru arhitectura digitală contemporană. Se poate ajunge la o nouă formă de expresie. În cultura post modernă și a societății post-industriale reiese o paradigmă a performanțelor optime (Ruber, 2011, p. 87)

Este fascinantă intuiția programelor și modul în care, prin încercări succesive, reușesc în final să alcătuiască forme sau structuri complexe, fără a avea cunoștințe avansate de inginerie. Rezultatul evoluției procesului digital conduce în mod paradoxal către o imitație a naturii, algoritmi utilizați par să recurgă la analogii biologice, iar rezultatul apare ca un model organic care se detașează în totalitate de geometria carteziană. Detaliile care se observă la final par a fi imposibil de reprodus de specialiști „inuman sau postuman” (Carpo, 2017, p. 79).

Trăsături

Folosindu-ne de proiectarea generativă, se poate naște un număr foarte mare de soluții, la care trebuie adăugat un mecanism de filtrare și sortare. Pentru a putea înțelege acest proces este nevoie de aprofundarea principiilor și caracteristicilor ce stau la baza acestuia: complexitate, ierarhie, optimizare multi-obiectiv, pareto și topologie, despre care urmează să vorbesc pe parcursul acestui capitol.

Complexitate

Se ajunge astfel la sisteme complexe și dinamice care fac ca predicția să nu fie cea mai importantă, în raport cu pașii care trebuie definiți. Aceste sisteme sunt rezolvate cu ajutorul unor operații matematice simplificate care se repetă „complexitatea înseamnă simplitate” (Eisenman, 2020, interviu audio). Putem lua ca exemplu galeriile termitelor care reușesc să se organizeze și să construiască niște structuri emergente, printr-un efort colectiv. Pentru a înțelege sistemul complex din spatele galeriilor trebuie să-l facem ireductibil cu scopul de a vedea cum interacționează subsistemele care îl constituie. În această eră digitală, tehnologia tinde să

while identifying the possibility of limitations of the human mind (Manoliu, 2011, p. 23). In recent years, the ability of computer programs to work simultaneously with the architects has been exploited, in an experimental and developmental manner.

The relationship between post-modernism and deconstructivism is in fact the foundation of the contemporary digital architecture. We could reach new forms of expression. In the post-modern and post-industrial culture it appears an optimal performance paradigm. (Ruber, 2011, p. 87)

People are fascinated by the level of intuition of these programs and by the way in which they can design complex shapes and structures, with no advanced engineering knowledge, only through a series of consecutive trials. The evolution of this digital process leads, in a paradoxical way, to an imitation of nature, as if these algorithms used biological analogies and the result seems to be an organic model, which is entirely different from Cartesian geometry. The details which can be observed in the end seem to be impossible to reproduce by specialists “inhuman or posthuman”(Carpo, 2017, p. 79).

Features

Generative designs lead to a high number of possible solutions, which then need to be filtered and sorted. For a better understanding of the whole process, this paper explains the main principles and characteristics that shape this new technology: complexity, hierarchy, multi-objective optimization, Pareto and topology.

Complexity

Complex and dynamic systems are thus generated, which make prediction less important in relation to the steps that need to be defined. These systems are based on simple, repeated mathematical operations in a context where “complexity equals simplicity” (Eisenman, 2020). One example can be termite galleries, that manage to build complex structures in a collective effort. In order to understand a complex system, we first need to make it irreducible, with the aim of understanding how its subsystems interact. In this digital era, technology tends to give architecture a level of reductionism, often transforming it into a form of applied sciences.

ofere o formă de reduționism arhitecturii, uneori aceasta devenind doar un soi de științe aplicate.

Odată cu îmbunătățirea puterii de calcul, folosim sisteme din ce în ce mai elaborate (de exemplu geometria fractalilor, teoria hasolului, BLOBS, NURBS) iar ideea de spațiu se transformă. Arhitectura contemporană face apel tot mai des la matematică și științe, la fel cum se ajută de instrumentele culturale sau tehnice.

With the improvement of computational power, we can use increasingly complex systems (e.g. fractal geometry, chaos theory, BLOBS, NURBS) while the idea of space adapts. Contemporary architecture relies more often than before on mathematics and other sciences, in the same way in which it employs cultural and technical instruments.

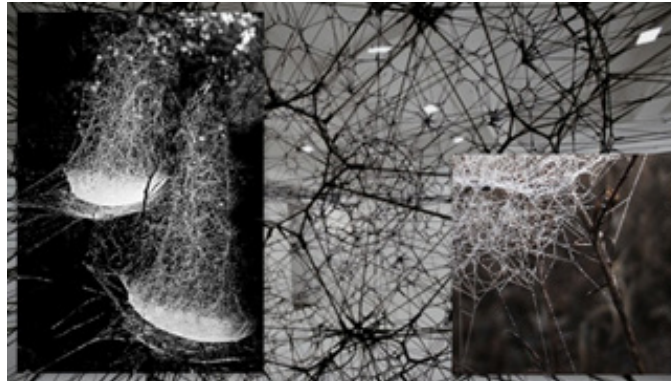


Fig. 3. Machetă/Model

Sursa/Source: <https://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20%20A%20New%20Global%20Style%20for%20Architecture%20and%20Urban%20Design.html>

Ierarhie

Ierarhia este un mod convenabil și eficient de a face față complexității care intervine în procesul de proiectare. În proiectare folosim ierarhia pentru a face față unor condiții amorphe și difuze ale problemelor cu care se confruntă. Practic rezultă o serie de subsisteme care sunt interconectate, independente una față de cealaltă, care pot fi ajustate într-un mod fezabil. (Ruber, 2011, p. 29)

Definiția ierarhiei în viziunea biologului evoluționist Richard Dawkins este dată de un set de condiții care satisfac două cerințe fundamentale. „În primul rând, nu există niciun element în set care să fie superior față de el însuși și există un element în set superior tuturor celorlalte elemente” (Ruber,

Hierarchy

Hierarchy is a convenient and efficient way of dealing with complexity in the design process. The designer constructs hierarchies to deal with the highly amorphous and diffuse conditions of the problems they are confronted with. Here the form making process is pictured as the action of a series of subsystems, all interlinked, yet sufficiently free of one another to adjust independently in a feasible amount of time (Ruber, 2011, p. 29)

The definition of hierarchy, according to evolutionary biologist Richard Dawkins, is given by a set of conditions which satisfies two fundamental requirements. “Firstly, there is no element in the set superior to itself and there is one element superior to all others in the set” (Ruber, 2011, p. 30). “Every ar-

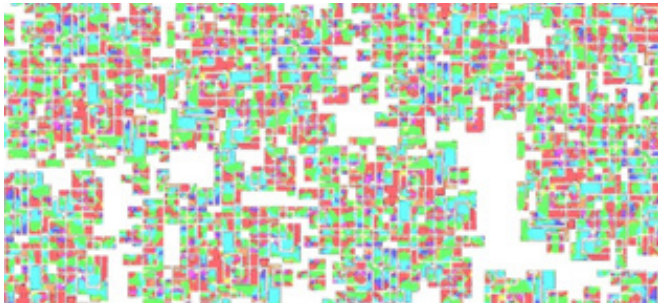
2011, p. 30). „Fiecare obiect arhitectural este o ierarhie de componente, cele mai mari fiind cele care le substituie pe cele mai mici” (Alexander, 1964, p. 43), cele mari fiind un *pattern* iar cele mici fiind *pieces*. Un exemplu similar este reprezentat de raportul între figură și formă.

Folosirea algoritmilor oferă posibilitatea schimbării între componente pe parcursul ierarhizării. Acest lucru înseamnă că, automat, procesul implică o acțiune de selecție a soluțiilor, adică un compromis. Tot acest proces poate fi repetat, prin procedura de *backtracking*, până când se ajunge la soluția care răspunde cel mai bine la problemă.

Algoritmii folosiți sunt algoritmi genetici, întâlniți și sub denumirea de evolutivi. Aceștia reușesc să aducă în sistem funcția de „învățare pe baza unor experiențe” (Rohrman, 2019, p. 15). Acești algoritmi euristici sunt inspirați din procesul evolutiv al selecției naturale și principiile geneticii. Practic, acest lucru are la bază trei principii care se repetă în mod consecutiv: generare, evaluare și evoluare.

Optimizare multi-obiectiv

Complexitatea procesului de design provine din faptul că pot fi satisfăcute o multitudine de criterii aflate în contradicție. De exemplu: pentru a putea crește confortul unui apartament ar trebui să mărim suprafața, dar în același timp o suprafață mai mare înseamnă și costuri mai mari. Tocmai din acest motiv, noul mod de proiectare folosește optimizarea de tip multi-obiectivă (OMO).



chitectural object is a hierarchy of components, the smaller ones being substituted to the bigger ones” (Alexander 1964, p. 43), where the bigger ones are a pattern and the smaller ones are pieces. A similar example is represented by the ratio between figure and shape.

Using algorithms, we have the possibility of changing system components during the hierarchization process. This means that the process automatically implies a series of selections of the solutions – a compromise. The whole process can be repeated using a backtracking procedure until we find the most appropriate solution to the initial problem.

The employed algorithms are genetic algorithms, also known as evolutive algorithms. These bring to the system the ability of “learning from experience” (Vilgertshofer 2019, p. 15). These heuristic algorithms are based on the evolutive process of natural selection and on genetic principles. Essentially, they are based on a series of consecutive repetitions of the following actions: generation, evaluation and evolution.

Multi-objective optimization

The complexity of the design process comes from the fact that several contradictory conditions can be met. For instance, in order to increase the comfort of an apartment we need to increase its surface, but at the same time, a bigger surface means higher costs. Because of this, this new way of designing uses multi-objective optimization (MOO).

Fig. 4. . Optimizare spațială – proiectare generativă/
Spatial optimization – generative design

Sursa/Source: <https://www.autodesk.com/autodeskuniversity/article/Generative-Design-Architectural-Space-Planning-2020>

Caracteristica acestei funcții este să ajungă la deciziile optime atunci când mai mulți factori se află într-o stare de conflict, plecând de la premisa că nu există nicio soluție care să optimizeze simultan fiecare obiectiv. Se ajunge la momentul în care nu mai putem îmbunătăți un obiectiv fără a deprecia un altul. Intervin ierarhia și compromisul. Prin urmare, nefiind o soluție care să satisfacă toate cerințele, ajungem la câteva soluții optime de tip Pareto.

Pareto

O soluție este numită Pareto: atunci când obiectivele ei pot fi îmbunătățite fără ca alte obiective să descrească. Principiul prevede că, pentru o mare parte din evenimente, aproximativ 80% din efecte sunt produse de 20% din cauze. Acest principiu a fost folosit pentru prima dată de un economist italian la sfârșitul secolului al XIX-lea, care a realizat că 80% din terenurile din Italia sunt deținute de 20% din populație. Translatând acest lucru în proiectarea de arhitectură, o decizie aparent neînsemnată poate influența o mare parte din procesul de proiectare. Așadar, pornind de la acest fundament, e important să identificăm acțiunile care contează cu adevărat și care conduc către rezultate.

Scopul proiectării generative este de a oferi o varietate de soluții care să fie în jurul limitei Pareto. Acest lucru ar permite omului, care este factorul decizional, să aleagă opțiunea favorită, știind că nu va putea fi optimizată mai mult de atât. (Rohrmann, 2019, p. 15)

Topologie

Topologia în arhitectură este reprezentată prin dinamica și complexitatea variației formelor, facilitată de tehnologie, de computer și de diverse software-uri. „Spațiul topologic diferă de cel cartezian și suprapune spațiul temporal cu cel formal” (Emmer, 2010, p. 341). Este locul în care se îmbină idei legate de geometrie, topologie, tehnologie și legătura dintre spațiu și timp. Într-un mod simplificat, putem înțelege topologia ca fiind studiul care se ocupă de proprietățile geometrice și relațiile cu spațiul, nealterate de schimbările formale. În tot acest proces, figurile geometrice își păstrează calitatea și proporțiile. În viziunea astronomului Henri Poincaré, „topologia este știința care ne introduce către proprietățile calitative

This function enables optimal decisions when decision factors are in contradiction, assuming that there is a possible solution that can simultaneously optimize all the objectives because at some point we can no longer improve one objective without depreciating another one. This is where hierarchy and compromise must be introduced. In the end, if we accept the fact that there is no possible solution that can satisfy all requirements, we start looking for optimal Pareto solutions.

Pareto

A solution with improved objectives that does not imply the decrease of other objectives is a Pareto solution. This principle states that, for a large number of events, 80% of the effects are produced by 20% of causes. It was first noticed by an Italian economist at the end of the 19th century, who found out that 80% of the lands in Italy were held by 20% percent of the population. Applying this information to the design process, it means that a small decision may affect the whole process. Therefore, having this in mind, it is quite important to identify the decisions that truly matter and may lead to high-impact results.

It is the goal of generative design to deliver a diverse set of solutions converging near the Pareto frontier. This enables a human decision-maker to pick a favorable design solution knowing that it cannot be optimized further. (Rohrmann, 2019, p. 15)

Topology

Topology in architecture is represented by the dynamics and complexity of shape variation, aided by technology, computers and specific software. “Topological ‘space’ differs from Cartesian space in that it imbricates temporal events-within form.” (Emmer 2010, p. 341) – it is the place in which ideas concerning geometry, topology, technology and the link between space and time mix. To put it into simpler words, topology is the study of geometric properties and the relationship between spaces, unaltered by formal changes. In this process, geometric shapes maintain their qualities and proportions. Astronomer Henri Poincaré stated that “topology is the science that introduces us to the qualitative properties

ale figurilor geometrice, mergând mult mai departe de geometria euclidiană” (Emmer, 2010, p. 337).

Toate aceste trăsături despre care am vorbit stau la baza proiectării generative pe care o putem privi ca pe un termen umbrelă, ce înglobează o serie de principii matematice, informatice și arhitecturale. Se referă la un ansamblu de reguli sau de metode de sinteză care vin în sensul explorării, deducerii sau derivării de planuri, configurații spațiale, forme ș.a.m.d. „Arhitectul nu mai desenează forme, ci încearcă să articuleze o logică definită de niște algoritmi, care vor genera o serie de posibilități, de unde poate alege ce se potrivește mai bine” (Kolarevic, 2003, p. 13).

of the geometric figures not only in ordinary space but also in more than 3-dimensional space” (Emmer, 2010, p. 337).

All the characteristics above may contribute to defining generative design, which we may consider an umbrella term that embraces a range of mathematic, computing and architectural principles. Furthermore, it relates to an assembly of rules or synthesis methods that support the exploration, deduction or derivation of plans, spatial setups, forms and so on. “The architect no longer draws forms, but follows a logic defined by some algorithms, which would generate a series of possibilities, where he can choose what suits him the best” (Kolarevic, 2003, p. 13).

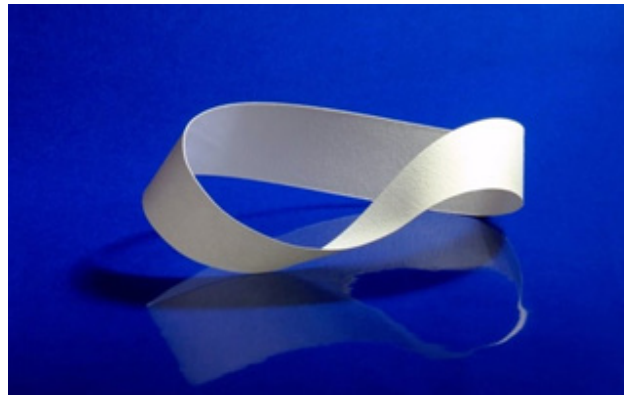


Fig. 5. Banda Möbius/Möbius Strip

Sursa/Source: <https://www.madamasr.com/en/2016/12/28/feature/culture/dancing-under-cover-of-a-fictional-rhythm/over-of-a-fictional-rhythm/>

O perspectivă antagonică

În prezent, proiectarea generativă face obiectul unor campanii intense de marketing care încearcă să o promoveze ca un mod inovativ de proiectare. Avem acces în prezent la numeroase aplicații ale modelului generativ, care prezintă rezultatele spectaculoase: spațiale, formale, funcționale și nu numai. Cu toate acestea, învățarea sa poate fi anevoiasă iar folosirea într-un mod neadecvat poate fi contraproductivă. Modul de lucru este unul nefamiliar, arhitectul fiind nevoit să

Another perspective

Currently, generative design is intensely marketed and promoted as an innovative and up to date way of designing. We have access to numerous applications of generative design which show spectacular results in relation to space, form and function, but learning how the whole process works may be very laborious and using this technology may be counterproductive. This way of working is unfamiliar to architects, forcing them to become a kind of programmer, able to build the

devină un fel de programator, care pune la punct algoritmul capabil să genereze și să sorteze soluțiile, în încercarea de a găsi rezultatele optime. Primul regres ar putea să fie algoritmul în sine deoarece arhitectul este direct responsabil pentru scrierea și rescrierea lui atunci când iterațiile oferite de program devin prea asemănătoare iar aceasta înseamnă timp și resurse suplimentare. Mai mult „calitatea nu substituie cantitatea” (Davis, 2020). În mod normal un arhitect ar putea să dezvolte câteva idei legate de o temă, în timp ce proiectarea generativă de regulă produce un număr foarte mare de soluții care mai apoi trebuie sortate cu grijă. Un alt factor este dificultatea în alegerea unei soluții. Conform *paradoxului alegerii*, prea multe variante pot duce la decizii greșite. Barry Schwartz spune că „atunci când numărul opțiunilor crește, alegerea devine o povară” (Schwartz, 2021, prefață).

Pentru toate aceste obstacole pe care le-am identificat se pot găsi soluții judicioase, însă de cele mai multe ori, acestea presupun timp suplimentar pentru a verifica și a ajusta programul în mod constant.

Concluzii

În opinia mea, se observă nevoia de a așeza acest nou tip de proiectare în relație cu contextul, având în vedere tendința contemporană de tehnologizare și adaptarea la noile paradigme. Trăim timpuri în care biologia devine bio-tehnologie, matematica se transformă în *computer science*, iar arhitectura tinde, uneori, spre inginerie. Mai mult ca oricând aducem în discuție performanța și optimizarea construcțiilor.

Programele informatice pot ajuta proiectarea în arhitectură și au în vedere valențele interpretării omului și/versus interpretarea calculatorului. Făcând o paralelă cu cele de mai sus, pentru arhitect univocitatea unei soluții funcționale/estetice poate fi de la sine înțeleasă, în timp ce calculatorul are capacitatea interpretării la nesfârșit. În termeni informatici, omul folosește căutarea singulară sau *hill-climbing*, prin care o singură soluție evoluează folosindu-se de cunoștințele dobândite, în schimb calculatorul are capacitatea de a apela la algoritmi evolutivi, care pleacă de la mai multe soluții care suferă transformări simultan. Implicit, calculatorul reușește să prelucreză cu ușurință *big data*, explorează mult mai multe sensuri și conexiuni aproape infinite.

În linii mari, folosirea proiectării generative va trebui să țină cont de două principii. În primul rând, trebuie să aibă în ve-

algorithms that may finally generate and sort out the solutions, in the attempt to find the best results. The first setback could be the algorithm itself because the architect is directly responsible for writing it and re-writing it when the iterations provided by the program become too similar and this means additional time and resources. Secondly, “the quantity does not substitute the quality” (Davis, 2020). Usually, an architect can bring a few ideas about a project, but generative design will produce hundreds of them almost instantly and sorting them could become too difficult. Moreover, having plenty of iterations could make it difficult to select the right one. According to the *paradox of choice*, having too many alternatives can lead to wrong choices. Barry Schwartz states that when the number of options increases, the choice becomes a burden.

For all of the issues mentioned above that could harm the design process, there are workarounds and solutions but it often takes additional time to check the script and to constantly adjust it.

Conclusions

In my opinion, it is necessary to place this new method of designing in context, bearing in mind the modern tendency of embracing technologies and adapting to new paradigms. We live at a time when biology becomes biotechnology, mathematics becomes computer science and architecture tends towards engineering. Building performance and optimization are discussed more than ever before.

Those programs support architectural design and take into account the possibilities of human versus computer interpretation. For an architect, the univocality of an aesthetic or functional solution can be obvious, while the computer has the capacity of endless interpretation. In computer science terms, people use singular tracking or hill climbing, searching for a single solution by using their own knowledge, while the machine relies on genetic algorithms, starting from several solutions that are simultaneously transformed. Therefore, the machine manages to easily process big data and explores many more meanings and almost infinite connections.

Broadly, the use of generative design should follow two principles. Firstly, the steps need to be defined and not the

dere definirea treptată a pașilor și mai puțin a formei finale, acest lucru asigurând luarea corectă a deciziilor. Proiectanții sunt cei care decid cum definesc ierarhia și ce anume doresc să cuantifice. În al doilea rând, intuiția arhitectului este în continuare punctul forte, chiar dacă multe acțiuni pot fi automatizate. Intervine liberul arbitru al acestuia ca rezultat al experienței profesionale și a viziunii. Evident, eficientizarea și automatizarea modului de lucru facilitează găsirea soluției optime în cel mai scurt timp, efortul constând, pe lângă cunoștințele aprofundate de arhitectură, în specializarea în domeniul informaticii.

În final, putem remarca că este nevoie și de *re-branding*, în sensul că „arhitecții ar trebui să se adapteze la această nouă realitate” (Schwartz, 2020) și să se folosească de oportunitățile și calitățile pe care le oferă progresul tehnologic.

final shape, in order to ensure a smooth decision-making process. The architects are the ones deciding how to define hierarchies and what needs to be quantified. Secondly, human intuition remains the key success factor because of the architect’s professional experience and vision, even though many actions can be automatized. Of course, workflow optimization and automation enable the best and fastest solution, but specializing in programming as well as architecture requires a considerable effort.

To conclude, it is clear that there is a need for rebranding, meaning that “architects should adapt to this new reality” (Schwartz, 2020) and take advantage of the opportunities and qualities offered/created by technological progress.

Referințe/References

- Alexander, C. (1964). *Notes on the synthesis of Form* - Harvard University Press.
- Basu, P. (2018). *Artificial intelligence in architecture: Generating conceptual design via deep learning* – Research Article, Volume: 16 issue: 4.
- Carpo, M (2017). *The Second Digital Turn – Design Beyond Intelligence*. MIT Press.
- Davis, D. (2020). *Generative Design is doomed to fail* – web article: <https://www.danieldavis.com/generative-design-doomed-to-fail/>
- Emmer, M. (2010). *The Idea of Space, from Topology to Virtual Architecture*. XIII Generative Art Conference – Politecnico di Milano, Italy.
- Kolarevic, B. (Ed.). (2003). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing* (1st ed.). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203634561>
- Manoliu, R.M. (2011). *Dialogul concretului cu virtualul în arhitectura modernă: metafora spațiului arhitectural*. Doctoral thesis – University of Architecture and Urbanism “Ion Mincu”
- Rohrmann, J. (2019). *Design Optimization in Early Project Stages - A Generative Design Approach to Project Development*. Lucrare de master – Technical University of Munich.
- Ruber, J. (2011). *Generative Process in Architectural Design*. Doctoral Thesis – The Royal Danish Academy of Fine Arts
- Schwartz, B. (2021). *Paradoxul alegerii. De ce mai mult este mai puțin* – Editura Curtea Veche.
- Schwartz, Y. (2020). *Generative Design is here to stay* – article: https://www.linkedin.com/pulse/generative-design-here-stay-yair-schwartz-phd/?fbclid=IwAR2Cfj_u8JGPr1UxpP9wbQh4IU7Fc2SMxRDKm_f-B6cAwAONYmGB78xqXBQ

¹ *Machine Learning* este o componentă a inteligenței artificiale ce presupune crearea unor sisteme care evoluează pe măsură ce primesc cantități din ce în ce mai mari de date/ Machine learning is the subset of artificial intelligence (AI) that focuses on building systems that learn – or improve performance – based on the received data. (<https://www.oracle.com/ro/data-science/machine-learning/what-is-machine-learning/>)

² Inteligența artificială (IA) este un termen folosit pentru sisteme ce sunt proiectate să imite inteligența umană/ Artificial intelligence (AI) refers to systems or machines that mimic human intelligence. (<https://www.oracle.com/ro/artificial-intelligence/what-is-ai/>)