

Emergentní navrhování.
Entomologické vzorové
modely v architektuře

Shota Tsikoliya

V tomto textu autor uvádí dva směry v biomimetickém výzkumu: poučení z biologické morfologie a poučení z biologických procesů. Tyto směry jsou definované a popsané na základě analýzy bionických výzkumných pavilonů ICD/ITKE z let 2013 až 2015. Autor uvádí rozdíly mezi těmito směry a zaměřuje se na jejich potenciál ve vztahu ke změně paradigmat navrhování. Způsob tvorby biologických struktur nevychází z notačních hierarchických metod pro člověka tradičních, ale může být popsán jako behaviorální multiagentní systém. Na základě jednoduše popsatelných a omezených pravidel dochází k emergenci, tedy ke spontánnímu vzniku makroskopických vlastností a struktur. Autor uvažuje o potenciálu aplikování podobných metod v architektuře a o emergentním designu.

Výhodou takového přístupu může být větší flexibilita a menší redundance návrhu, jelikož každý jeho prvek odpovídá momentálně existujícím podmínkám a požadavkům. Nevýhodou jsou jistá technologická omezení, která současně nedovolují uvažovat o širokém uplatnění podobných metod v architektonické praxi.

Živá příroda je jedním ze vzorů pro architektky po celou dobu existence architektonického myšlení. Mluvíme-li o biologických vzorových modelech a biomimetice, je třeba rozlišovat mezi imitací biologické formy a uplatňováním odpozorovaných biologických principů. Přestože imitace tvarů, proporcí nebo vzorů, které pozorujeme v živém světě má dlouhou tradici, biomimetika je relativně mladá vědecká disciplína, jež mohla vzniknout jen v období změn paradigmatu jak v biologii, tak v architektuře. První taková změna nastává v padesátých letech 20. století prací Ludwiga von Bertalanffyho *General System Theory: Foundations, Development, Applications* (Obecná teorie systémů: Základy, rozvoj, aplikace).¹ Klasický redukcionistický přístup moderní vědy, definovaný v pracích Demokrita a Descarta, narazil na svá omezení již dříve s rozvojem fyziky na přelomu 19. a 20. století. Vývoj kvantové fyziky a definice obecné teorie relativity později zpochybnily pojem kauzality, základu moderního vědeckého myšlení. Avšak především rozvoj biologie a studium živých organismů ukázaly nutnost systémového uvažování. Bertalanffy tvrdil, že deduktivní metody a zaměření na izolované případy není vhodné pro biologii, jelikož žádný živý organismus neexistuje izolovaně od prostředí, a může tedy být popsán pouze jako komplexní systém vztahů a interakcí. Obecná teorie systémů byla formulována jako univerzální vědecká disciplína popisující metody studia organizovaných celků.

Brzy nato systémové uvažování nachází své uplatnění v architektuře. Především v práci Christophera Alexandra měla teorie systémů velký vliv na uvažování o procesu navrhování. Alexander uváděl, že komplexní architektonický problém nejde vyřešit rozdělením na pod-problémy a souhrn řešení jednotlivých pod-problémů nevede k celkovému návrhu. Alternativou je

1. Ludwig von Bertalanffy, *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller, 1969.

2. Achim Menges – Sean Ahlquist (eds.), *Computational Design Thinking*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011.

3. Nicholas Negroponte. *Soft Architecture Machines*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1975.

4. Marshall McLuhan. *Understanding Media: The Extensions of Man*. New York – Toronto – London: McGraw-Hill, 1964. Český překlad: Týž. *Jak rozumět médiím: Extenze člověka*. Přeložil Miloš Calda. 2., rev. vyd., v Mladé frontě 1. Praha: Mladá fronta, 2011.

5. A. Menges – S. Ahlquist (eds.). *Computational Design Thinking*.

abstrakce celkového problému ve všech jeho souvislostech. I když pojetí architektury jako systému existovalo před vznikem výpočetních strojů, teprve s možnostmi, které přinesla digitalizace, se rozšířilo pojetí otevřených dynamických systémů. První grafické systémy pro výpočetní navrhování vznikly v šedesátých letech 20. století. Původní ambicí bylo napodobit existující programy pro účely statických výpočtů a použít je k řešení architektonických problémů. Příkladem z oblasti statiky je takzvané *form-finding*, tedy proces hledání optimálního tvaru skrze nalezení rovnováhy mezi všemi působícími silami. Avšak zjistilo se, že optimalizace jakožto hlavního cíle nelze dosáhnout vzhledem k množství a komplexitě požadavků, intencí a omezení, se kterými se potýká architektonický návrh. *Automatizovaný design* (automated design)² byl termín, který popisoval holistickou vizi počítačů schopných samostatně rozpoznávat a řešit architektonické problémy. Tento výzkum, mezi jehož iniciátory patřil i profesor MIT Nicholas Negroponte, položil otázku, do jaké míry by měl počítač kopírovat chování člověka při řešení architektonických problémů.³ Rozvoj kybernetiky, teorie systémů a strojového učení nabízel pojímat počítač ne jako nahrazení člověka, ale jako jeho nástavbu nebo prodloužení. Taková definice role počítače korespondovala s tehdy aktuální prací Marshalla McLuhana o roli média a s celkovou koncepcí vztahu mezi člověkem a strojem.⁴ Architektura tedy nebyla pouhým fyzickým objektem, nýbrž byla formulována jako komplexní interakce mezi materiálními charakteristikami, sociálními a ekonomickými vztahy a formováním prostorů, tvarů a struktur.⁵ Vývoj výpočetních metod v navrhování vedl ke změně uvažování o architektonických problémech. Nejde ani tolik o kvantifikaci dat, nýbrž o pojetí architektonické formy jako systému.

Systémové způsoby uvažování jak v biologii, tak i v architektuře dovolovaly zkoumat biologické vzorové modely a výsledky zkoumání použít k řešení architektonických problémů. Termín biomimetika je poprvé uplatněn americkým biofyzikem Otto H. Schmittem v padesátých letech 20. století. V rámci svého studia vytváří v roce 1934 tzv. *Schmittův klopný obvod* (Schmitt trigger), který vychází ze studia nervových systémů hlavonožců – navrhuje tedy technický nástroj, jenž replikuje chování biologického vzoru. Schmitt zastával názor, že tak jako biofyzika přistupuje k biologickým problémům na základě znalostí a nástrojů z oboru fyziky, tak biomimetika (nebo významově blízký pojem bionika) je založena na využití biologických znalostí k řešení technických a fyzikálních problémů.⁶

Biomimetika v kontextu architektury se snaží o abstrakci biologického vzorového modelu a užití jeho logických souvislostí k architektonickým problémům. V rámci tohoto přístupu se projevují dva základní směry. Prvním směrem je zkoumání biologické struktury, výzkum příčin, které stojí za jejím vznikem, charakter vycházející z těchto kvalit a aplikování těchto znalostí k architektonickým problémům. Druhým směrem je zkoumání biologických procesů, jejich formalizace jako soubor jednoduchých pravidel a následná aplikace k vytvoření emergentních behaviorálních modelů. Oba tyto směry mají následující základní stadia: výběr vhodného biologického fenoménu, jeho studium, abstrakce jeho kvalit, které spadají do oblasti zájmu, vytvoření abstraktního modelu, adaptace tohoto modelu k danému architektonickému problému a jeho aplikace. Principiálním rozdílem je však to, že první směr, inspirace morfologickými principy biologického vzorového modelu, je definován konkrétní a předem známou finální formou, odpovídá

6. Julian F. V. Vincent et al. „Biomimetics: Its practice and theory“. *Journal of The Royal Society Interface*. 2006, roč. 3, č. 9, s. 471–482. Též online [cit. 5. 12. 2015; publikováno 18. 4. 2006]. Dostupné z: <http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/royinterface/3/9/471.full.pdf>.

daným požadavkům a je málo adaptovatelný ke změně. Druhý směr, inspirace biologickými procesy, je definován pouze nelineárními pravidly, může být simulován, ale nemůže být jistě předvídan, je flexibilní, variabilní a adaptabilní. Charakteristické pro mnohé z biologických procesů, ať už jde o vznik živé látky, nebo tvorbu neživých struktur biologickými druhy, je absence centrální koordinace a emergentní charakter. Emergencí se rozumí spontánní vznik makroskopických vlastností a komplexních struktur, jež není snadné odvodit z vlastností jejich jednotlivých složek.⁷ Emergentní systém je tedy systém složený z mnoha částí chovajících se na základě jednoduchých pravidel, které ale ve výsledku vytvářejí komplexní společný *pattern*, jenž není jen souhrnem jednotlivých chování.

Vzorovým příkladem prvního směru je biomimetický pavilon ICD/ITKE z let 2013–2014. Důvodem pro inspiraci v biologické struktuře byla snaha vytvořit lehkou a zároveň pevnou konstrukci. Autoři pavilonu pokračovali v interdisciplinárním výzkumu na implementaci biologické kompozitní morfologie v architektuře, která již byla započata v předchozím pavilonu. Výsledkem pozorování široké škály biologických vláknových kompozit byl výběr krovek několika druhů brouků jako zvláště slibného vzorového modelu pro lehké konstrukce. Krovky, přední přeměněná křídla brouků, která kryjí zadohrudí a zadní blanitá křídla, se v průběhu evoluce vyvíjely jako dvojrstvé kompozitní skořepiny s vynikajícími strukturálními vlastnostmi, kterých je dosaženo skrze variaci směrů a organizaci vláken uvnitř kompozitů. Spolupráce s biology specializujícími se na morfologii hmyzu přinesla hlubší pochopení anizotropních charakteristik materiálu, který je složen z chitinných vláken, distribuovaných s různou intenzitou a v různém směru v proteinové matici.