

POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

BUILDING ROBOTIC SYSTEMS

Design of a Self-reconfigurable Discrete System with Sharable Actuators

Autor: Ing. arch. Jan Petrš

Školitel: Doc. Ing. arch. Miloš Florián, Ph.D.

Prolog. Pokud bychom navštívili knihovny a měli se možnost seznámit s obsahy odborných časopisů, jež vycházely ve čtyřicátých, padesátých, šedesátých letech minulého století, objevili bychom souvislosti mezi tehdy publikovanými příklady pronikání automatizace a robotiky do všech vrstev společnosti, včetně architektury, designu i urbanismu, a avantgardními směry současnosti. Procesy samosestavování, samopředstavitelnost a samoreplikace představují nevyhnutelnou revoluci, která stojí před naším fyzickým světem. Samopředstavitelnost naléhá na plánování a stavební průmysl, aby přehodnotily své procesy práce, abychom se ohlédlí zpět na to, co jsme se naučili z digitálních informací, biologie a mechanických počítačů, a postarali se o síly, které jsou v našich rukou. Nakonec budeme potřebovat stavět struktury větší, menší, přesnější nebo s menší spotřebou energie, než je dnes lidsky možné. Důvodem je vzrůstající síla projektového softwaru, rozšířená dostupnost digitálně řízené výroby a rostoucí komplexnost našeho zastavěného prostředí, což je v naprostém kontrastu k neefektivním technikám, na kterých je v současnosti postaven stavební průmysl. Dnešní procesy sestavování mohou být zásadně změněny díky inspiraci u biologických systémů, které vytvářejí struktury daleko komplexnější, s větší informační kapacitou a instrukcemi k sestavování, než klasické stavitelství dokáže současnými technologiemi. Pro přírodní systémy je charakteristický proces samosestavování, jež by se měl stát základním principem plánovaných samoreplikujících strojů a samopředstavitelných robotických stavebních systémů.

Doktorand Jan Petrš si zvolil jako téma své disertační práce stavební robotické systémy. Na počátku výzkumu prověřil několik konstrukčně-materiálových představitelných systémů a z výstupů vyplynulo, že pro stav současného bádání na poli samopředstavitelné robotiky, se jeví nejlépe oblast takzvané modulární robotiky. Na základě tohoto rozhodnutí definoval tři výzkumné hypotézy zaměřené na technické podmínky řešení, jež cituji: • *By sharing of actuators between individual modules, state-of-the-art modular robots can be made cheaper and lighter than current systems, while functionality remains the same.* • *Because reconfigurable modular robotic building systems facilitate reuse, the overall amount of materials, energy consumption, waste, and human resources used by the construction industry can be reduced if such systems are introduced in architecture.* • *Reconfigurable modular building systems can reduce requirements people demand for living spaces because reconfigurable living spaces can be modified to perform a variety of functions.*

Naplnění těchto podmínek inspirovalo k zajímavé aplikaci materiálového modulárního představitelného systému, kde tradiční kinetické systémy jsou nahrazeny takzvanou měkkou robotikou. V práci autorem představený samopředstavitelný systém MoleMOD je vyvíjen jako hybridní systém sestavený z multifunkčních pevných modulů, které jsou přestavovány flexibilními robo-komponenty. Koncept systému prezentuje proces hledání nejen vhodných designů modulárních robotů a struktur z různých materiálů, ale i „intelligence“, jež by měla na základě interakcí ovládat sestavování rozmanitých dílčích prostorových kompozic sestav až po finální samopředstavitelnou strukturu stavby. Uvažuje i životním cyklu, kdy stavební robotický systém může provést sestavení, samopředstavitelnost a rozložení bez vlivu na prostředí (minimalizace odpadu).

Dle mého, aby se naplnily předpoklady pro samopředstavitelné stavební robotické systémy, je potřeba naplánovat a synchronizovat čtyři fáze řešení a to jednoduché montážní sekvence, programovatelné komponenty, sílu aktivace a korekci chyb. Proto velmi hodnotím skutečnost, že doktorand se v průběhu výzkumu seznámil s problematikou strukturálního metabolismu, který naplňuje vlastnosti biologického metabolismu, jako je autonomní chování, sestavování, demontování a adaptabilita vůči nestabilitě. Problematika plánování spočívá v nastavení sekvence pohybů, které transformují počáteční jednoduchou sestavu do specifické sestavy. Proměnlivost robotického systému je důležitá pro struktury určené pro opakované přestavování z důvodu, že systém rozkládá strukturu do stavebních modulů a opětovně sestavuje tytéž stavební moduly do cílové struktury. Optimalizace topologie struktury je jedním z nejzajímavějších a zároveň obtížných problémů. Vývoj poznání akceleruje vývoj nových systémů, materiálů a struktur, jež získávají postupně inteligenci a chování na principu samoorganizace, samopředstavitelnosti a samoopravitelnosti. Možnosti sestavování se budou muset spoléhat na chytřejší komponenty, nikoliv na složité stavební stroje. Architektura, design a městské celky budou inspirované světem biologie. Metabolismus robotických systémů je proto dlouhodobým cílem, jež bude formovat charakter plánování.

Ze závěru a způsobu zpracování disertační práce vyplývá, že integrování v budoucnu vyvinutých algoritmů strojové inteligence do samopředstavitelných stavebních robotických systémů by mohlo otevřít prostor k metabolickému procesu, díky němuž by struktury různého měřítka mohly být autonomně sestavovány a demontovány tak, aby vyhovovaly měnícím se požadavkům podle zadání od obnovy infrastruktury, přes architektury, designy a městské celky až po výzkum vesmíru.

Architekt Jan Petrš, dle mého názoru, naplnil po teoretické, metodické, tvořivé a nástrojové stránce cíle, s nimiž do vypracování zadání své disertační práce šel. Nalezl odpovídající typ „scénáře“ pro naplnění obsahové a formální stránky tématu svého výzkumu. Finální výstup je ukázkou, jak by měl probíhat na univerzitě výzkumný proces: reflektuje současné trendy a autorským způsobem integruje moderní robotiku do procesu plánování architektury, designu a urbanismu. Na rozdíl od tuzemských univerzit typu CIIRCu, jež se zabývají mechanickou robotikou aplikovatelnou v průmyslu a při záchranářských aktivitách, přichází s autorským systémem MoleMOD, který aplikuje hybridní modulární robotiku a flexibilní materiály do architektury. Disertace je souhrnem prakticko-teoretických poznatků, které je třeba uvažovat při návrhu samosestavitelných architektonických struktur. Autor představil kompletně nový proces fungování modulárních robotických systémů, jenž mají za cíl ušetřit pořizovací náklady, pro jejich praktičtější využití v architektuře. Práce je základem pro takto fungující systém, a doporučuji, aby autorské dílo bylo dále rozvíjeno. Vznikla srozumitelná publikace, jež by stála za zařazení mezi studijní literaturu. Splňuje požadavky kladené na udělení odpovídajícího doktorského titulu.

Doporučuji disertační práci obhájit.

V Praze dne 30. 11. 2020

Doc. Ing. arch. Miloš Florián, Ph.D., v.r.

