

prof. dr hab.inż.arch. Wacław Celadyn

Kraków, 27.04.2020 r.

Politechnika Krakowska
Wydział Architektury
Instytut Projektowania Budowlanego
30-084 Kraków
ul. Podchorążych 1

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż.arch. Anny Stefańskiej
pt: "Kształtowanie generatywne w poszukiwaniu form strukturalnych
współczesnych obiektów pawilonowych"

Charakterystyka formalna pracy

Podstawę formalną opracowania stanowi pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Architektura i Urbanistyka Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej dr hab. inż. arch. Krystyny Solarek, prof.PW z dnia 27.02.2020 r. Podstawę merytoryczną stanowi załączona praca doktorska. Posiada ona 215 stron tekstu wraz z licznymi rysunkami, fotografiami, tabelami, spisem treści, spisem źródeł ilustracji i tabel, bibliografią, streszczeniem w języku polskim i angielskim.

Tematyka pracy

Autorka podjęła w swojej pracy niezwykle interesujący temat dotyczący metod kształtowania form strukturalnych współczesnych obiektów pawilonowych przy pomocy programów generatywnych używanych do projektowania architektonicznego i konstrukcji. Przyjęła jako zasadę postępowania wzorowanie się na formach naturalnych i organicznych, które według niej przybliżają obiekty przestrzenne do natury zgodnie z paradygmatem projektowania zrównoważonego. Nie jest to spojrzenie całkowicie nowe, jako że wizja architektury opartej na wzorcach biologicznych stanowi atrakcyjny temat od kilkadziesiąt lat. Była jednak do niedawna rozwijana w sferze tylko teoretycznej i eksperymentalnej. Obecnie wkracza ona coraz śmieiej do praktyki architektonicznej i związana jest z bardzo spektakularnymi realizacjami. Jednocześnie

z uwagi na bogactwo pierwowzorów i niedostateczną wiedzę dotyczącą ich funkcjonowania ujawnia się potrzeba badań na ten temat opartych o metody ściśle naukowe. Z tego względu podjęty temat należy uznać nie tylko za bardzo aktualny, ale i coraz bardziej potrzebny w celu ułatwienia racjonalizacji wyborów twórczych na takich wzorcach opartych. Wyniki przedstawionych badań mogą być bardzo przydatne w praktyce projektowej architektów w której w wielu przypadkach proponowane atrakcyjne formy organiczne nadal są generowane w sposób intuicyjny.

Uwagi ogólne

Autorka wskazała w swej dysertacji na duże znaczenie tego zagadnienia dla współczesnej architektury w kontekście formalnym i konstrukcyjnym, wskazując jednocześnie na multidyscyplinarność problematyki. W przedstawionym ujęciu problematyki charakterystyczne jest wskazanie na ścisłe powiązanie wizji formalnej z konstrukcyjną.

Jeżeli rozwiązania konstrukcyjne, co do zasady, powinny być systemami optymalnymi, to ściśle powiązana z nimi forma, abstrahując od funkcji, ulega w sposób automatyczny również optymalizacji i racjonalizacji. W przypadku sposobu podejścia do tego zagadnienia zaprezentowanego przez Autorkę, na etapie załączonej procedury badawczej, ten sposób myślenia i działania projektowego jest wyraźnie widoczny, a uzyskane wyniki dowodzą tej prawidłowości. Przedstawiona metoda optymalizacji formalno-konstrukcyjnej jest kierunkiem jak najbardziej właściwym wobec często spotykanych metod projektowania parametrycznego skoncentrowanego głównie na wynikowej, zamierzonej czy przypadkowej formie, pomijającej w znacznym stopniu problem konstrukcji, bądź też sprowadzającej ją do podrzędnej roli. Autorka analizuje zagadnienie zakładając, że racjonalnie i konsekwentnie przeprowadzony proces kształtowania konstrukcji, która została uprzednio poddana operacji optymalizacji konstrukcyjnej, prowadzi do uzyskania ostatecznej logicznej formy obiektu. W przypadku takiej metody nie ma zagrożenia rozdźwięku pomiędzy formą, a jej konstrukcją, co w innych przypadkach niejednokrotnie generuje problemy zwiększając stopień trudności realizacyjnych, podnosi koszty, ujawnia niekonsekwencje twórcze oraz zmniejsza wieloaspektową efektywność rozwiązań obiektu.

Załączone do pracy badania stanowią wzorzec podejścia do omawianego zagadnienia. Jest to istotne szczególnie w analizowanym przypadku struktur

formalnych wzorowanych na bardzo trudnych do opisu formach naturalnych. Upodabniane do naturalnych kształty budynków lub ich elementy bywają spektakularne ale często nieracjonalne ze względu na ich nieefektywność konstrukcyjną. Tego problemu można uniknąć dokonując poszukiwań formalnych drogą wskazaną w pracy przez Autorkę przez wykorzystanie programów generatywnych w projektowaniu. Wybór niewielkich form przestrzennych, jakie są zwykle charakterystyczne dla obiektów pawilonowych, umożliwia dokonywanie ułatwionych, jasnych, zrozumiałych i przekonujących analiz wskazując na przydatność wybranego narzędzia projektowego w tym celu. Z powyższych względów prezentowana dysertacja powinna być traktowana jako bardzo ważna pozycja w zakresie literatury odnoszącej się do współczesnych metod projektowania związanych z obowiązującym paradygmatem zrównoważenia w architekturze.

Dysertacja została skonstruowana w sposób przejrzysty, co ułatwia jej zrozumienie. Można dostrzec autentyczne zaangażowanie Autorki w kwestie kształtowania architektury wzorowanej na formach naturalnych uzyskiwanych drogą matematyczną, a zatem racjonalną i przekonującą. O ile nieregularne formy budynków nie są już zasadniczym problemem dla rozwiązań konstrukcyjnych, o tyle stanowią nadal problem w zakresie rozwiązań budowlanych i niejednokrotnie wymagają indywidualnych eksperymentalnych rozwiązań. Doktorantka wspomina o tych kwestiach, jednakże w bardzo ograniczonym zakresie wymieniając jedynie szkło jako materiał zamykający przestrzeń. Innych technologii materiałowych nie bierze w tym opracowaniu pod uwagę. Jest to zresztą obszerny temat dla osobnej pracy.

Autorka sformułowała 3 tezy pracy. Zawarte w nich stwierdzenia są jasne i zrozumiałe. Są też nieoczywiste i wymagające udowodnienia w sposób zgodny z przyjętymi zasadami w tym zakresie. Przyjęta metoda i konstrukcja pracy są logiczne. Pozwoliły na przejrzyste i skuteczne przeprowadzenie dowodu możliwości i celowości stosowania komputacyjnych programów generatywnych przy projektowaniu nieregularnych form strukturalnych pokrewnych naturalnym spotykanym w przyrodzie i opartych na kombinacjach matematycznych.

Doktorantka wykazuje w swej dysertacji wysokie kompetencje w zakresie znajomości przedmiotu. Świadczy o tym analiza stanu badań w tym przedmiocie oraz osiągnięć innych badaczy zajmujących się tematyką, a także bogata bibliografia zamieszczona na końcu dysertacji. Biorąc to pod uwagę może ona snuć wiarygodne naukowo rozważania na ten temat i wyciągać odpowiednie wnioski. Niezwykle istotnym silnym

wsparciem przeprowadzonych dowodów są obliczenia przeprowadzone na kilku przykładach naturalnych form organicznych.

Struktura części merytorycznej pracy

Dysertacja składa się z sześciu rozdziałów.

W rozdziale pierwszym zamieszczono standardowe elementy wstępu, tj. genezę, stan badań, cele pracy, tezy, przyjętą metodykę badań. Autorka przedstawiła w nim także w sposób dość skromny stosowane w pracy definicje najważniejszych pojęć. Wydaje się, że właściwe byłoby wyjaśnienie i zdefiniowanie również innych ważnych i stosowanych w pracy specjalistycznych terminów.

Rozdział drugi to historycznie ujęty przegląd obiektów wystawowych zrealizowanych dla celów wystaw światowych począwszy od roku 1851. Przekrój historyczny podzieliła na 3 okresy: wczesny do 1914 roku, międzywojenny oraz powojenny do końca XX wieku. Udowadnia w nim znaczenie dla rozwoju architektury nowatorskich realizacji związanych z nimi tymczasowych obiektów pawilonowych, w szczególności tych, które wielokrotnie wyznaczały nowe drogi w zakresie kształtowania przestrzennego i konstrukcji. Autorka zwraca uwagę głównie na struktury związane z podjętą przez nią tematyką, to jest niekonwencjonalnymi strukturami krzywoliniowymi opartymi na formach zbliżonych do naturalnych. Wiele z nich stało się wzorcem kształtowania obiektów współczesnych nie tracąc nic ze swej aktualności formalnej, strukturalnej oraz użyteczności. Współczesne realizacje pawilonowe dzięki racjonalnemu kształtowaniu niejednokrotnie wpisują się w zasady paradygmatu projektowania zrównoważonego.

Rozdział trzeci omawia inspiracje w poszukiwaniu i kształtowaniu pawilonów tymczasowych. Wskazuje korzyści formalne i konstrukcyjne wynikające ze stosowania metod parametrycznych i programów generatywnych w projektowaniu takich obiektów. Pozwalają one na obiektywizację formalną i konstrukcyjną oraz wprowadzają matematyczny sposób myślenia obniżając rangę intuicyjnego kształtowania do niedawna dominującego w praktyce projektowej, a nie znajdującego uzasadnienia w przypadku wykorzystywania form naturalnych. Wprowadzenie algorytmów obliczeniowych do metody projektowania racjonalizuje efekty przestrzenne oraz

konstrukcyjne przyczyniając się, według Autorki, do podnoszenia efektywności obiektów. Zwraca również uwagę na postulowaną przez niektórych teoretyków architektury, jak Le Corbusier, tymczasowość budynków pozwalającą na łatwiejsze ich dostosowywanie do potrzeb ludzi. W dalszej części rozdziału przedstawiono najbardziej znane realizacje pawilonowe w XXI wieku w podziale na dwie grupy: szereg obiektów o przełomowym charakterze skonstruowanych dla Serpentine Gallery w Londynie oraz w drugiej grupie analizując pawilony badawcze w których zwraca uwagę szczególnie stosowanie eksperymentalne nowych materiałów.

Rozdział czwarty podejmuje kwestie kształtowania generatywnego form strukturalnych. Autorka dokonała w nim analizy najważniejszych narzędzi projektowych, czyli programów wspomagających projektowanie generatywne, wskazując na związane z nimi pojęcia z zakresu topologii i matematyki. Wykazuje wpływ projektowania generatywnego na ewolucję form pawilonowych. Zwraca uwagę na rolę topologii w optymalizacji powierzchni strukturalnych. Kształtowanie generatywne ułatwia, według niej, prefabrykację obiektów pawilonowych. Istotną rewolucję w procesie kształtowania i realizacji niewielkich obiektów architektonicznych wprowadziła metoda drukowania 3D. Kandydatka wymienia trzy technologie, które to umożliwiają: addytywną, subtraktywną i formatywną. Wykorzystanie algorytmów w ramach programów modelowania pozwala na tworzenie coraz bardziej skomplikowanych geometrii strukturalnych.

Rozdział piaty należy uznać za najważniejszy w dysertacji. Ma on charakter ściśle badawczy i pozwala na poznanie i ocenę zaangażowania Autorki w tej sferze. Jako cel w tym rozdziale przyjęto analizę porównawczą wybranych struktur prętowych generowanych przy użyciu algorytmów, a także dokonano potem ich optymalizacji topologicznej. Do modelowania i symulacji zastosowano narzędzia cyfrowe. Autorka wykorzystwała kilka programów komputerowych umożliwiających budowę modeli struktur, obliczanie ich wytrzymałości przy zadanych obciążeniach oraz optymalizację struktur w celu uzyskania jak najbardziej racjonalnych podziałów strukturalnych powierzchni generowanych form i jak najmniejszych obciążeń jednostkowych dla badanych obiektów. Dobre udokumentowane i zrozumiałe procedury pozwoliły na uzyskanie przekonujących, wiarygodnych wyników. Trzeba uznać trafność przyjętej metodyki dość rozległych i kompleksowych badań.

Rozdział szósty to podsumowanie i wyniki. Zawarto w nim stwierdzenia dowodu przyjętych na początku trzech tez dysertacji. Załączone wnioski mogą z całą pewnością być niezwykle przydatne w zakresie rozwoju teorii architektury oraz praktyki architektonicznej. Ich uwzględnianie w przypadkach parametrycznego i generatywnego kształtowania obiektów o formach naturalnych i racjonalnych rozwiązaniach konstrukcyjnych pozwala na optymalizację także ekonomiczną i tym samym zachęcić inwestorów do podejmowania takich niekonwencjonalnych decyzji, które zazwyczaj wydają się być obarczone znacznym ryzykiem. Powtórzenie tez na końcu pracy wraz z wnioskami robi dobre wrażenie, gdyż potwierdza prawidłowość przeprowadzeniu dowodu. Można mieć z kolei wrażenie, że mnogość wniosków, w dodatku niektóre z nich nie wynikające bezpośrednio z dowodu, zaciemnia nieco obraz pracy i osłabia jej wyniki.

Biorąc pod uwagę strukturę pracy opartą na standardowej, zasadniczej części teoretycznej, oraz na uzupełniającej badawczej, należy stwierdzić, że wpisuje się ona w grupę prac stanowiących wzorzec dla dysertacji w zakresie teorii architektury. Te dość rzadko oparte są na autentycznych badaniach, szczególnie w powiązaniu z aspektami konstrukcyjnymi, co prowadzi do urealnienia zawartych w tego typu pracach wyników i nadaje im cechy praktyczne.

Dysertacja stanowi istotny przyczynek do dyskusji dotyczącej coraz wyraźniej kształtującej się tendencji w architekturze, która zapewne będzie związana z coraz śmielszym wykorzystaniem wzorców zaczerpniętych z natury, nie tyle w postaci biomorficznej, co przede wszystkim biostrukturalnej. Autorka dowiodła swej umiejętności przeprowadzania studiów stosownej literatury naukowej i zawodowej przedmiotu (około 100 pozycji) oraz wykorzystania jej w sposób profesjonalny w swych badaniach i rozważaniach teoretycznych. Jej wybór był właściwy, a zakres obszerny, co świadczy o niewątpliwie bardzo dobrym rozeznaniu w tym zakresie. Jej lektura upoważnia do stwierdzenia, że zamierzone cele zostały osiągnięte w sposób satysfakcjonujący. Materiał ilustracyjny własny i zaczerpnięty z literatury dobrany został właściwie. Dysertacja jest niezmiernie oszczędną jeśli chodzi o przypisy. Dostrzec można tylko 4, a w zasadzie zaledwie 2 przypisy, co jest bardzo nietypowe dla dysertacji doktorskich. Praca napisana została w języku dobrym stylistycznie i gramatycznie, odpowiednim dla dysertacji naukowych. Jej zrozumienie nie nastręcza trudności dzięki klarowności języka, a lektura swoją tematyką i stylistyką budzi zaciekawienie i sprawia przyjemność. Może być nawet dla wielu pasjonująca.

Prezentowana dysertacja stanowi bardzo cenny materiał do dyskusji na temat eksperymentów w zakresie rozwiązań przestrzennych oraz metod projektowych w architekturze. Stanowi też cenne źródło wiedzy teoretycznej i praktycznej dla architektów wskazując aktualnie istniejące możliwości w tym zakresie oraz sugerując kierunki rozwoju architektury w przyszłości.

Szczegółowe uwagi merytoryczne i formalne

W dysertacji można odnaleźć niektóre fragmenty budzące kontrowersje, jak również pewne niedociągnięcia natury zarówno merytorycznej, jak i formalnej:

- Str.90 - dyskusyjne jest stwierdzenie, że (generalnie) „...analizowanie struktur budowy oraz procesów rozwoju biologicznego organizmów żywych prowadzi do optymalizacji” (w architekturze i konstrukcjach). Bezpieczniej byłoby wskazać „może prowadzić”, gdyż można wskazać wiele przykładów gdzie nie prowadzi, bo cele bywają zazwyczaj w obydwu przypadkach odmienne.
- Str.117 i inne - wydaje się, że korzystne byłoby wskazanie w tabelach również ciężaru 1 mb każdego wariantu przyjmowanych w analizach prętów, gdyż taki dodatkowy parametr wpłynąłby jeszcze lepiej na obraz optymalizacji konstrukcji.
- Pewnym mankamentem jest brak ilustracji zmian form w wyniku optymalizacji; dałyby one wyraźniejszy obraz efektów optymalizacji.
- Istotny wpływ na zachowanie się konstrukcji, szczególnie w przypadku analizowanych form, ma kwestia akumulacji śniegu, bo wtedy optymalizacja mogłaby wyglądać inaczej; w pracy nie wzięto tego pod uwagę i o tym problemie nie wspomniano.
- Str.140 - W celu usprawnienia obliczeń w Badaniu II przyjęto rzut w kształcie kolistym, a nie kwadratu jak w Badaniu I. Powoduje to jednakże brak możliwości porównania efektywności badanych struktur, które byłoby niewątpliwie interesujące.
- Str.142 - istnieje pomyłka, powinno być (rys.5.22), a nie (rys.6.22), a na str.144 (rys.5.28), a nie (6.28).
- Str.142 - czwarty wiersz od dołu mówi o wynikach badań struktur krzywoliniowych, podczas gdy są one badane później. Wydaje się, że pomieszano tutaj ustroje płaskie z krzywoliniowymi (konsekwentnie w Badaniu I najpierw płaskie, a potem krzywoliniowe – str.116).

- Str.153 - Rys.5.28 dotyczy struktur krzywoliniowych, a nie płaskich jak wskazano na str.144.

Wniosek końcowy

Pomimo wykazanych uwag merytorycznych i niedociągnięć formalnych recenzowaną pracę uważam za bardzo cenną pod względem naukowym, a także bardzo przydatną dla celów zawodowych. Oceniam ją bardzo wysoko. Cechuje ją rzetelność warsztatu naukowego, a metoda przeprowadzonych badań nie budzi wątpliwości natury warsztatowej. Cele pracy zostały w niej zrealizowane przynosząc interesujące wyniki o cennych walorach nie tylko teoretycznych ale i praktycznych. Z tego powodu celowa byłaby jej szersza publikacja. Przedstawiona dysertacja jest dowodem odpowiednich kompetencji zawodowych Doktorantki oraz znajomości metod badań naukowych wymaganej na tym etapie działalności naukowej. Wszystko to pozwala na stwierdzenie, że recenzowana praca doktorska spełnia wymogi Ustawy o tytułach i stopniach naukowych. W związku z powyższym wnioskuję dopuszczenie dysertacji do publicznej obrony, a także jej wyróżnienie ze względu na oryginalność podjętej tematyki i jej wysokie walory naukowe.

