

Poznań, 23.08.2023

Prof. dr hab. inż. arch. Agata Bonenberg
Wydział Architektury Politechniki Poznańskiej
ul. Jacka Rychlewskiego 2 Poznań

Opinia o rozprawie doktorskiej

Aspects of Kinetic Architecture
– *Towards Responsive Design with Information Technology*

Zagadnienia architektury kinetycznej
– **w kierunku projektowania responsywnego z wykorzystaniem technologii**
informatycznych

autorstwa mgr inż. arch. Karoliny Dąbrowskiej-Żółtak, M.Sc.

Promotor Prof. dr. hab. inż. arch. Stefan Wrona

Zagadnienie mobilności i zmienności w architekturze jest przedmiotem realnego zainteresowania architektów i inżynierów od co najmniej stu lat. Zmienność, architektura-maszyna stały się symbolem postępu. Futurystyczne wizje miast, architektury i maszyn utrwaliły się w kulturze masowej obrazami z Metropolis (1927), Logan's Run (1976) i wielu innych.

Wraz ze znaczącym postępowaniem technicznym rozwiązania kinetyczne w architekturze mogły przenieść się do sfery realnej i dotyczyć obiektów dużej skali. Ruch zbliża architekturę, utożsamianą przez wieki z trwałością¹ do zmiennego świata ożywionego przez co może ona elastycznie odpowiadać na ludzkie potrzeby. Rozwiązania kinetyczne mają potencjał zmian funkcjonalnych: optymalizację wykorzystania przestrzeni, zwłaszcza przestrzeni niewielkich. Otwierają się możliwości rekonfiguracji w skali krótkoterminowej i reakcji na krótkoterminowe zmiany środowiskowe. Ruch w architekturze ma też daleko idące konsekwencje estetyczno-kompozycyjne; zmienne pozycje ruchomego elementu zewnętrznego lub wewnętrznego muszą być przewidziane *a priori*.

Architektura z elementami kinetycznymi daje niezwykle możliwości, ma ogromne zalety i od lat zadziwia krytyków i publiczność. W czasach kryzysu energetycznego ma jednak podstawową wadę polegającą na energochłonności. Aplikacja elementów kinetycznych wymaga refleksji – rachunku zysków i strat w wymiarze rachunku energetycznego ale też ekonomicznego. W tym wymiarze tematyka pracy doktorskiej jest niezwykle aktualna a jej konkluzje - wyjątkowo interesujące.

¹ Witruwiusz, triada architektoniczna

Należy dodać, że Autorka pracy zaangażowana była przez trzy lata w prowadzenie ROBOstudio, projektu dydaktycznego na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej, co dało jej doświadczeniom wymiar praktyczno-dydaktyczny a nie tylko naukowy.

Charakterystyka formalna i struktura pracy

Praca doktorska zawiera 179 stron, kończy ją spis definicji, glosariusz (182), bibliografia (186), spis ilustracji (199) i tabel (208). Istotną częścią dysertacji jest podana w formie 169-cio stronicowego załącznika baza danych obiektów kinetycznych („Annex No. 1 Database of buildings with kinetic elements and described as kinetic architecture realised in the years 2000 – 2020”) która zawiera 145 budynków wraz z opisami, będących podstawą przedstawionych w pracy badań.

Tytuł pracy „Aspects of Kinetic Architecture – Towards Responsive Design with Information Technology” (Zagadnienia architektury kinetycznej - W kierunku projektowania responsywnego z wykorzystaniem technologii informatycznych”) w pełni odpowiada treści. Dysertacja zawiera siedem rozdziałów właściwych. Hierarchia podjętych w dysertacji zagadnień jest prawidłowa, struktura rozdziałów i podrozdziałów - logiczna.

We „Wprowadzeniu” (1) określony został przedmiot badań, ich cel oraz metody badawcze. Autorka sformułowała następujące tezy: "Narzędzia czwartej rewolucji przemysłowej i robotyka wpłyną na architekturę pod względem jej konstrukcji i poszukiwań projektowych" (Teza 1) [„The tools of the fourth industrial revolution and robotics will impact architecture in terms of its construction and design explorations” (Thesis 1)] i "Architektura kinetyczna pozwala na zwiększenie wydajności i komfortu korzystania z przestrzeni publicznych" (Teza 2) [“Kinetic architecture allows for increased efficiency and comfort when using public spaces” (Thesis 2)]. Autorka określiła zakres pracy, stan badań, przedstawiła główne pojęcia teoretyczne oraz pojęcia związane z architekturą o zmiennej geometrii. „Wprowadzenie” zamyka wyjaśnienie terminu „architektura kinetyczna” przyjętego w niniejszej rozprawie.

W rozdziale drugim, „Opis merytoryczny zagadnienia z perspektywy historycznej i współczesnej” [“Substantive description of the issue from the historical and contemporary perspectives”] Autorka przedstawia historyczne oraz współczesne rodzaje napędów stosowanych w architekturze kinetycznej. Przedstawia problematykę związaną z siłą mięśni i maszynami prostymi. Odnosi się do tematyki rewolucji informacyjnej i współczesnych rewolucji przemysłowych oraz nakreśla kierunki rozwoju architektury zmiennej.

W rozdziale trzecim, „Warunki techniczne automatyzacji systemów kinetycznych” [„Technical conditions of the automation of kinetic systems”], Doktorantka opisuje systemy mechatroniczne, interfejs człowiek-maszyna, systemy sterowania, siłowniki oraz systemy mechaniczne. Następnie przechodzi do oceny cyfrowych narzędzi symulacyjnych, bezpieczeństwa ich użytkowania i kosztów eksploatacji.

W rozdziale czwartym pod tytułem „Trendy w architekturze kinetycznej: przykład wybranych projektów zrealizowanych w latach 2000-2020” [“Trends in kinetic architecture: the example of selected projects implemented in 2000–2020”] Autorka przedstawia kryteria identyfikacji przykładów, źródła danych o istnieniu obiektów, o szczegółach rozwiązań technicznych oraz procesu inwestycyjnego. Omawia także strukturę pozyskanych danych, przedstawia ogólne informacje o sklasyfikowanych realizacjach oraz opis techniczny różnych rozwiązań

kinetycznych. Następnie syntetyzuje informacje na temat funkcji, które mogą pełnić elementy kinetyczne, przedstawia katalog wybranych realizacji oraz kategoryzuje funkcje obiektu architektonicznego w zależności od rodzaju elementu ruchomego. Doktorantka porządkuje rozwiązania w zależności od przeznaczenia obiektu architektonicznego i funkcji elementu ruchomego; w tym kontekście omawia:

- architekturę mieszkaniową,
- miejsca pracy biurowej i nauki,
- obiekty sportowe, widowiskowe
- muzea i pawilony wystawiennicze,
- obiekty handlowe, usługowe
- obiekty inżynijne: mosty i infrastrukturę drogową,
- aranżacje przestrzeni publicznych.

Kończąc rozdział czwarty Karolina Dąbrowska-Żółtak omawia zastosowane rozwiązania dotyczące bezpieczeństwa użytkowania architektury kinetycznej oraz odnosi się do kwestii responsywności w analizowanych realizacjach.

Rozdział piąty p.t. "Liczne studia przypadków kinetycznej i zmiennej architektury w przestrzeni publicznej" ("Multiple case studies of kinetic and changeable architecture in public areas") przedstawia wiodące przykłady badawcze (studia przypadków) wybranej architektury kinetycznej. Autorka prezentuje kryteria wyboru tych przykładów, wykorzystane źródła, strukturę danych, po czym przystępuje do opisu i prezentacji realizacji: Enzi/Enzo/Viena—Courtyard Furniture we Wiedniu (Austria), INTERBORO-LentSpace w Nowym Yorku (USA), Automatic Rising Bollards w Bydgoszczy (Polska), Medina Haram Piazza w Arabii Saudyjskiej, Msheireb Heart of Doha Roof w Katarze, Spielbudenplatz Mobile Stages w Hamburgu (Niemcy) i The Shed w Nowym Yorku (USA).

Rozdział szósty „Research by Design - eksperymenty w skali miejskiej” [“Research by Design—Multiple Experiments on an Urban Scale”] dotyczy przykładów realizowanych przez Autorkę oraz studentów WAPW w ramach ROBOstudio na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej. Autorka przedstawia materiały wyjściowe i dzieli zastosowania na podstawowe elementy wnętrza urbanistycznego: podłoga, ściana, dach i formy „meble” w przestrzeni. Podsumowując ten rozdział omawia wyzwania techniczne w analizowanych projektach oraz responsywność rozwiązań.

Rozdział siódmy, “Ocena” (“Evaluation”) zawiera weryfikację tez postawionych we wstępie dysertacji oraz konkluzje dotyczące wpływu rozwiązań kinetycznych i responsywnych na tworzenie zmiennych przestrzeni architektonicznych w kontekście „systemu architektonicznego”. Autorka określa też szanse i wyzwania dla przyszłego rozwoju architektury kinetycznej i rekonfigurowanej.

Ocena merytoryczna

W pracy doktorskiej „Zagadnienia architektury kinetycznej - w kierunku projektowania responsywnego z wykorzystaniem technologii informatycznych” Autorka poszukuje prawidłowości i związków pomiędzy przeznaczeniem, rolą budynku i systemami kinetycznymi. Praca ma charakter systematyzująco – porządkujący i opiera się na aktualnej liście 145 obiektów kinetycznych. Krzyżowanie danych prowadzi do interesującej syntezy

informacji przedstawionych na grafach. W ostatniej części „Ocena” dysertacja ma charakter predykcyjny w obszarze użycia rozwiązań mobilnych.

Tezy pracy "Narzędzia czwartej rewolucji przemysłowej i robotyka wpłyną na architekturę pod względem jej konstrukcji i poszukiwań projektowych" (Teza 1) i "Architektura kinetyczna pozwala na zwiększenie wydajności i komfortu korzystania z przestrzeni publicznych" (Teza 2) zostały sformułowane odpowiednio do zagadnień analizowanych w pracy, chociaż w tezie 1 korzystniejsza byłaby zmiana czasu przeszłego „wpłyną” na „wpływają”.

W pracy kontekst tworzenia architektury kinetycznej słusznie jest opisany na tle dziejowym, rozumianym jako następujące po sobie rewolucje przemysłowe i informacyjne. Elementy technologiczne są scharakteryzowane i usystematyzowane z dużą dokładnością. Autorka kategoryzuje na przykład różne systemy kontroli elementów kinetycznych (str 43.) dzieląc na sytuacje w których użytkownik:

1. bezpośrednio określa położenie poszczególnych elementów mechanicznych
2. wybiera jeden z predefiniowanych scenariuszy
3. decyduje, które parametry zoptymalizować a algorytm określa optymalne położenie elementów
4. decyzje dotyczące optymalnego położenia elementów podejmowane są na podstawie danych środowiskowych i danych użytkownika z wykorzystaniem algorytmu, uczenia maszynowego lub sztucznej inteligencji.

W podobny sposób porządkuje inne obszary zainteresowania: systemy napędu, siłowniki, nowe materiały.

Na pozytywną ocenę zasługuje zwrócenie przez Autorkę uwagi na unormowania prawne związane z ruchomością części budynków - zastosowaniu Cobotów. Na podstawie analiz norm i aktów prawnych, Autorka słusznie zwraca uwagę na strategie zwiększenia bezpieczeństwa osób znajdujących się w pobliżu elementów ruchomych: ograniczenie sił napędowych, iloczynów masy i prędkości elementów ruchomych, zastosowanie odkształcalnych materiałów w konstrukcji, zastosowanie fizycznego oddzielenia lub umieszczenie w miejscach niedostępnych oraz wykorzystanie czujników wykrywających obecność użytkowników. Jest to bardzo ważny aspekt użycia elementów ruchomych w architekturze, a wymagania projektowe zbliżone są tu do wymagań bezpieczeństwa znanych z projektowania wyspecjalizowanych miejsc pracy.

W Rozdziale 4. Autorka słusznie dokonuje podziału budynków o elementach kinetycznych według przeznaczenia (funkcja mieszkalna, biurowa, użytkowa i inne) i systematyzuje rolę i sposób działania. W tabelach 4-8 zestawia „ogólną funkcję” elementu kinetycznego („general function”) oraz „szczegółową funkcję” detailed function, z opisem ich działania „elementy kinetyczne wykonujące daną funkcję” („Kinetic elements performing a given function”). W tabelach 9-13 rezygnuje z „funkcji szczegółowej”. Tabelaiczna synteza informacji umożliwia dokonanie cennych uogólnień w obrębie grup budynków. Na podstawie zestawienia Autorka stwierdza na przykład, że architektura mieszkaniowa jednorodzinna charakteryzuje się szczególnie zróżnicowanymi, obsługiwanymi również ręcznie rozwiązaniami. Dobrze byłoby podsumować Rozdział 4. porównaniem grup funkcji.

Ciekawą częścią dysertacji jest przedstawienie projektów studenckich wykonanych pod kierunkiem Autorki w ramach ROBOstudio – projektów mobilnych małej skali dla wnętrza urbanistycznych. Projekty powstały na przestrzeni trzech lat i związane były z podstawowymi elementami wnętrza urbanistycznego. Metodyczne i ukierunkowane prowadzenie zadań projektowych pozwoliło przanalizować i przetestować znaczną ilość wariantów i możliwych rozwiązań projektowych.

Narracja pracy doktorskiej jest wartka, interesująca, prowadzona w oparciu o dobrze dobrane materiały źródłowe, bibliograficzne.

Metody

Autorka korzysta z dobrze dobranych i odpowiednio skoordynowanych metod badawczych:

- eksperymentów projektowych z wykorzystaniem rozwiązań z zakresu architektury kinetycznej i responsywnej w ramach projektu ROBOstudio ze studentami II roku studiów magisterskich w latach 2017-2021,
- analiz przeprowadzonych w oparciu o informacje uzyskane w wyniku wielowątkowych badań nad architekturą kinetyczną. Uwzględniały one: kontekst, rozwiązania architektoniczne i relacje użytkownika ze środowiskiem oraz podstawowe podsystemy architektoniczne: projektowanie, budowę, eksploatację i użytkowanie (Wrona, 1972).

Ponadto Autorka posługuje się następującymi technikami badawczymi:

- badaniami literaturowymi, analizą i krytyką piśmiennictwa
- porównaniami i analizą krytyczną przykładów badawczych w Polsce i na świecie
- porównaniami i analizą krytyczną przykładów badawczych mających na celu rekonfigurację przestrzeni publicznych
- inwentaryzacjami fotograficznymi omawianych wnętrza urbanistycznych.

Ikonografia

Praca zawiera bogatą ikonografię, dobrze uzupełniającą narrację pracy. Spis ilustracji zawiera 130 pozycji. Ponadto obszerny zbiór, około 450 zdjęć zawarty jest w aneksie „bazie danych”, zdjęcia nie są tu ponumerowane. Na uwagę zasługują bardzo czytelne autorskie infografiki i diagramy przedstawiające rozkłady cech elementów kinetycznych w architekturze. Rozdział szósty ilustrują wizualizacje prac studenckich. W opisach ilustracji brakuje informacji o autorach.

Bibliografia

Wykaz bibliografii zawiera 76 odpowiednio dobranych pozycji literaturowych, 151 odwołań do stron internetowych, 4 odwołania do norm prawnych i należy ją uznać za bogatą. Autorka odnosi się do treści aktualnych. Recenzentka sugeruje uwzględnienie A. Tofflera (The Third Wave) jako podbudowy argumentacji w części historycznej.

Uwagi szczegółowe

- W części wstępnej-historycznej można się odnieść jeszcze do wcześniejszych przykładów, będących punktem wyjścia dla idei lat 60-tych i 70-tych o których szerzej pisze Autorka. Jednym z istotnych budynków kinetycznych lat 20-stych willa Shroeder, Gerrit Rietvelda (1924), realizacja budynku Le Corbusier + Pierre Jeanneret w Weisenhof Siedlung w Stuttgarcie (1927), ruchoma szklana ściana salonu Willi Tugendhat w Brnie Miesa van der Rohe (1930), Waltera Gropiusa domy studenckie w Harvard Graduate Center Cambridge, Massachusetts (1950), gdzie mobilne ściany radykalnie zmieniały układ funkcjonalno-przestrzenny wnętrza.
- Brak numerów porządkujących przykłady w bazie danych „Annex No. 1 Database of buildings with kinetic elements and described as kinetic architecture realised in the years 2000 – 2020”.

Wniosek końcowy

Przeprowadzona ocena pracy doktorskiej pt. Aspects of Kinetic Architecture – Towards Responsive Design with Information Technology [„Zagadnienia architektury kinetycznej - w kierunku projektowania responsywnego z wykorzystaniem technologii informatycznych”], której autorką jest mgr inż. arch. Karolina Dąbrowska-Żółtak pozwala stwierdzić, że spełnione zostały warunki ustawowe; na kartach rozprawy doktorskiej przedstawiono oryginalne rozwiązania następujących problemów:

1. Opracowano aktualny wykaz architektury kinetycznej (ruchomej) zawierającej 145 pozycji z uszeregowaniem przykładów według przeznaczenia: architektura rezydencjonalna, biurowa, wystawiennicza, konstrukcje inżynieryjne: mosty.
2. Wykazano prawidłowości w specyficie dobieranych rozwiązań kinetycznych do pełnionej funkcji i skali budynku.
3. Udowodniono tezę doktoratu, że narzędzia czwartej rewolucji przemysłowej i robotyka wpłynęły na architekturę pod względem jej konstrukcji i poszukiwań projektowych.
4. Udowodniono tezę, że architektura kinetyczna pozwala na zwiększenie wydajności i komfortu korzystania z przestrzeni publicznych.

Przedstawiona dysertacja dowodzi, że Doktorantka potrafi posługiwać się technikami i metodami badawczymi. Dysertacja wnosi nowe wątki poznawcze do dotychczasowego stanu wiedzy o architekturze. Wnoszę o dopuszczenie do publicznej obrony na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej.

