

Wrocław, 27.08.2017 r.

Prof. dr hab. inż. Tomasz Nowakowski  
Politechnika Wroclawska  
Wydział Mechaniczny  
Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych,  
Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych  
Wyb. Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

POLITECHNIKA GDAŃSKA  
WYDZIAŁ ARCHITEKTURY

Wpłynęło dn. 04.08.17 r.

L.dz. 1482/W-39/WAR

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. arch. Mateusza Gerigka  
pt.: „Wielokryterialne projektowanie budynków wielofunkcyjnych ze szczególnym  
uwzględnieniem kryterium elastyczności funkcjonalnej”

Podstawa formalna recenzji: pismo Pana Prodziekana ds. nauki Wydziału Architektury Politechniki Gdańskiej dr. hab. inż. arch. Jakuba Szczepańskiego, prof. nadzw. PG z dnia 7 czerwca 2017 r. (W-39/1100/WAR).

### 1. Charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. arch. Mateusza Gerigka pt.: „Wielokryterialne projektowanie budynków wielofunkcyjnych ze szczególnym uwzględnieniem kryterium elastyczności funkcjonalnej” została wydana na Wydziale Architektury Politechniki Gdańskiej w 2017 r. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. arch. Antoni Taraszkiewicz, prof. nadzw. PG.

Praca zawiera 139 stron maszynopisu, w tym spis literatury – 103 publikacje, spis tabel (3 pozycje) i spis rysunków (70 pozycji).

### 2. Tematyka pracy

Tematykę rozprawy doktorskiej, moim zdaniem, można ulokować w zagadnieniach inżynierii systemów. Praca koncentruje się na problematyce projektowania złożonych systemów antropotechnicznych, a obszarem analizy i potencjalnego zastosowania wyników pracy są współczesne wielofunkcyjne obiekty architektoniczne. Jednym z najbardziej istotnych trudności stojących przed projektantami takich obiektów jest wielość kryteriów oceny

opracowanego rozwiązanie, przy czym doktorant wyróżnia kryterium elastyczności funkcjonalnej.

Omawiana problematyka ma duże znaczenie zarówno poznawcze, jak i użytkowe.

Ze względu na moje kompetencje naukowe dotyczące badania, projektowania i oceny złożonych systemów technicznych, głównie niezawodności, bezpieczeństwa i eksploatacji systemów logistycznych i transportowych, nie będę się w recenzji wypowiadał o wartościach naukowych w obszarze urbanistyki i architektury. Wydaje mi się, że Autor w sposób kompetentny przedstawił strukturę architektoniczną obiektów wielofunkcyjnych i uzasadnił potrzebę ujęcia elastyczności funkcjonalnej w wielokryterialnym procesie projektowania.

Natomiast chciałbym w niniejszej opinii odnieść się do celowości i poprawności zastosowanych modeli i metod systemowych w omawianym procesie projektowania. Nie ulega dla mnie wątpliwości, że proces projektowania tak złożonych obiektów powinien być osadzony w teorii systemów. Warto jednak zwrócić uwagę, że termin „system” jest dość swobodnie używany. Dla wielu, system jest pojęciem rozumianym intuicyjnie, jako słowo powszechnie używane, co w konsekwencji prowadzi do nadużywania tego terminu - do opisywania czegoś co systemem nie jest, a na pewno nie jest prawidłowo zdefiniowane w języku / notacji teorii systemów. Od razu chcę podkreślić, że ten komentarz nie dotyczy opiniowanej rozprawy doktorskiej.

Najprostszą definicję systemu można sformułować następująco:

- system to celowo zorganizowany zbiór elementów oraz relacji zachodzących pomiędzy tymi elementami i ich właściwościami;
- system to każda celowo wyodrębniona zbiorowość elementów powiązanych zależnościami lub wzajemnym oddziaływaniem.

Właściwościami są cechy poszczególnych elementów, relacjami – zależności łączące poszczególne elementy w całość. Systemami i elementami mogą być nie tylko obiekty konkretne, ale także obiekty abstrakcyjne (byty, encje).

Doktorant skorzystał w pracy z teorii systemów Mesaroviča. Ta teoria należy do najbardziej „zmatematyzowanych” teorii systemów. Znajduje zastosowanie w systemach podejmowania decyzji, w systemach sterowania, a także w systemach opisywanych poprzez wejścia i wyjścia. Mesarovič zakładał, że teoria systemów zajmuje się objaśnianiem pojęć i struktur pojęciowych w kategoriach przetwarzania informacji i procesu podejmowania decyzji.

Do opisu badanego systemu teoria proponuje wykorzystanie metod formalizacji, w której wyróżnia się dwa etapy:

- należy zdefiniować werbalną definicję systemu, zgodną z intuicyjnym znaczeniem tegoż systemu w odpowiednich dziedzinach zastosowań;
- należy tak przyjęte pojęcie systemu zdefiniować aksjomatycznie przy użyciu minimalnej struktury matematycznej.

Zaletą tego podejścia jest możliwość badania bardzo złożonych systemów (obecnie w literaturze zagadnienia używa się pojęcia „*system of systems*”) jako wzajemnie połączonych wielu podsystemów, co ma miejsce w opiniowanej pracy. System definiowany jest jako szczególnego rodzaju zbiór, w którym są relacje.

Tak więc, sformułowany przez doktoranta główny cel pracy, którym jest *opracowanie modelu wielokryterialnego projektowania obiektów funkcjonalnie elastycznych* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, a jego zrealizowanie oraz potwierdzenie przyjętych tez badawczych dotyczących *wielofunkcyjności współczesnych struktur miejskich projektowanych systemowo i ujęcia w procesie projektowania funkcjonalnej elastyczności budynków* może stanowić podstawę do wnioskowania o nadanie stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie „architektura i urbanistyka”.

### 3. Wartość naukowa pracy

Osiągnięcie głównego celu naukowego pracy oraz potwierdzenie sformułowanych tez badawczych wymagało zrealizowania szeregu celów szczegółowych, związanych z opracowaniem: usystematyzowanej wiedzy w zakresie istniejących budynków wielofunkcyjnych, przeanalizowania znaczenia obiektów wielofunkcyjnych w kształtowaniu przestrzennym zabudowy miejskiej, opracowania metody badania obiektów wielofunkcyjnych, opracowania modelu (metody ?) wielokryterialnego podejścia do projektowania obiektów wielofunkcyjnych, opracowania schematu (modelu ?) obiektu wielofunkcyjnego, elastycznego funkcjonalnie oraz weryfikacji poprawności i przydatności opracowanego modelu do projektowania obiektów.

W tym kontekście, za najważniejsze z punktu widzenia oceny osiągnięć naukowych doktoranta, uważam rozdział 5 dotyczący modelowania wielokryterialnego obiektów elastycznych funkcjonalnie z uwzględnieniem ich walorów urbanistycznych, architektonicznych oraz estetycznych (24 strony) oraz rozdział 6 zawierający własny model wielokryterialnego projektowania obiektów funkcjonalnie elastycznych z uwzględnieniem podanych walorów (39 stron).

Istotą proponowanej metodyki modelowania wielokryterialnego jest uwzględnienie różnorodności postrzegania obiektu wielofunkcyjnego jako elementu struktury miasta.

Założono, że na percepcję obiektu mają wpływ następujące elementy (właściwości, cechy, charakterystyki ?): estetyka, funkcjonalność, efektywność, bezpieczeństwo oraz dostęp do informacji o obiekcie. Za istotne osiągnięcie doktoranta uważam, w tym miejscu, wprowadzenie modelu bezpieczeństwa obiektu niezależnie od formalnych wymagań związanych z ochroną przeciwpożarową czy wymaganiami BHP.

Uwzględnianie problemu bezpieczeństwa złożonego systemu technicznego jest zagadnieniem trudnym, a zarazem bardzo aktualnym. Obecnie prowadzi się na świecie wiele prac naukowo-badawczych dotyczących problemu bezpieczeństwa ( w sensie *safety* i *security*) lub ujmując zagadnienie szerzej – odporności (*resilience*) złożonych systemów na zakłócenia lub błędy. Podejście do niezawodności i bezpieczeństwa w wieku XX zakładało, że na wszystkich etapach projektowania, wytwarzania i eksploatacji systemu intencjonalnie unika się sytuacji błędnych, niebezpiecznych. Rozwój globalnego terroryzmu w wieku XXI wymaga uodporniania systemów (infrastruktury krytycznej) na specjalnie, świadomie wprowadzane zagrożenia.

Doktorant krytycznie odniósł się do sposobów definiowania bezpieczeństwa obiektów wielofunkcyjnych w literaturze (rozdz. 4.4), co syntetycznie zostało ujęte na rys. 4.9. Słusznie konkluduje, że „... warto dodać techniki związane z szacowaniem ryzyka już na etapie projektowania”. Te metody zostały zestawione w rozdz. 5.6; nie tylko standardowe – stosowane w analizie i ocenie bezpieczeństwa systemów technicznych (np. FMEA, FTA, CCA), ale także metody mało znane, ukierunkowane na proces projektowania, jak analiza przepływu energii i barier (ETBA), drzewo oceny projektu (PET) czy analiza zmian (CA). Zostały zestawione kryteria projektowe, które pozwalają na przeprowadzanie ewaluacji bezpieczeństwa systemu, w tym tolerowanie zagrożeń wspomniane we wcześniejszym akapicie. Do dyskusji pozostają pewne niekonsekwencje pojęciowe przedstawione w następnym rozdziale recenzji.

Z punktu widzenia modelowania obiektu wielofunkcyjnego jako systemu złożonego oryginalnym założeniem doktoranta jest wyróżnienie wewnętrznego i zewnętrznego systemu funkcjonalnego. W znanych mi modelach systemów złożonych wszystkie elementy, które nie są przedmiotem analizy należą do otoczenia systemu (ewentualnie rozróżnia się otoczenie bliższe i otoczenie dalsze systemu). W modelu opracowanym przez mgr M. Gerigka wewnętrzny system funkcjonalny tworzą: podsystem funkcjonalno-użytkowy, podsystem konstrukcyjny i podsystem technologiczny. Do modelowanego systemu (nadsystemu ?) należy także zewnętrzny system funkcjonalny reprezentujący elementy struktury otaczającej tkanki urbanistycznej, który standardowo zaliczyłbym już do otoczenia nadsystemu. Te podsystemy uwzględniono w modelu obiektu wielofunkcyjnego jako systemu ze względu na powiązania

niezbędne dla procesów eksploatacji systemu wewnętrznego, które także muszą być przedmiotem projektowania. Dopiero pozostałe elementy, które reprezentują szeroki kontekst lokalizacji obiektu zostały zaliczone do otoczenia modelowanego nadsystemu.

Za najważniejsze osiągnięcie doktoranta uważam model wielokryterialnego projektowania budynków wielofunkcyjnych, który zgodnie z przyjętą notacją wg. Mesarovica został przedstawiony we wzorze 9. Zgadzam się z koncepcją autora, że jest to model a nie metoda – zostały w nim powiązane: projektowany nadsystem z jego modelami: geometrycznym, fizycznym i numerycznym oraz z modelami przyjętych kryteriów: estetyki, funkcjonalności, efektywności i bezpieczeństwa. Te relacje zostały w bardzo pomysłowo zilustrowane schematem przestrzennym pokazanym na rys. 6.18, który oddaje całą złożoność problemu projektowania, jednocześnie pozwala na jednoznaczną interpretację istniejących dynamicznych powiązań pomiędzy elementami systemu. Analizę możliwości wykorzystania modelu opracowanego przez mgr M. Gerigka przeprowadzono dla grupy interesariuszy zdefiniowanych w tabeli 1 dla cyklu życia (okresu trwałości ?) obiektu wielofunkcyjnego podanego na rys. 6.20. Udało się zdefiniować połączenia wszystkich elementów, które znajdują się w systemie procesu projektowanego obiektu, co świadczy o wysokich kompetencjach merytorycznych autora oraz o logicznej poprawności zbudowanego modelu.

Wobec powyższego za najważniejszy dorobek naukowy doktoranta uważam:

- opracowanie własnego wielokryterialnego modelu projektowania obiektów wielofunkcyjnych,
- pozytywne zweryfikowanie poprawności logicznej systemowego podejścia do modelowania wielokryterialnego obiektów wielofunkcyjnych,
- umiejętne i krytyczne prowadzenie analizy literatury w zakresie modelowania obiektów elastycznych funkcjonalnie.

Główny naukowy cel pracy został zatem osiągnięty a cele szczegółowe pozytywnie zrealizowane. Sformułowane przez doktoranta dwie hipotezy badawcze zostały w zasadzie pozytywnie zweryfikowane.

#### 4. Uwagi krytyczne

Ocena pracy wymaga przedyskutowania trzech zagadnień: precyzji korzystania przez doktoranta z pojęć z zakresu inżynierii systemów, niezawodności i bezpieczeństwa systemów oraz efektywności obiektu / systemu; zupełności i rozłączności klasyfikowania elementów systemu i otoczenia; definiowania budynku elastycznego funkcjonalnie.

Generalnie podstawowe pojęcia są używane w rozprawie zgodnie z zestawionymi w rozdz. 1.2 podstawowymi definicjami dotyczącymi omawianej dziedziny, choć takie określenia jak: system, podsystem, element, sieć, itp. powinny być używane bardziej konsekwentnie (pewne uwagi zostały już zasygnalizowane w tekście recenzji). Definicje podano za publikacjami naukowymi; ponieważ jednak śledzę na bieżąco literaturę z zakresu niezawodności, bezpieczeństwa czy efektywności należy zwrócić uwagę na bardzo dynamiczny rozwój badań w tych obszarach, także w zakresie rozumienia w skali globalnej tych pojęć. Cytowane publikacje mają charakter „pochodny” co może tłumaczyć pewne niekonsekwencje.

Użycie w definicji niezawodności pojęcia „niesprawność” jest niepoprawne. Sprawność dotyczy w obiektach technicznych efektywności energetycznej urządzeń. Stan niezawodnościowy obiektu, w którym on poprawnie funkcjonuje nazywa się stanem zdatności. Odpowiednio po uszkodzeniu obiekt przechodzi w stan niezdatności. W języku polskim niezawodność ma dwa znaczenia: nieuszkodzalności (*reliability*) oznaczającej właściwość obiektu polegającej na poprawnym funkcjonowaniu nieprzerwanym uszkodzeniem obiektu. W taki sensie niezawodność opisuje element nienaprawialny. Dla obiektów lub systemów naprawialnych / obsługiwalnych (a z takimi mamy do czynienia w rozprawie) używa się pojęcia niezawodności (*dependability*) w sensie gotowości do realizacji zadania, oznaczającej zdolność do rozpoczęcia realizacji zadania w danej chwili czasu.

Definicja pojęcia bezpieczeństwo jest słabiej ugruntowana w literaturze zagadnienia. Niemniej cytowana definicja według CIOP (Centralny Instytut Ochrony Pracy) jest dość specyficzna i ukierunkowana na BHP. W rozumieniu bezpieczeństwa systemu technicznego przyjmuje się, m.in., że: bezpieczeństwo jest takim sterowaniem zagrożeniami, aby osiągnąć akceptowalny poziom ryzyka; bezpieczeństwo jest względnym sposobem oddzielenia od zagrożenia, jest antonimem niebezpieczeństwa; bezpieczeństwo jest miarą względnej wolności od zagrożeń; bezpieczeństwo jest stopniem wolności od zagrożeń w każdym środowisku; bezpieczeństwo jest osądem akceptowalności ryzyka. Podstawowe pojęcia używane w nauce o bezpieczeństwie dotyczą zatem:

- zagrożenia - źródło potencjalnej szkody lub okoliczności potencjalnie szkodliwe,
- ryzyka - kombinacja częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia określonego zdarzenia niebezpiecznego i konsekwencji związanych z tym zdarzeniem.

Efektywność funkcjonowania to, moim zdaniem, nie jest ocena analizy kosztów przy wykorzystaniu mierników ... (str. 8). Nie jestem przekonany czy efektywność należy utożsamiać z wydajnością (str. 70); czym innym, w sensie kategorii elementu systemu, jest

koszt inwestycji, a czym innym system (podsystem ?) konstrukcyjny lub użytkowy. Przez efektywność w procesie projektowania powinniśmy, chyba, rozumieć efektywność ekonomiczną - działanie, którego celem jest osiągnięcie danego efektu przy wykorzystaniu jak najmniejszej ilości dostępnych zasobów lub też osiągnięcie najlepszego rezultatu przy wykorzystaniu określonej ilości zasobów. Efektywność ekonomiczna w tym podejściu przejawia się w osiąganiu określonego celu przy wykorzystaniu do tego w sposób najbardziej skuteczny i najmniej marnotrawny posiadanych zasobów. Ewentualnie – jako efektywność organizacyjną, która jest określona przez zdolność do strategicznego przystosowania się danego przedsiębiorstwa do zmian w otoczeniu, a także do produktywnego oraz oszczędnego wykorzystania posiadanych zasobów do realizacji przyjętej wcześniej struktury celów.

Drugim zagadnieniem wymagającym wyjaśnienia jest sposób zakwalifikowania elementów do systemu i jego podsystemów. Moją uwagę zwróciła przynależność systemu warunków atmosferycznych i systemu zieleni miejskiej do zewnętrznego systemu funkcjonowania budynku wielofunkcyjnego (str. 81), podczas gdy do systemu otoczenia należy system środowiska naturalnego (str. 82). W jaki sposób zapewniono rozłączność elementów systemu, tzn. każdy element systemu może należeć tylko do jednego zbioru w strukturze nadrzędnej zgodnie z przyjętymi regułami dekompozycji systemu na elementy składowe. Jednocześnie pojawia się pytanie o zupełność systemu, tzn. czy wszystkie elementy zostały przypisane do któregoś z podsystemów; czy nie pozostawiono elementów niezidentyfikowanych, które są poza zakresem prowadzonej analizy. Doświadczenie wskazuje, że wiele elementów systemu technicznego pełni w nim różne funkcje i trzeba jednoznacznie określić zasady relacji przynależności.

Trzecia dyskusyjna kwestia dotyczy fazy okresu trwałości (życia ?) systemu określonego jako zużycie. Inne fazy, takie jak projektowanie, budowa (wytwarzanie), eksploatacja (użytkowanie lub obsługiwanie) trwają w czasie. Podobnie z procesem degradacji, o którym zresztą doktorant pisze w pracy. Zużycie, a właściwie „zużywanie” jest jednym z procesów degradacyjnych i najczęściej jest kojarzony ze zjawiskiem tarcia. Wszystkie te procesy prowadzą do osiągnięcia stanu granicznego, który kończy możliwość dalszej eksploatacji obiektu. Osiągnięcie stanu granicznego (zużycia) nie musi wynikać tylko z przyczyn technicznych lub fizyko-chemicznych. Może być zdefiniowane w aspektach ekonomicznych, ekologicznych czy nawet estetycznych. Doktorant różnicuje budynek elastyczny funkcjonalnie od budynku tradycyjnego poprzez skutek osiągnięcia przez obiekt stanu granicznego: zmiana funkcji czy remont generalny. Czy jest to wystarczająco „ostry” podział w odniesieniu do tak złożonych systemów?

Oczywiście powyższe uwagi nie kwestionują omówionych wcześniej pozytywnych osiągnięć poznawczych i badawczych doktoranta. Wskazują tylko na pewne trudności w uogólnieniu tych osiągnięć i są propozycją do lepszego przygotowania tekstu do ewentualnej publikacji.

#### 5. Sposób napisania i zredagowania pracy.

Praca jest napisana poprawnym językiem naukowym. Wspomniane różnice w rozumieniu pewnych pojęć nie uniemożliwiają zrozumienia wyводу.

Praca jest zredagowana starannie. Rysunki i tabele są celowo dobrane, dobrze dopracowane graficznie. W tekście zauważono tylko drobne błędy edycyjne.

Dobrze dobrano bogatą i aktualną literaturę zagadnienia – 103 publikacje i źródła internetowe; wiele w języku angielskim. 6 cytowanych pozycji jest autorstwa lub współautorstwa doktoranta, opublikowanych w latach 2011 – 2015.

#### 6. Podsumowanie

Mimo przedstawionych powyżej uwag krytycznych, które – jak podkreśliłem – nie dotyczą zasadniczego dorobku doktoranta, uważam, że cel pracy ma charakter naukowy i został konsekwentnie zrealizowany. Rozprawa doktorska charakteryzuje się celowo dobraną i ważną, szczególnie do zastosowań w praktyce, tematyką. Dzięki umiejętnemu zastosowaniu metod analizy systemowej wnosi istotne poszerzenie wiedzy w obszarze wielokryterialnego projektowania budynków wielofunkcyjnych.

Podsumowując ocenę rozprawy doktorskiej stwierdzam, że:

- praca stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego,
- doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowo-badawczej,
- doktorant opanował ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie analizy, badania i modelowania złożonych systemów technicznych.

Wobec powyższego uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. arch. Mateusza Gerigka pt.: „Wielokryterialne projektowanie budynków wielofunkcyjnych ze szczególnym uwzględnieniem kryterium elastyczności funkcjonalnej” spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim oraz mieści się w dyscyplinie architektura i urbanistyka. Wnoszę, więc o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

