Prof. dr hab. inż. Zbigniew Emirsajłow
Katedra Automatyki i Robotyki
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Gen. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin
e-mail zbigniew.emirsajlow@zut.edu.pl

Szczecin, 30 grudnia 2023 roku.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. Bartosza Wasilewskiego pt.

Asymptotics analysis and analytic tools for certain types of C_0-semigroups

Promotor:	Prof. dr hab. Grigorij Sklyar
Promotor pomocniczy:	Dr Piotr Polak

1 Wstęp

1.1 Podstawa opracowania recenzji

Niniejszą recenzję opracowano na podstawie uchwały Nr 95/2023 Rady Naukowej Instytutu Matematyki Uniwersytetu Szczecińskiego z dnia 10 października 2023 roku w sprawie wyznaczenia recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie matematyka mgr. Bartoszowi Wasilewskiemu (pismo Przewodniczącego Rady Naukowej z dnia 10 października 2023 roku).

1.2 Kandydat do stopnia doktora

Autorem rozprawy doktorskiej, przedstawionej do recenzji jest mgr Bartosz Wasilewski. Kandydat ukończył studia I i II stopnia na kierunku matematyka na Wydziale Fizyki i Matematyki Uniwersytetu Szczecińskiego w latach 2011-2015. Od 2019 roku jest studentem Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Szczecińskiego. Wcześniej, w latach 2007-2010 studiował na kierunku fizyka, matematyka i astronomia na Uniwerytecie Glasgow w Wielkiej Brytanii, a także, w latach 2015-2019 odbywał studia doktoranckie z fizyki w Instytucie Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii nauk w Poznaniu.

Mgr Wasilewski jest współautorem pięciu artykułów w czasopismach z obszaru fizyki, jednego artykułu, który ukaże się w czasopiśmie *Journal of Mathematical Ohysics, Analysis, Geometry* oraz jednego referatu w materiałach konferencyjnych. W dorobku ma również osiem wystąpień na międzynarodowych i krajowych konferencjach z fizyki i matematyki.

1.3 Informacja o ocenianej rozprawie doktorskiej

Rozprawa nosi tytuł *Asymptotics analysis and analytic tools for certain types of C_0-semigroups* i jest napisana w języku angielskim. Tytuł można przetłumaczyć na język polski jako *Analiza własności asymptotycznych i narzędzia analityczne dla pewnych typów silnie ciągłych półgrup.*

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. Grigorij Sklyar z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, a promotorem pomocniczym - dr Piotr Polak z Uniwersytetu Szczecińskiego.

2 Omówienie i ocena wyników rozprawy

2.1 Wprowadzenie i ocena tematyki rozprawy

Matematyczny opis ewolucji w czasie różnorodnych zjawisk i procesów występujących w przyrodzie, gospodarce, społeczeństwie oraz systemów spotykanych w technice bardzo często można sprowadzić do abstrakcyjnego, jednorodnego zagadnienia początkowego Cauchy'ego

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t)\,, \quad t \geq 0\,, \\ x(0) &= x_0\,, \end{aligned} \tag{1}$$

gdzie A jest liniowym, nieograniczonym operatorem na nieskończenie wymiarowej przestrzeni Banacha X, generującym silnie ciągłą półgrupę liniowych, ograniczonych operatorów

$$(T(t))_{t\geq 0} \subset \mathcal{L}(X)\,. \tag{2}$$

Półgrupa ta pozwala przedstawić rozwiązanie $(x(t))_{t\geq 0}$ równania różniczkowego (1) w postaci

$$x(t) = T(t)x_0\,, \quad t \geq 0\,, \tag{3}$$

Uniwersalność opisu (1)-(3) polega na tym, że obejmuje on m.in. liniowe równania różniczkowe cząstkowe oraz równania różniczkowe zwyczajne z opóźnieniami. Badanie właściwości półgrupy $(T(t))_{t\geq 0}$ w zależności od właściwości jej generatora A jest od dziesiątek lat przedmiotem intensywnych badań w obrębie analizy funkcjonalnej, teorii operatorów, teorii równań różniczkowych (np. prace E. Hille , R. Phillipsa, K. Yosida'y, N. Dunforda, J. Schwartza)). Jednym z istotnych problemów, interesujących badaczy, są właściwości asymptotyczne półgrupy, czyli jej zachowanie się przy $t \to \infty$, i związane z tym zachowaniem, centralne pojęcie stabilności.

W swojej rozprawie doktorskiej Kandydat podjął **badania w dwóch obszarach**:

1. W obszarze **analizy asymptotycznych właściwości silnie ciągłej półgrupy** $(T(t)) \subset \mathcal{L}(X)$, z generatorem A, poprzez pokazanie, że przy pewnych założeniach, dotyczących m.in. widma $\sigma(A)$ operatora A, zachodzi

$$\lim_{t\to\infty} \frac{\|T(t)(A-\mu I)^{-1}\|}{f(t)} = 0\,, \tag{4}$$

gdzie $\mu \in \rho(A)$, $\rho(A)$ jest zbiorem rezolwentowym operatora A, a $f(t)$ jest funkcją, w pewnym sensie, podobną lub równą $\|T(t)\|$. Dotychczasowym, dobrze znanym z literatury, wynikiem z tego obszaru jest twierdzenie należące do C. Batty'ego mówiące, że jeżeli X jest przestrzenią Banacha, $(T(t))_{t\geq 0} \subset \mathcal{L}(X)$ jest półgrupą silnie ciągłą i jednostajnie ograniczoną ($\sup_{t\geq 0} \|T(t)\| \leq M < \infty$), to warunek

$$\lim_{t\to\infty} \|T(t)A^{-1}\| = 0 \tag{5}$$

jest spełniony wtedy i tylko wtedy, gdy $\sigma(A) \cap j\mathbb{R} = \emptyset$, gdzie $\sigma(A)$ jest widmem operatora A. Dla półgrupy ograniczonej warunek $\sigma(A) \cap j\mathbb{R} = \emptyset$ oznacza, że $\sigma(A) \subset \mathbb{C}_-$. Z prac G. Sklyara wiadomo również, że dla półgrupy nieograniczonej warunek $\sigma(A) \subset \mathbb{C}_-$ jest konieczny dla asymptotycznej zbieżności (5).

2. W obszarze **analizy nieskończenie wymiarowego równania różniczkowego z opóźnieniem** o postaci

$$\dot{z}(t) = A_1\dot{z}(t-1) + \int_{-1}^{0} A_2(\theta)\dot{z}(t+\theta)\mathrm{d}\theta + \int_{-1}^{0} A_3(\theta)z(t+\theta)\mathrm{d}\theta\,. \tag{6}$$

gdzie $z(t) \in X$, X jest przestrzenią Banacha, a A_1, $A_2(\theta)$, $A_3(\theta)$ dla $\theta \in [-1, 0]$ są liniowymi, ograniczonymi operatorami na X, spełniającymi dodatkowe założenia. Poprzez wprowadzenie nowej funkcji, opisującej stan, oraz odpowiednio zdefiniowany operator A na nowej przestrzeni stanu $X \times L^p([-1, 0]; X)$, skomplikowany model (6) daje się sprowadzić do postaci (1)-(3). Przyjmując $X = H$, gdzie H jest ośrodkową przestrzenią Hilberta, oraz przestrzeń stanu w postaci $H \times L^2([-1, 0]; H)$ można pokazać, że istnieje w niej baza Riesza złożona z nieskończenie wymiarowych podprzestrzeni niezmienniczych dla operatora A. Stwarza to potencjalne możliwości zbadania szereg właściwości układu, w tym jego stabilność. Znane dotychczas wyniki dla równania o postaci (6), opublikowane m.in. w pracy G. Sklyara, R. Rabaha i A. Rezounenki, zakładają, że A_1, $A_2(\theta)$, $A_3(\theta)$ są macierzami.

W tym kontekście tematykę badań podjętych przez mgr. Bartosza Wasilewskiego w rozprawie doktorskiej uważam za bardzo aktualną i istotnie ważną z punktu widzenia rozwoju i zastosowań teorii silnie ciągłych półgrup operatorów.

2.2 Omówienie zawartości rozprawy

Rozprawa obejmuje 69 stron, na które składają się: strona tytułowa, oświadczenie doktoranta, streszczenie w języku polskim i angielskim, słowa kluczowe, przedmowa (Preface), podziękowania, spis treści, trzy właściwe rozdziały (Chapter 1, 2, 3) oraz bibliografia, zawierajaca 39 pozycji.

Przedmowa *Preface* zawiera krótkie wprowadzenie do nieskończenie wymiarowego zagadnienia Cauchy'ego i związanego z nim pojęcia silnie ciągłej półgrupy operatorów oraz szkicowo omawia wyniki zawarte w rozprawie w kontekście znanych wyników literaturowych. Wyraźnie zakreślone są dwie grupy wyników, które można uznać za opis części składowych **celu rozprawy**, chociaż Autor nie używa takiego określenia. Cel ten obejmuje *analizę asymptotycznych właściwości silnie ciągłych półgrup operatorów* oraz *analizę nieskończenie wymiarowego równania z opóźnieniem typu neutralnego* i został dokladniej opisany w punktach 1 i 2 poprzedniego podrozdziału niniejszej recenzji. Tak sformułowany cel precyzyjnie określa zakres istotnych zadań badawczych, których rozwiązania podejmuje się Kandydat. Zadania te są ambitne i przy ich rozwiązywaniu Autor będzie musiał wykazać się wiedzą teoretyczną z zakresu analizy funkcjonalnej, teorii silnie ciągłych półgrup, teorii operatorów, w tym teorii spektralnej oraz teorii równań różniczkowych.

Rozdział 1 pt. *Functional analytic tools* przedstawia wybrane pojęcia i wyniki z różnych działów matematyki, do których Autor odwołuje się w dalszych częściach pracy. Obejmują one elementy teorii silnie ciągłych półgrup i powiązane z nią elementy spektralnej teorii operatorów, pojęcia projekcji spektralnej (projekcji Riesza) i bazy Riesza złożonej z nieskończenie wymiarowych podprzestrzeni, całkę Bochnera i przestrzenie Bochnera, operatory Hilberta-Schmidta i kilka wyników z analizy funkcjonalnej.

Rozdział 2 pt. *On the relative decay of unbounded C_0-semigroups on the domain of the generator* zawiera wyprowadzenie zależności charakteryzującej względny wzrost lub zanikanie normy silnie ciągłej półgrupy na dziedzinie jej generatora. Główny wynik sformułowany jest w Twierdzeniu 52 o postaci:

Twierdzenie. Dana jest przestrzeń Banacha X, silnie ciągła półgrupa $(T(t))_{t\geq 0} \subset \mathcal{L}(X)$ z generatorem A i wskaźnikiem wzrostu $\omega_0 > -\infty$ oraz dodatnia funkcja $f(t) : [0, \infty) \ni t \mapsto f(t) \in (0, \infty)$ taka, że

$$\limsup_{s\to\infty} \frac{f(t+s)}{f(s)} = e^{\omega_0 t}, \quad t \geq 0, \tag{7}$$

oraz

$$\|T(t)\| \leq f(t), \quad t \geq 0. \tag{8}$$

Jeżeli dla każdego $\lambda \in \sigma(A) \cap (\omega_0 + j\mathbb{R})$ istnieje ograniczona krzywa gładka $\Gamma_\lambda \subset \mathbb{C}$ obejmująca punkt λ, taka, że $\Gamma_\lambda \cap \sigma(A) = \emptyset$ i spełniony jest warunek

$$\lim_{t\to\infty} \frac{\|T(t)P_{\Gamma_\lambda}\|}{f(t)} = 0\,, \tag{9}$$

gdzie P_{Γ_λ} jest projekcją Riesza, zdefiniowaną zależnością

$$P_{\Gamma_\lambda} = -\frac{1}{2\pi j}\int_{\Gamma_\lambda} (A - \mu I)^{-1} \mathrm{d}\mu\,, \tag{10}$$

to dla każdego $\mu \in \rho(A)$ zachodzi

$$\lim_{t\to\infty} \frac{\|T(t)(A-\mu I)^{-1}\|}{f(t)} = 0\,. \quad \square \tag{11}$$

Autor przeprowadza dowód twierdzenia dla $\omega_0 = 0$, a przypadek dowolnego ω_0 można udowodnić podstawiając przeskalowaną półgrupę $(\mathrm{e}^{-\omega_0 t}T(t))_{t\geq 0}$. Sam dowód oparty jest na idei z pracy G. Sklyara i P. Polaka. Dowód istnienia funkcji $f(t)$ spełniającej warunki (7) i (8) można znaleźć w pracy G. Sklyra. Możliwości wykorzystania Twierdzenia 52 zilustrowane są dwoma przykładami z operatorem A generującym półgrupę nieograniczoną i posiadającym przeliczalne, pojedyncze, czysto urojone widmo.

Rozdział 3 pt. *Delay differential equations of the neutral type in the infinite-dimensional separable Hilbert space* zawiera analizę następującego liniowego równania różniczkowego z opóźnieniem typu neutralnego, zdefiniowanego na nieskończenie wymiarowej przestrzeni Banacha X,

$$\dot{z}(t) = A_1\dot{z}(t-1) + \int_{-1}^{0} A_2(\theta)\dot{z}(t+\theta)\mathrm{d}\theta + \int_{-1}^{0} A_3(\theta)z(t+\theta)\mathrm{d}\theta\,, \tag{12}$$

z warunkiem początkowym $z_0(\cdot) \in W^{1,p}([-1,0];X)$ dla $p \geq 1$, gdzie A_1 jest liniowym, ograniczonym operatorem na X, a $A_{2,3}(\cdot) \in L^q([-1,0];\mathcal{L}(X))$ oraz $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$. Wprowadzając przestrzeń $X \times L^p([-1,0];X)$ można równanie (12) przepisać w postaci

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\begin{bmatrix} y(t) \\ z_t(\cdot) \end{bmatrix} = \mathcal{A}\begin{bmatrix} y(t) \\ z_t(\cdot) \end{bmatrix}, \quad \mathcal{A}\begin{bmatrix} y(t) \\ z(\cdot) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int_{-1}^{0} A_2(\theta)\dot{z}(\theta)\mathrm{d}\theta + \int_{-1}^{0} A_3(\theta)z(\theta)\mathrm{d}\theta \\ \mathrm{d}z(\theta)/\mathrm{d}\theta \end{bmatrix}, \tag{13}$$

gdzie $z_t(\cdot) = z(t+\cdot)$ i dziedziną operatora $\mathcal{A}$ zdefiniowaną zależnością

$$D(\mathcal{A}) = \{(y, z(\cdot)) : z(\cdot) \in W^{1,p}([-1,0];X),\ y = z(0) - A_1 z(-1)\} \subset X \times L^p([-1,0];X)\,. \tag{14}$$

Korzystając z twierdzenia Banacha o punkcie stałym Autor pokazał, że równanie różniczkowe (13) posiada jednoznaczne klasyczne rozwiązanie. Następnie, udowadniając warunek $\rho(\mathcal{A}) \neq \emptyset$, udowodnił, że operator $\mathcal{A}$ na przestrzeni $X \times L^p([-1,0];X)$ generuje silnie ciągłą półgrupę.

Od tego miejsca, dalsze rozważania ograniczone są do przestrzeni Hilberta, przy następujących założeniach:

(A1) $p = q = 2$ i $X = H$, gdzie H jest ośrodkową przestrzenią Hilberta.

(A2) $\log\sigma(A) + 2k\pi j \subset \operatorname{Int} O_k\,,\quad k \in \mathbb{Z}\,,$
gdzie $\operatorname{Int} O_k$ są zbiorami otwartymi, spełniającymi warunek $\operatorname{Int} O_k \cap \operatorname{Int} O_l = \emptyset$ dla $k \neq l$, objętymi krzywymi $L_k = L_0 + 2k\pi j$, dla pewnej gładkiej, ograniczonej krzywej L_0, obejmującej zbiór $\log\sigma(A)$ i takiej, że $\log\sigma(A) \cap L_0 = \emptyset$.

Równanie (13)jest teraz zdefiniowane na przestrzeni Hilberta

$$M_2 := H \times L^2([-1,0];H) \tag{15}$$

z iloczynem skalarnym

$$\left\langle \begin{bmatrix} x \\ \psi(\cdot) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} y \\ \phi(\cdot) \end{bmatrix} \right\rangle_{M_2} = \langle x, y \rangle_H + \int_{-1}^{0} \langle \psi(\theta), \phi(\theta) \rangle_H \mathrm{d}\theta, \tag{16}$$

i normą indukowaną przez ten iloczyn. Ponadto, przyjmuje się dodatkowo założenie

(A3) $A_{2,3}(\cdot) \in L^2([-1,0]; \mathcal{L}_{HS}(H))$,

gdzie $\mathcal{L}_{HS}(H) \subset \mathcal{L}(H)$ jest przestrzenią operatorów Hilberta-Schmidta, będącą domkniętą podprzestrzenią przestrzeni $\mathcal{L}(H)$. Najwartościowszym wynikiem tego rozdziału jest pokazanie istnienia bazy Riesza w przestrzeni M_2 złożonej z nieskończenie wymiarowych podprzestrzeni niezmienniczych dla operatora A. Wynik ten zawarty jest w Twierdzeniu 74 o postaci:

Twierdzenie. Jeżeli spełnione są założenia (A1), (A2) i (A3), to istnieje $N \in \mathbb{N}_0$ takie, że dla $|k| \geq N$ zachodzi $L_k \subset \rho(A)$ i podprzestrzenie przestrzeni M_2, które są obrazami projekcji Riesza P_k, gdzie

$$P_k = -\frac{1}{2\pi j} \int_{L_k} (A - \mu I)^{-1} \mathrm{d}\mu \,, \tag{17}$$

razem z obrazem ortogonalnej projekcji P_α na podprzestrzeń $\overline{\mathrm{span}(P_k M_2,\ |k| \geq N)}^{\perp}$, tworzą bazę Riesza przestrzeni M_2. □

Twierdzenie 74 zilustrowane jest prostym przykładem równania różniczkowego z opóźnieniem, zdefiniowanego na przestrzeni $H = L^2[0,1]$.

Rozprawa kończy się **Bibliografią** *Bibliography* zawierającą 39 pozycji, głównie w języku angielskim (kilka w języku rosyjskim), wszystkie związane z tematyką rozprawy lub zawierające opis wykorzystywanych narzędzi matematycznych. Spis ten jest w miarę kompletnym kompendium wiedzy z obszaru tematycznego rozprawy.

Rozprawa jest dopracowana pod względem językowym i edytorskim. Autor posługuje się precyzyjnym językiem, stosując właściwe słownictwo, a rozważania i tok rozumowania prowadzone są w sposób logiczny. Zanim Autor sformułuje problem, zamieszcza krótkie wprowadzenie, a następnie jasno stawia i rozwiązuje rozważany problem. Rozprawę można uznać za przykład dobrze napisanej pracy doktorskiej.

2.3 Ocena wyników

Wyniki, **realizujące cel rozprawy**, zawarte są w Rozdziale 2 i Rozdziale 3.

Główny wynik Rozdziału 2, zawarty w Twierdzeniu 52, jest **nietrywialnym rozszerzeniem** znanych wyników literaturowych. Przede wszystkim, warunki twierdzenia dopuszczają półgrupy nieograniczone, a Przykład 51 pokazuje, że warunek $\sigma(A) \cap (\omega_0 + j\mathbb{R}) = \emptyset$ nie jest konieczny dla zbieżności (11). Ponadto, nietrudno zauważyć, że w przypadku półgrupy ograniczonej z twierdzenia tego łatwo wynika, że warunek $\sigma(A) \cap j\mathbb{R} = \emptyset$ implikuje zbieżność (5), czyli część dostateczną wspomnianego twierdzenia C. Batty'ego. Ponadto, jeżeli funkcja $f(t)$ z twierdzenia spełnia warunek $cf(t) \leq \|T(t)\| \leq Cf(t)$, $t \geq 0$, to otrzymujemy

$$\lim_{t\to\infty} \frac{\|T(t)(A - \mu I)^{-1}\|}{\|T(t)\|} = 0 \,. \tag{18}$$

Warto tutaj podkreślić, że wyniki zawarte w tym rozdziale ukażą się w czasopiśmie *Journal of Mathematical Physics, Analysis, Geometry*.

Natomiast główny wynik Rozdziału 3, zawarty w Twierdzeniu 74, jest również **nietrywialnym rozszerzeniem** wyników pracy R. Rabaha, G. Sklyara i A. Rezounenki na przypadek nieskończenie wymiarowy. Pokazanie, że dla operatora A z zależności (13) istnieje baza Riesza utworzona przez nieskończenie wymiarowe podprzestrzenie, niezmiennicze dla A, potencjalnie może pozwolić na dalszą analizę właściwości równania (12). Niestety, Autor nie zamieszcza żadnych sugestii w tym kierunku.

Podsumowując, uważam, że **cel rozprawy** sformułowany przez Autora w rozdziale *Preface* **został w pełni zrealizowany**.

2.4 Uwagi i komentarze

1. Praca jest dobrze napisana i nie dopatrzyłem się w niej błędów merytorycznych.

2. Podane przykłady dobrze ilustrują wyniki z punktu widzenia matematyki, ale wydają się zbyt abstrakcyjne, aby można było je powiązać z praktycznymi przypadkami układów spotykanych w fizyce lub technice.

3. Praca nie zawiera, typowego dla klasycznej rozprawy doktorskiej, podsumowania oraz przedstawienia możliwych kierunków dalszych badań. Interesujące byłoby przedstawienie przez Kandydata takich planów. Przykładowo, z punktu widzenia zastosowań w teorii sterowania układami nieskończenie wymiarowymi interesujące jest zagadnienie: Jeżeli A generuje silnie ciągłą i *względnie stabilną* półgrupę, to kiedy addytywnie zaburzony operator $A + P$ również generuje silnie ciągłą i *względnie stabilną* półgrupę?

4. Bibliografię można by uzupełnić o artykuł: *L. Paunonen i H. Zwart, A Lyapunov approach to strong stability of semigroups, Systems and Control Letters 62(2013), str. 673-678*, który pokazuje jak cytowane w rozprawie wyniki W. Arendta, C. Batty'ego, Y. Lyubicha i Vu Phonga, dotyczące silnej stabilności ograniczonej półgrupy, można udowodnić korzystając z właściwości rozwiazania operatorowego równania Lyapunowa.

3 Wniosek końcowy

Przedstawione w Podpunkcie 2.4 uwagi mają charakter dyskusyjny i nie wpływają na moją ogólną opinię o rozprawie. Recenzowana praca posiada wszystkie niezbędne cechy rozprawy doktorskiej z dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie matematyka:

- **Pokazuje szeroką wiedzę teoretyczną** Autora z analizy funkcjonalnej, teorii silnie ciągłych półgrup operatorów na przestrzeniach Banacha i Hilberta oraz innych obszarów matematyki oraz **umiejętność jej praktycznego wykorzystania do samodzielnego prowadzenia badań naukowych** (w tym przypadku jest to wiedza obejmująca własności przestrzeni Banacha i Hilberta, przestrzeni funkcyjnych, całki Bochnera, projekcji spektralnych, nieskończenie wymiarowych baz Riesza, nieskończenie wymiarowych równań różniczkowych z opóźnieniami).

- Zawiera **sformułowanie i rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego**, które istotnie uzupełniają i poszerzają istniejącą wiedzę (w tym przypadku jest to zbadanie własności asymptotycznych pewnej klasy silnie ciągłych półgrup oraz zastosowanie tej teorii i spektralnej teorii operatorów do analizy nieskończenie wymiarowego równania różniczkowego z opóźnieniem typu neutralnego).

Podsumowując, jednoznacznie stwierdzam, że rozprawa mieści się w aktualnym obszarze badawczym analizy funkcjonalnej, teorii silnie ciągłych półgrup operatorów oraz spektralnej teorii operatorów, będących istotnymi działami dyscypliny naukowej **matematyka**, i **spełnia** wszystkie wymogi określone w Art. 187 ust. 1-3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 ze zm.). Na tej podstawie wnioskuję o **dopuszczenie** rozprawy do publicznej obrony.