

Prof. dr hab. inż. Roman Kadaj  
Politechnika Rzeszowska  
Katedra Geodezji im. K. Weigla  
adres prywatny:  
ul. Goździkowa 8/1, 35-604 Rzeszów  
tel. 501-627-126  
e-mail: [kadaj@prz.edu.pl](mailto:kadaj@prz.edu.pl)

---

Rzeszów, 2. 12. 2017

### **R e c e n z j a**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Krzana p.t.

### **„OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA METODY *PRECISE POINT POSITIONING (PPP)* Z UŻYCIEM AKTUALNYCH PRODUKTÓW IGS W POMIARACH GEODEZYJNYCH”**

dla Rady Wydziału Geodezji Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa  
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

### **Przedmiot, cel naukowy rozprawy doktorskiej, jego znaczenie poznawcze i praktyczne**

Przedmiotem recenzowanej rozprawy doktorskiej mgr-a inżyniera *Grzegorza Krzana* jest cykl 4 monotematycznych publikacji naukowych, w tym 1 samodzielnej i 3 współautorskich, z deklarowanym istotnym udziałem doktoranta. Ze względów formalnych wymieniam tytuły i specyfikacje wydawnicze tych prac:

- *The usability of the Undifferenced Positioning techniques in establishing regional geodetic control networks – a case study in Poland. **Studia Geophysica et Geodaetica**, (przyjęta do druku w 2017r); czasopismo na liście **A**.*
- *Application of the undifferenced GNSS precise positioning in determining coordinates in national reference frames. **Artificial Satellites**, vol. 52(3), współautor: Stępiak K. (przyjęta do druku w 2017 r); czasopismo na liście **B**.*
- *Determining normal heights with the use of Precise Point Positioning. **Survey Review**, vol. 49(355), 2017, współautorzy: Dawidowicz K., Stępiak K., Świątek K.; czasopismo na liście **A**.*
- *GPS/GLONASS Precise Point Positioning with IGS Real-Time Service Products. **Acta Geodynamica et Geomaterialia**, vol. 13(1), 2016, współautor: Przestrzelski P.; czasopismo na liście **A**.*

Współautorzy publikacji oświadczyli w oddzielnych pismach o swoim udziale, który sprowadzał się do przygotowania danych, pomocy programistycznej i częściowych

opracowań teoretycznych (Dawidowicz – zagadnienie wyznaczenia wysokości normalnych). Można więc przyjąć, że podstawowy zakres merytoryczny publikacji, w tym obejmujący eksperymenty empiryczne jest głównym udziałem doktoranta.

Doktorant syntetyzuje tematykę wymienionych publikacji i formułuje główny cel naukowy, zapisany w tytule dołączonego autoreferatu (syntezy publikacji w j. polskim): „Ocena możliwości wykorzystania metody *Precise Point Positioning (PPP)* z użyciem aktualnych produktów *IGS* w pomiarach geodezyjnych”. Publikacje i syntetyzujący autoreferat dotyczą różnych aspektów teoretycznych i praktycznych głównego tematu, a w szczególności:

- podstaw teoretycznych metody **PPP**,
- zastosowania nieróżnicowych obserwacji fazowych i kodowych oraz poprawek zegarów satelitów i orbit precyzyjnych udostępnianych przez serwis **IGS** (równolegle, dla porównania korzysta doktorant z serwisu Europejskiej Agencji Kosmicznej **ESA**),
- identyfikacji całkowitych nieoznaczoności w układach nieróżnicowych obserwacji fazowych, charakteryzujących się istotnie szerszym pasmem zakłóceń niż obserwacje różnicowe w pomiarach względnych,
- transformacji oryginalnych pozycji z układu **ITRF2008** do układu regionalnego, a w szczególności do układu **PL-ETRF2000** na epokę **2011.0**,
- niwelacji satelitarnej z wykorzystaniem lokalnego modelu quasi-geoidy, w szczególności modelu **PL-geoid-211**,
- problemu dokładności wyznaczeń **PPP** w różnych sytuacjach opcjonalnych, zależnie od długości sesji obserwacyjnych, klasy odbiorników, rozwiązań typu *float* lub *fixed*, uwzględnienia satelitów systemów **GPS** i **GLONASS**, produktów **IGS** lub **ESA**,
- programów komputerowych do wyznaczeń pozycji metodą **PPP** (doktorant użył programu **NAPEOS** udostępnianego przez Europejskie Centrum Analiz Kosmicznych)

Metoda **PPP** (precyzyjnych, bezwzględnych wyznaczeń punktów) w systemach satelitarnych (**GPS**, **GLONASS**) spotyka się w ostatnich latach ze szczególnym zainteresowaniem teoretycznym i praktycznym. Pod pewnymi warunkami może zastąpić dokładnościowo tradycyjnie stosowane precyzyjne metody statyczne lub kinematyczne oparte na pozycjonowaniu względnym. Główna korzyść polega na autonomicznym wyznaczeniu pozycji pojedynczego odbiornika, bez potrzeby korzystania z abonamentowych serwisów stacji naziemnych (jak np. serwisów **RTK** lub **RTN** w **ASG-EUPOS**) lub używania większej niż 1 liczby odbiorników. W przeciwieństwie do tradycyjnych pomiarów względnych, gdzie w różnicach fazowych drugiego rzędu następuje eliminacja istotnych zakłóceń sprzętowych (offsety zegarów odbiorników i satelitów), metodologia **PPP** oparta na bezpośrednich (nieróżnicowych) obserwacjach fazowych i kodowych, wymaga korzystania z poprawek zegarów oraz orbit precyzyjnych. Jak informuje doktorant, aktualnie (od roku 2013) można je pozyskiwać także w czasie rzeczywistym w produktach **IGS**. Pomimo wprowadzanych poprawek, metoda **PPP** charakteryzuje się generalnie większymi zakłóceniami niż metody względne, statyczne lub kinematyczne, więc z tego powodu wymaga dłuższych czasów obserwacji (nadmieńmy, że właśnie wpływ długości sesji obserwacyjnej na dokładność wyznaczeń pozycji był jednym z elementów badanych empirycznie przez doktoranta). Obok koniecznych poprawek zegarów i orbit, długość sesji obserwacyjnej stanowić może istotny składnik kosztu metody. Doktorant stawiając tezę o możliwości zastosowania metody **PPP** w pomiarach geodezyjnych kierował się głównie aspektem dokładnościowym, jakkolwiek zwracał również uwagę na barierę kosztu (czasu) obserwacji.

Temat rozprawy uważam za bardzo aktualny, bo dotyczący najnowszej techniki pomiarowej, a równocześnie rokujący w bliskiej przyszłości istotne znaczenie praktyczne w pomiarach geodezyjnych. W ostatnich latach metoda **PPP** stała się przedmiotem wielu publikacji, propozycji różnych udoskonaleń w zakresie metodologii obliczeniowych, w tym sposobów eliminacji różnego rodzaju zakłóceń. Równocześnie powstały konkretne programy komputerowe realizujące takie zadanie pozycjonowania. Można powiedzieć, że publikacje z klasycznych satelitarnych pomiarów względnych stały się już rzadkością. Na popularność metody **PPP** wpłynęły w ostatnich latach nowe możliwości techniczne – w roku **2013** udostępniono już serwis precyzyjnych poprawek orbitalnych w czasie rzeczywistym, umożliwiając tym samym realizację pozycjonowania metodą **PPP** również w czasie rzeczywistym.

Szczególnym zagadnieniem, które zainteresowało doktoranta to możliwości geodezyjnego zastosowania metody **PPP** na poziomie dokładnościowym, porównywalnym z metodami względnymi. W ramach pobytu na stażu naukowym w Europejskim Centrum Analiz Kosmicznych (ESOC) doktorant zapoznał się m.in. z podstawami teoretycznymi metody i programem komputerowym o nazwie **NAPEOS**, który stał się także narzędziem realizacji własnych, zaprojektowanych badań empirycznych metody **PPP**. Program umożliwia wykorzystanie zarówno produktów **IGS** typu *final* jak również analogicznych produktów wytworzone przez Centrum Analiz Europejskiej Agencji Kosmicznej (**ESA**). Doktorant mógł dokonywać porównań wyniki obliczeń z różnych opcji, na przykład rozwiązania standardowe typu - *float* – bez identyfikacji całkowitych nieoznaczoności, z rozwiązaniami typu *fixed* – z identyfikacją wartości całkowitych.

Poligonem doświadczalnym doktoranta był zbiór **14** polskich stacji **EPN**, a więc stacji **GNSS** o permanentnie kontrolowanej stabilności, posiadające najwyższej klasy odbiorniki oraz - dla analiz dokładności wyznaczeń dla krótkich sesji obserwacyjnych – zbiór **13** stacji wybranych w obszarze Polski południowo-zachodniej w obszarze o średnicy ok. **70 km**. Obejmują one istniejące stacje **ASG-EUPOS**, stacje sieci komercyjnej **TPI NETpro** oraz **6** punktów z antenami i odbiornikami profesjonalnymi, stosowanymi w pomiarach geodezyjnych. Rejestrowano **8** – mio krotnie obserwacje dobowe (**24h**) na stacjach **EPN** oraz **8** – mio godzinne na stacjach pozostałych. Dla celów badawczych sesje wielogodzinne mogły być dzielone na pod-sesje o krótszych czasach obserwacji. W ten sposób uzyskano wystarczający liczebnie zbiór danych do badań statystycznych i porównawczych. Szczegółowa ocena wyników rozprawy będzie przedstawiona w kolejnej części niniejszej recenzji.

### **Dyskusja wyników rozprawy**

Ekspertyzy, które doktorant zaprojektował i zrealizował na wymienionych wcześniej zbiorach danych przy zastosowaniu programu **NAPEOS** zostały przedstawione syntetycznie w tabelach 3.7 – 3.21 (pomiar w trybie stacjonarnym) oraz 3.22 (pomiar w trybie czasu rzeczywistego). W przypadku pomiarów stacjonarnych uwzględniają one różnego rodzaju opcje, jak np.:

- długość sesji obserwacyjnej,
- rodzaje uwzględnianych systemów **GPS / GLONASS**,
- wykorzystanie produktów **IGS** lub **ESA**

- rodzaj współrzędnych bazowych, względem których tworzy się różnice wyznaczeń z wynikami **PPP**, dające materiał do analiz statystycznych w zakresie formułowanych tez badawczych,
- rozwiązanie standardowe (typu *float*) lub z identyfikacją całkowitych nieoznaczoności (typu *fixed*), wykorzystujące pełny zestaw poprawek precyzyjnych **IGS**.

Odnoszę się teraz do konkretnych problemów rozprawy, w tym do wykonanych badań empirycznych oraz opisu teoretycznego metodologii **PPP** (zagadnienia pominięte nie budzą zastrzeżeń i nie wymagają specjalnych komentarzy):

(1) Program badań empirycznych, ich realizacja, analiza otrzymanych wyników i wnioski generalnie nie budzą zastrzeżeń metodologicznych, są świadectwem dobrego przygotowania doktoranta do pracy naukowej [+].

(2) Doktorant potwierdził ogólnie znaną zależność, że dokładność wyznaczonej pozycji wzrasta statystycznie wraz z długością sesji obserwacyjnej. Istotniejsze byłyby jednak jakieś elementy (parametry) mierzalne tej zależności w odniesieniu do konkretnych zastosowań, czyli na przykład wymagana minimalna czasowo długość sesji dla wyznaczeń punktów danej klasy osnowy. Doktorant przedstawia jednak niezależnie, wymagania dokładnościowe różnych klas osnow geodezyjnych według obowiązujących przepisów oraz wyniki własnych badań metody **PPP** za pomocą odpowiednich parametrów dokładnościowych (**STD** i **RMS**). Tak więc, kierując się uzyskanymi wynikami badań i założeniami można sformułować już łatwo odpowiednie kryteria praktyczne dla ewentualnej modyfikacji przepisów geodezyjnych. Do tego celu należy jednak dodatkowo uwzględnić aspekt niezawodności i kosztu – o czym pod kolejnym akapitem [+ -].

(3) Doktorant odnosi się do obowiązujących przepisów technicznych dotyczących osnow geodezyjnych, które nie dopuszczają w ogóle stosowania metody **PPP** pomimo, że jakość produktów **IGS** ulega sukcesywnej poprawie, zwłaszcza po roku 2013. Wyniki badań metody **PPP** lub jej ogólniejszej postaci **multi-stationPPP** dowodzą, że metody te nie ustępują dokładnościowo metodom standardowym **GNSS** opartym na pomiarach względnych. Myśląc jednak o zastosowaniach w praktyce geodezyjnej trzeba uwzględnić dodatkowo barierę kosztu (czasu sesji) oraz ważny aspekt niezawodnościowy (kontrolny). Powinnością Urzędu, tworzącego przepisy techniczne (rozporządzenia) jest dbanie o jakość wytwarzanych produktów, na co składa się w naszym przypadku nie tylko dokładność ale również niezawodność (możliwość kontroli, bezpieczeństwo stosowania). Problem ten pojawia się w przypadku technik **RTK**, **RTN**, serwisu **POZGEO / ASG-EUPOS**, jak również w pomiarach statycznych, gdy dany punkt jest wyznaczony tylko w jednej sesji obserwacyjnej. W każdym takim przypadku wyznaczenie punktu opiera się na pojedynczym, nieweryfikowalnym zbiorze obserwacji (można powiedzieć, że to działa jak „czarna skrzynka”). Analogiczna kwestia niezawodności będzie dotyczyć metody **PPP**. Typowym elementem zwiększającym niezawodność wyznaczenia może być 2-3 krotne powtórzenie pomiaru, w odrębnych warunkach pomiaru. Innym elementem kontrolnym może być na przykład jakieś powiązanie wyznaczeń **GNSS** z pomiarami klasycznymi. Doktorant rozważając możliwość wprowadzenia metody **PPP** do szerszych zastosowań geodezyjnych (zgodnie z tytułem rozprawy) powinien mieć także na uwadze ważny aspekt niezawodnościowy (na str. 34 w6d jest tylko wzmianka o potrzebie „...wiarygodności wyników...”). [+ -].

(4) O programie **NAPEOS**, który doktorant stosuje, dowiadujemy się zbyt lakonicznie i przy okazji omawiania wyników. Myślę, że powinno się poświęcić przynajmniej jeden podrozdział pracy, opisujący możliwości funkcjonalne i opcje programu, jako podstawowego narzędzia obliczeniowego. Można się domyślać, że przedstawione w pracy opisy teoretyczne stanowią równocześnie opis funkcjonalny programu ale nie jest to określone jednoznacznie [+ - ]

(5) Jako empiryczne miary dokładności stosuje doktorant odchylenie standardowe (**STD** – *standard deviation*) oraz błąd średniokwadratowy (**RMS** – *root mean square*). Pojmuję, że pierwsza w stosunku do drugiej jest estymatorem nieobciążonym – pod pierwiastkiem w mianowniku jest  $n-1$  zamiast  $n$ . Aby nie było nieporozumień można było określić ściśle te parametry, nie posługując się tylko ich nazwą. Wydaje mi się jednak (mogę się mylić), że jest to niepotrzebne dublowanie podobnych (spełniających analogiczną funkcję) miar rozproszenia. Ponieważ próbki mają tylko po 8 elementów (chyba, że odczytuję niewłaściwie liczebności zbiorów danych), więc tak naprawdę nie wiadomo, który z parametrów **STD**, czy **RMS** jest bliższy parametrowi modelu probabilistycznego błędu. Dla ukazania zmieniającej się dokładności wyznaczeń różnych stacji wystarczyło posłużyć się jednym parametrem, np. **RMS** [?]

(6) W finalnym etapie algorytmu obliczeniowego metody **PPP** doktorant uwzględnia słusznie i poprawnie transformację współrzędnych z układu **ITRF2008** (stosownie do układu odniesienia produktów **IGS**) do układu **ETRF2000** na epokę **2011.0**, stosując ogólnie dostępne wzory uwzględniające składnik kinematyczny. Chciałbym jednak spostrzec, że właściwy w obszarze Polski układ **PL-ETRF2000/ep. 2011** jest pewną lokalną realizacją układu europejskiego, określony przez współrzędne stacji **ASG-EUPOS** (w tym stacji **EPN**). Ta Polska realizacja może się nieco różnić od układu realizowanego przez wzory standardowe ze składnikiem kinematycznym. Dlatego można by rozważyć zastąpienie wzorów standardowych wzorami wyznaczonymi poprzez transformację 3D w oparciu o punkty dostosowania. Niezależnie od takiej propozycji doktorant uwzględnił fakt koniecznej konwersji współrzędnych, według standardu, który jak sądzę jest stosowany w rozwiązaniach komercyjnych [+].

(7) Podobnie jak w p. 6 rzecz ma się z wyznaczeniem wysokości normalnych. Wiadomo, że każdy model quasi-geoidy, w tym **PL-geoid-2011** charakteryzuje się pewnym błędem systematycznym, zmiennym obszarowo, w stosunku do układu odniesienia realizowanego przez podstawowe osnowy wysokościowe. Identyfikowany błąd wyznaczenia wysokości może być wynikiem zarówno błędu modelu quasi-geoidy, jak też błędu samej osnowy. Jednakże, chcąc doprowadzić do sytuacji, by wyznaczone punkty były spójne z lokalnym układem osnowy geodezyjnej (w tym przypadku wysokościowej) należałoby dokonać transformacji (wpasowania) wyznaczonego zbioru punktów do rzeczywistego układu osnowy wysokościowej poprzez lokalną transformację (np. liniową lub bi-liniową) w oparciu o punkty dostosowania. Będzie to możliwe po wyznaczeniu pewnej grupy punktów. Powyższe stwierdzenia są tylko niezobowiązującym uzupełnieniem procedury opisanej przez doktoranta, dopuszczającej wyznaczenie wysokości normalnej z szacowanym błędem metody i modelu [+].

(8) Uwagi dotyczące modelu funkcjonalnego metody **PPP** :  
Opisując model funkcjonalny metody **PPP** doktorant stosuje, niejako systemowo, nieróżnicowe obserwacje fazowe i kodowe. Takie podejście nie eliminuje błędu zegara

odbiornika, które stanowi istotne zakłócenie modelu, jakkolwiek można by go wyeliminować poprzez zastosowanie pojedynczych różnic pomiędzy satelitami. Jak jest uzasadnienie przyjętego (także w cytowanej literaturze) podejścia nieróżnicowego?

Model funkcjonalny układu jest zapisany jeden raz wzorami (3.1), (3.2) i drugi raz wzorami uproszczonymi (3.26), (3.27) z pominięciem niektórych składników błędów i redukcji lub w postaci (3.29), (3.30) (numeracja według autoreferatu). Dlaczego nie wprowadzono wcześniej modelowych poprawek troposferycznych, podobnie jak innych redukcji, np. antenowych, tylko pozostawiono je jeszcze w modelach uproszczonych?

Dlaczego w (3.29) dla pseudo-odległości poprawka troposferyczna jest zapisana z uwzględnieniem tylko składnika mokrego, inaczej niż w (3.30)?

Formułując macierzowy układ równań poprawek (3.31) nie wyspecyfikowano dokładnie składowych wektora  $x$ . Chodzi mi o to, czy zawiera on tylko niewiadome współrzędne punktu  $X, Y, Z$  i nieoznaczoności, czy również jakieś modele błędów systematycznych (np. opóźnienia sprzętowe, parametry troposfery – te raczej z modelu ustalonego a priori). W którym miejscu w modelu funkcjonalnym są wprowadzone produkty **IGS**?

Czy równania pseudo-odległości są wykorzystywane łącznie z równaniami fazowymi – te pierwsze wprowadzają bowiem do układu mającego trzykrotnie większe zaburzenie niż w przypadku tylko obserwacji fazowych? Może te pierwsze służą tylko do wyznaczenia pozycji przybliżonej, ale nie jest to opisane jednoznacznie [?].

(9) Uwagi dotyczące kombinacji liniowych w podrozdziale 3.2.3: W tabeli 3.5. zamieszczono charakterystyki różnych kombinacji liniowych częstotliwości **L1, L2, L5**. Dobrze byłoby jednak podać sposób (wzór) określenia wypadkowej długości fali i szumu (także jednostki w jakich jest podany szum; w cyklach, w metrach) w odniesieniu do **L1**. Jeśli chodzi o kombinacje **MW** w ostatnich trzech wierszach tabeli, to argumentami powinny być nie tylko obserwacje fazowe lecz także kodowe (w zapisie symbolicznym są tylko pierwsze).

W treści z podtytułem „Kombinacja liniowa *geometry-free*” (na str. 25 w 7d) jest stwierdzenie „Rezultat kombinacji wolny jest od błędów zegarów satelitów i odbiorników ...” ale w **PPP** nie ma różnic podwójnych bo jest tylko 1 punkt wyznaczany. Można eliminować tylko błąd zegara odbiornika z różnic pojedynczych (pomiędzy satelitami). Być może doktorant ma tutaj na myśli tylko **multi-stationPPP**, (jest taka wzmianka dopiero na str. 28, w12d) bo wtedy można utworzyć wektory naziemne, lecz trzeba było o tym wyraźnie wskazać w treści p. 3.2.3.

W opisie kombinacji *Melbourne – Würbena* (str. 26) jest stwierdzenie: „... wolna od wpływu jonosfery, troposfery, błędów zegarów i geometrii”. Przyjmijmy nawet, że stosujemy kombinację **WM** na podwójnych różnicach fazowych i kodowych. Proszę zatem przynajmniej wykazać, że ta kombinacja jest rzeczywiście wolna od wpływu jonosfery (nie ograniczając się tylko do samego stwierdzenia) lub odwołać się do konkretnego wyводу w jakiejś pozycji literatury (konsekwencją ma być m.in. wzór 3.38)).

Jeszcze uwaga do kombinacji jednej częstotliwości (3.25): stwierdzenie, że „... umożliwia ... eliminację efektu jonosfery” będzie słuszne pod warunkiem, że **P1** ma wyeliminowany wpływ jonosfery (ale na jakiej zasadzie?) [ - ?].

10) Doktorant spostrzega i słusznie orzeka, że w długich (maksymalnie dobowych) sesjach obserwacyjnych rozwiązania typu *float* są również tak wysoko dokładne, nawet na poziomie sub-milimetrowym, jak rozwiązania z identyfikacją całkowitych nieoznaczoności (typu *fixed*). Wówczas metoda **PPP** może być zastosowana do specjalnych zadań jak np. badania geodynamiczne. [+]

11) Wyniki badań metody **PPP** z wykorzystaniem serwisów czasu rzeczywistego, które przeprowadził doktorant są ważne praktycznie, bo wskazują, że ta metoda nie ma jeszcze precyzji porównywalnej ze standardowymi serwisami **RTK**, **RTN** systemów stacji referencyjnych (przybliżona relacja pomiędzy błędami średnimi jest jak 10:1) [+]

### Drobne uwagi szczegółowe

- str. 29, wzór (3.39) . Skąd się wziął? Brakuje odwołanie do źródła. Brakuje też objaśnienia dla wielkości „n”.
- str. 29 , w5 – 9 g. Nie jest zrozumiały zupełnie tekst: „Na tym etapie .... czyli te, które posiadają różną od zera korelację ... gdy wszystkie cztery ..... są skorelowane”. Kontekst wymaga klarownego objaśnienia.
- str. 32, rys. 3.3. w podpisie rysunku użyto nazwy wysokości ortometrycznej, tymczasem zajmujemy się właściwie wysokościami normalnymi.

### Ocena poziomu wiedzy doktoranta

Jednym z oczekiwanych warunków jaki powinien spełniać doktorant jest wykazanie się wiedzą z przedmiotowej dyscypliny, a przede wszystkim w zakresie tematycznym rozprawy. Liczne odniesienia do literatury przedmiotu i treści przedłożonych publikacji świadczą, że doktorant posiadał szeroką wiedzę z zakresu teorii i praktyki pozycjonowania satelitarnego oraz algorytmów i programów komputerowych realizujących te zadania, z uwzględnieniem zastosowań w praktyce geodezyjnej. Doktorant doskonalił swoją wiedzę specjalistyczną będąc na stażu zagranicznym w Centrum Analiz **ESA**. Zapoznał się przede wszystkim ze stroną praktyczną metody **PPP** (oprogramowaniem **NAPEOS**). Powyższe fakty świadczą, że doktorant zdobył doświadczenie i wiedzę upoważniającą go do starań o awans naukowy do stopnia naukowego doktora.

### Konkluzja

Pomimo pewnych uwag krytycznych, z całej treści recenzowanej pracy (złożonej z 4 publikacji i niezależnej syntezy) wynoszę, że **jest ona wystarczającym dziełem na poziomie pracy doktorskiej**. Nie wykluczam, że niektóre opisane w recenzji kwestie dyskusyjne mogą wynikać z nietrafności pewnych moich interpretacji ale, jak sądzę, wyjaśnią się one na obronie. Treść pracy dokumentuje wiedzę doktoranta, a uzyskane wyniki mają znaczenie poznawcze i praktyczne. Generalnie więc recenzowana praca spełnia wymogi odpowiednich przepisów prawnych dotyczących rozpraw doktorskich.

**Biorąc pod uwagę powyższe, wnoszę o przyjęcie rozprawy jako spełniającej wymogi prac doktorskich i dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony, zgodnie z procedurą przewodu doktorskiego.**



Roman Kadaj