

dr hab. inż. Rafał Stanisławski, prof. uczelni  
Katedra Informatyki  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki  
Politechnika Opolska  
e-mail: r.stanislawski@po.edu.pl

Opole, 2022-06-13

S E K R E T A R I A T  
Rady Dyscypliny AEE

Wpłynęło dnia ..... 28. 06. 2022 .....  
Zarejestrowano pod nr .....  
Podpis ..... 

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**Tytuł rozprawy:**

**Occupancy grid environmental modeling for automotive applications**

*(Modelowanie otoczenia pojazdu za pomocą siatek zajętości w zastosowaniach automatyki samochodowej)*

**Autor rozprawy: mgr inż. Jakub Porębski**

**Promotor rozprawy: dr hab. inż. Paweł Skruch, prof. AGH**

**Promotor pomocniczy: dr inż. Krzysztof Kogut**

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica, dra hab. inż. Ryszarda Sroki, prof. AGH, z 8 kwietnia 2022 roku.

### 1. Zawartość pracy i ocena formalna

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska zawiera łącznie 157 stron podzielonych na osiem rozdziałów podstawowych i dwa dodatkowe, literatury liczącej 110 pozycji, wykazów ważniejszych oznaczeń i najczęściej stosowanych skrótów oraz listy figur i tabel. Dysertacja została napisana w języku angielskim.

W rozdziale pierwszym przedstawiono krótkie wprowadzenie do pracy. Scharakteryzowano w nim cele oraz zakres pracy, uzasadniono podjęcie problemu oraz przedstawiono wkład naukowy dokonany w pracy przez Autora. Ponadto w rozdziale pierwszym krótko scharakteryzowano strukturę przedmiotowej dysertacji.

W rozdziale drugim przedstawiono szczegółowe wprowadzenie do zagadnienia systemów wspomagania kierowcy i autonomicznych systemów kierowania pojazdami. Przedstawiono krótki rys historyczny, scharakteryzowano poziomy autonomiczności pojazdów, oraz zaprezentowano metodologię wytwarzania systemów wspomagania kierowcy i jazdy autonomicznej. Ponadto omówiono zadania systemów autonomicznej jazdy oraz umiejscowiono w tych zadaniach główny obszar zainteresowania pracy, jakim jest analiza otoczenia i rozpoznawanie przeszkód w torze jazdy za pomocą tzw. sieci zajętości (ang. *occupancy grid*). Przedmiotowy rozdział, chociaż cytuje kilkadziesiąt referencji, nie ma charakteru analizy literaturowej. Ma raczej charakter naukowo-techniczny i przedstawia naukowo-techniczne otoczenie dysertacji.

Rozdział trzeci zawiera właściwe wprowadzenie do głównego zagadnienia poruszanego w



pracy tj. analizy otoczenia i oceny przeszkód w torze jazdy pojazdu z użyciem tzw. sieci zajętości. Poza wprowadzeniem samego pojęcia sieci zajętości i prezentacją podstawowych zależności probabilistycznych wykorzystywanych w tych sieciach, Autor prezentuje podstawowe reprezentacje tych sieci, architekturę systemów na nich opartych i diagramy przepływów informacji. Ponadto Doktorant opisuje metody modelowania czujników pomiarowych obejmujące metody proste i inwersyjne oraz prezentuje inne informacje związane z probabilistycznymi metodami modelowania sieci zajętości. Rozdział jest szczegółowym przeglądem literatury naukowej dotyczącym metod stosowanych w dalszych częściach dysertacji.

W rozdziale czwartym przedstawiono probabilistyczne rozważania nad łączaniem informacji z różnych rodzajów czujników we wspólną, wielopoziomą sieć zajętości. W pierwszej kolejności przedstawiono podstawowe metody określania prawdopodobieństwa na podstawie sygnałów wejściowych. Następnie zaproponowano architektury systemów łączenia danych z różnych źródeł oraz zdefiniowano probabilistyczne zależności dla poszczególnych reguł łączenia informacji. W rozdziale przedstawiono również autorską metodę wizualizacji wyników i interesujące przykłady symulacyjne. W pierwszej części rozdział stanowi analizę literaturową dostępnych metod probabilistycznych, która w kolejnych częściach rozdziału została wykorzystana do opracowania autorskiej, wielopoziomowej architektury sieci zajętości.

Rozdział piąty podejmuje problematykę filtracji zakłóceń z czujników pomiarowych. Została w nim przedstawiona klasyfikacja źródeł niepewności występujących w systemie, dokonano przeglądu dostępnych metod oraz przedstawiono propozycje autorskich narzędzi oceny jakości danych. Zaproponowano i zaimplementowano w sieciach zajętości cztery rodzaje filtrów, które zostały poddane analizie w badaniach zarówno symulacyjnych, jak i praktycznych w dalszej części dysertacji. Rozdział ten w zdecydowanej większości prezentuje autorskie wyniki osiągnięte przez Doktoranta.

Badania symulacyjne rozwiązań zaproponowanych w dysertacji przedstawiono w rozdziale szóstym. Przeprowadzono ocenę wpływu różnych zakłóceń na wyniki otrzymane z użyciem sieci zajętości oraz dokonano oceny jakościowej i ilościowej wydajności metod filtrowania. Badania przeprowadzono w środowisku *Matlab* z zastosowaniem narzędzia *Driving Scenario Designer*.

Rozdział siódmy zawiera badania systemu w warunkach rzeczywistych. W pierwszej kolejności przedstawiono zestaw doświadczalny w postaci pojazdu z odpowiednim oprzyrządowaniem, a następnie dokonano oceny pracy algorytmów w czasie rzeczywistym w różnych zdarzeniach drogowych. W rozdziale również zaproponowano procedurę strojenia elementów opracowanego systemu. Ten rozdział stanowi znaczący wkład praktyczny doktoranta i istotnie podnosi walory ocenianej dysertacji.

W rozdziale ósmym zostało zawarte podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań numerycznych i implementacyjnych.

W ramach dodatkowych rozdziałów A i B zaprezentowano informacje uzupełniające dotyczące dysertacji które obejmują A) przedstawienie szczegółowych danych dotyczących wyprowadzania reguł łączenia wykorzystanych w Podrozdziale 4.3 oraz B) przedstawienie symulacji dla różnych reprezentacji sieci zajętości dla odmiennych typów modeli czujników prostych i odwrotnych (B jest w istocie rozszerzeniem Rozdziału 6).

Układ pracy jest poprawny. Treści dysertacji zostały logicznie podzielone na poszczególne rozdziały pracy. Układ i zakres poszczególnych rozdziałów, podrozdziałów i sekcji nie budzi żadnych wątpliwości recenzenta.

R. Jan

Tytuł pracy w języku polskim, zdaniem recenzenta, nieco odbiega od tytułu angielskiego. Należy zaznaczyć, że tytuł angielski trafniej odzwierciedla treść rozprawy. Tytuł polski natomiast sugeruje również podjęcie tematu realizacji zastosowań w automatyce samochodowej, a ta problematyka została wyłącznie marginalnie poruszona w pracy. Z drugiej jednak strony, wyniki prezentowane w dysertacji w sposób bezpośredni mogą znaleźć zastosowanie w systemach automatyki w samochodach.

Warta szczególnego podkreślenia jest bardzo dobra strona edycyjna pracy. Rozdziały, podrozdziały, sekcje, nagłówki, stopki itp. utrzymane są tej samej konwencji, przez co praca bardzo dobrze wygląda. Rysunki są bardzo starannie przygotowane z dbałością o estetyczne i precyzyjne przedstawienie graficzne wyników badań oraz schematów blokowych. Język użyty w pracy jest czytelny i precyzyjny, przez co pracę czyta się dobrze. Jedyną wątpliwość budzi w tym aspekcie używanie przez Doktoranta sporej ilości skrótów, jednak zwykle skróty zostały poprawnie wprowadzone, a te najczęściej stosowane zostały zestawione na początku dysertacji. Rozprawa jest również bardzo dobrze przygotowana redakcyjnie, nieliczne błędy typograficzne zostały wypunktowane w dalszej części recenzji.

## 2. Ocena merytoryczna pracy

Zagadnienia związane z systemami automatyki i diagnostyki mające zastosowanie w pojazdach samochodowych są w ostatnich latach szeroko eksplorowane w ramach obszarów nauki i techniki, łączących kilka dyscyplin w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych tj. *Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, Informatyka Techniczna i Telekomunikacja* oraz w pewnych aspektach *Inżynieria Lądowa i Transport*. Szczególnie intensywny rozwój tego obszaru badawczego był (i jest) związany z rozwojem układów cyfrowych, które są szeroko wykorzystywane w wielu systemach samochodu. W ostatnich latach szczególnie intensywnie rozwijane są rozwiązania w zakresie wsparcia kierowcy, jak również znacznie bardziej złożonych systemów autonomicznej jazdy pojazdów. Jest to obecnie jedno z kluczowych zagadnień związanych zachowaniem bezpieczeństwa pojazdu w ruchu drogowym. Zarówno w kontekście wsparcia kierowcy, ale w szczególności w kontekście autonomicznych systemów jazdy, kluczowa jest analiza otoczenia i rozpoznawanie przeszkód w okolicach toru jazdy pojazdu. Jedną z metod takiej analizy jest zastosowanie narzędzia w postaci mapy/sieci zajętości (ang. *occupancy grid map*). Koncepcja sieci zajętości została zaproponowana i następnie rozwijana przez Elfesa w drugiej połowie lat osiemdziesiątych. Pierwotnie to narzędzie było stosowane w robotach mobilnych, jednakże wraz z pracami nad systemami jazdy autonomicznej zostało przeniesione na obszar pojazdów samochodowych. Wyniki prac prezentowanych w literaturze wykazują, że ww. sieci zajętości mogą być efektywnie stosowane w systemach rozpoznawania otoczenia w pojazdach autonomicznych. Pozwalają na efektywną i bezpieczną pracę systemów sterownia torem i parametrami jazdy. O dużym potencjale praktycznym tego zagadnienia świadczą liczne międzynarodowe patenty oparte na sieciach zajętości należące do liderów branży samochodowej, takich jak *Ford*, czy *Hyundai*. W związku z powyższym Autor podejmuje pracę w ważnym i aktualnym obszarze badań, który ma swoje podstawy w światowej literaturze naukowej, jak również daje możliwości osiągnięcia nowych, istotnych wyników zarówno w ujęciu teoretycznym, jak również (w szczególności) praktycznym. Metody modelowania i analizy sygnałów, systemowe podejście do problematyki,

R. 8h

jak również nadrzędny cel stosowania sieci zajętości, jakim jest sterowanie torem i parametrami jazdy, umiejscawia przedmiotową dysertację w dawnej dyscyplinie *Automatyka i Robotyka*, która jest obecnie zawarta w dyscyplinie *Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika* w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych.

Doktorant postawił sobie zatem ambitny i ważny cel opracowania autorskiego systemu opartego na sieciach zajętości dedykowanego do pojazdów samochodowych. W tym celu Autor skupił się na opracowaniu podstaw teoretycznych i implementacji ogólnej, modułowej architektury sieci, która może być dostosowana do różnych typów sensorów pomiarowych. Następnie Autor postawił cel implementacji opracowanego systemu w warunkach rzeczywistych i oceny jego efektywności.

Należy zaznaczyć, że autor nie przedstawił też rozprawy. Jednak biorąc pod uwagę, że a) tezy dysertacji nie są obecnie elementem obligatoryjnym w pracach doktorskich oraz b) Doktorant precyzyjnie postawił cele pracy, nie ujmuje to w żaden sposób wartości pracy. Wręcz przeciwnie, zdaniem recenzenta, świadczy to o nowoczesnym podejściu Doktoranta i Promotorów do pracy naukowej.

Zawartość pracy, opisana w pierwszej części recenzji, prowadzi do osiągnięcia postawionych celów dysertacji. Ostatecznie, do podstawowych osiągnięć pracy można zaliczyć:

- Przeprowadzenie kompletnego przeglądu literatury w zakresie zagadnień związanych z sieciami zajętości (Rozdział 3) i metodami probabilistycznymi (Rozdział 4.1), które są wykorzystane w ocenianej dysertacji.
- Zaproponowanie autorskiej, wielopoziomowej architektury sieci zajętości, która pozwala na łączenie danych z różnych źródeł. Zaproponowana metoda wykorzystuje pośrednie siatki zajętości do rozwiązywania konfliktów między czujnikami i przyspieszenia obliczeń algorytmu (wyniki zaprezentowano w Podrozdziale 4.2).
- Zastosowanie reguł Dezerta-Smarandache'a w zaproponowanej przez Doktoranta trójwarstwowej sieci zajętości (Wyniki przedstawiono w Podrozdziale 4.3).
- Teoretyczne porównanie zastosowania metod Bayesowskiej, Dempstera-Shafera i Dezerta-Smarandache'a dla łączenia danych w sieci zajętości (Wyniki pokazano w sekcji 4.3.2).
- Porównanie zastosowania metod Bayesowskiej, Dempstera-Shafera i Dezerta-Smarandache'a dla łączenia danych w sieci zajętości w warunkach symulacyjnych (Sekcja 6.3.4) oraz rzeczywistych (Sekcja 7.4).
- Zaproponowanie autorskiej metody oceny jakości sieci zajętości, jak również dokonanie jej analizy w warunkach symulacyjnych i rzeczywistych (Wyniki przedstawiono w Podrozdziale 5.2).
- Analiza w środowisku symulacyjnym wpływu niepewności w sieciach wieloczujnikowych na efektywność pracy sieci zajętości. (Podrozdział 6.2).
- Określenie wytycznych do strojenia zaproponowanych algorytmów dla określonej konfiguracji pojazdu oraz jej przetestowanie zarówno w warunkach symulacyjnych jak i rzeczywistych (Podrozdziały 6.3 i 7.2).

Wszystkie wyżej wymienione osiągnięcia są znaczące i stanowią istotny wkład Kandydata w rozwój dyscypliny *Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika* oraz finalnie doprowadziły do osiągnięcia celów pracy.

R.gh

Dużym atutem pracy jest zachowanie balansu między badaniami teoretycznymi i praktycznymi. Rozdziały czwarty i piąty stanowią główny wkład teoretyczny doktoranta. Natomiast rozdział szósty, a w szczególności siódmy stanowią istotny wkład praktyczny znacząco podnoszący walory dysertacji.

### 3. Analiza źródeł, pozycja rozprawy, znaczenie wyników Autora, umiejętność przedstawiania wyników

Motywacja dla podjęcia tematu rozprawy wyniknęła z dobrze przeprowadzonej przez Autora analizy literatury przedmiotu, liczącej 110 pozycji. Dzięki szerokiej analizie literaturowej został poprawnie odzwierciedlony aktualny stan wiedzy na temat wszystkich zagadnień podejmowanych w pracy. Jednakże recenzentowi zabrakło kilku istotnych pozycji bibliograficznych, które miały duży wpływ na rozwój rozważanych w pracy systemów. Zaliczyć tu można np. pozycje:

Elfes A. (1989): Using Occupancy grids for mobile robot perception and navigation. *COMPUTER* 22 (6), pp.46-57.

Birk A., Carpin S. (2006): Merging occupancy grid maps from multiple robots *PROCEEDINGS OF THE IEEE* 94 (7), pp.1384-1397.

Danescu R., Oniga F. Nedeveschi S. (2011): Modeling and Tracking the Driving Environment With a Particle-Based Occupancy Grid. *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS* 12 (4) , pp.1331-1342

Należy zauważyć, że pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy reprezentowanej w literaturze światowej jest bardzo dobra. Warte podkreślenia jest tu współautorstwo Doktoranta czterech cennych publikacji naukowych obejmujących zakresem recenzowaną dysertację. Dwie prace zostały opublikowane w czasopismach naukowych indeksowanych w JCR tj, *Sensors* i *Applied-Sciences*, a dwie publikacje są referatami konferencyjnymi opublikowanymi w formie artykułu w *IFAC-Papers online* oraz rozdziału w monografii serii *Advances in Intelligent Systems and Computing* wydawnictwa *Springer*. Ponadto Doktorant jest również współautorem kilku zgłoszeń patentowych na terenie Unii Europejskiej z metod obejmujących ocenianą dysertację. Wysoki poziom rozprawy wskazuje, że prezentowane wyniki mogą z powodzeniem być wykorzystane w kolejnych artykułach Doktoranta, publikowanych w czołowych periodykach naukowych rozpatrujących problematykę pojazdów autonomicznych.

Autor posiadał umiejętność poprawnego, przekonującego i precyzyjnego przedstawiania uzyskanych przez siebie wyników. Zarówno część merytoryczną rozprawy, jak również artykuły cechuje zwięzłość, jasność języka oraz precyzja.

### 4. Główne wady rozprawy, słabe strony, uwagi i pytania

Należy podkreślić, że poziom merytoryczny ocenianej dysertacji jest wysoki i recenzent nie dostrzegł w niej istotnych wad i niedostatków. Jednak warto również w nich wskazać na pewne, w większości drobne uchybienia oraz niejasności. Uwagi zostały wypunktowane i podzielone na dwie grupy, a) uwagi dyskusyjne i pytania oraz b) drobne uchybienia typograficzne i stylistyczne.

Uwagi dyskusyjne i pytania:

- 1) Strona 38, równanie (3.1.4); Doktorant zdefiniował jednowymiarową sieć zajętości. Następnie konsekwentnie w całej pracy rozpatruje ją w takiej formie. Wydaje się, że bardziej logiczne byłoby zdefiniowanie sieci dwuwymiarowej, co jest także stosowane w większości prac na ten temat. Dlaczego doktorant zaproponował taką formę sieci?
- 3) Strona 46; Doktorant stwierdza, że FSM (ang. *forward software model*) posiada zbyt dużą złożoność obliczeniową do aplikacji w oprogramowaniu samochodowym. Jednak recenzent nie znalazł analizy złożoności obliczeniowej tej metodologii w zacytowanej literaturze. Również Doktorant nie zaprezentował przedmiotowej analizy w pracy.
- 2) Strona 49, równania (3.4.4) i (3.4.5); Recenzent nie zauważył definicji czasu  $T$ . Z opisu można wywnioskować, że  $T = \mathbb{Z}$ . Jednak w dalszej części pracy (np. w równaniu (3.4.6)) Autor defiluje  $\Delta t$ , co można rozumieć jako nieznormalizowaną, dyskretną skalę czasu. Wówczas, dla  $\Delta t = const$ , czas mógłby być zdefiniowany jako  $T = \Delta t\mathbb{Z} = \{0, \Delta t, 2\Delta t, \dots\}$ . Wprowadzenie jednolitej definicji czasu w całej pracy poprawiłoby formalny opis zależności.
- 4) Strona 49, równanie (3.4.5); Poprawne, choć nieco myląca jest prezentacja przestrzeni probabilistycznej. Zasadniczo wątpliwość dotyczy definiowania przestrzeni  $\{s, d, \{s \cup d\}\}$ . Ponadto w równaniu (3.4.6) autor zamiast  $\{s \cup d\}$  wprowadził  $u$ . Również drobną niekonsekwencją jest stosowanie zamiennie małych i wielkich znaków.
- 5) Autor w wielu miejscach pracy wskazuje na problem złożoności obliczeniowej w rozpatrywanych metodach (np. Sekcja 3.2.2, 3.4.2.2-3, 4.2.2, 4.3.1, etc.). Wskazuje na problemy związane z tym zagadnieniem i przeprowadza działania pozwalające na zmniejszenie złożoności obliczeniowej proponowanych algorytmów. Wszystkie te rozważania wskazują, że jest to istotny problem w implementacji algorytmów w czasie rzeczywistym. Jednak recenzent nie znalazł w pracy a) dogłębnej analizy złożoności algorytmów, ze wskazaniem np. ilości operacji niezbędnych do wykonania jednego kroku pracy algorytmu oraz b) pogłębionej analizy wydajności pracy algorytmów w warunkach rzeczywistych. Dlatego nasuwa się pytanie, czy autor dokonał teoretycznych lub praktycznych badań skutkujących rezultatem ilościowym? oraz jakiej klasy złożoności są zaproponowane w pracy metody?
- 6) Literatura dobrze opisuje stan wiedzy problematyki podjętej w pracy, jednak kilka istotnych artykułów pominięto. Ta uwaga została również zasygnalizowana w części trzeciej niniejszej recenzji.
- 7) Tytuł pracy w języku polskim, zdaniem recenzenta, nie nieco odbiega od tytułu angielskiego, który trafniej odzwierciedla treść pracy. Ta uwaga została zasygnalizowana również w ocenie formalnej dysertacji.
- 8) Metody prezentowane w pracy mają charakter probabilistyczny i mają oceniać bieżący stan otoczenia pojazdu. Jednak większość przeszkód zmienia położenie deterministycznie w czasie i można nie tylko analizować stan obecny, ale również przedawkować zmiany położenia przeszkód, co pozwala na reagowanie z wyprzedzeniem na przyszłe zagrożenia. Czy doktorant rozważał rozwinięcie proponowanych metod w tym kierunku?, czy są prace w literaturze

*KPh*

światowej, które rozważają tak postawiony problem? i ew. rozwiązania jakich problemów wymagałaby implementacja takich metod?

Drobne uchybienia typograficzne i stylistyczne:

- Autor stosuje notacje, w której tekst łączy z równaniami dwukropkami. Jednak w niektórych przypadkach nie stosuje dwukropka, a w kilku przypadkach użył kropki (np. strona 84, równanie (5.2.2) i (5.2.5)).
- Tabela skrótów i oznaczeń nie zawiera części skrótów. Ponadto w pracy są skróty, które w ogóle nie zostały opisane (np. NCAP).

Należy podkreślić, że przedstawione powyżej uwagi, mają w większości charakter dyskusyjny. Ponadto w nie odnoszą się do kluczowych kontrybucji Doktoranta. W związku z tym nie obniżają one bardzo pozytywnej oceny pracy.

## 5. Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi, zdaniem recenzenta, oryginalne rozwiązanie ważnego problemu naukowego oraz wykazuje dużą ogólną wiedzę teoretyczną i aplikacyjną Kandydata w dyscyplinie naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, a także Jego umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zatem stwierdzam, że **rozprawa mgra inż. Jakuba Porębskiego spełnia z nadmiarem** warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668) z późniejszymi zmianami.

Uwzględniając oryginalność rozwiązania problemu naukowego przedstawionego w rozprawie, specjalistyczną wiedzę Kandydata w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej **wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgra inż. Jakuba Porębskiego do publicznej obrony.**

*Prof. A. Stomicki*

dr hab. inż. Rafał Stanisławski, prof. PO  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki,  
Politechnika Opolska,  
ul Prószkowska 76,  
45-758 Opole

Opole, 2022-06-14,

**Sz. Pan**  
**Przewodniczący Rady Dyscypliny,**  
**Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika**  
**AGH im Stanisława Staszica w Krakowie**  
**dr hab. inż. Ryszard Sroka, prof. AGH**  
**al. A. Mickiewicza 30,**  
**30-059 Kraków**

Szanowny Panie Przewodniczący,

Niniejszym przesyłam Panu recenzję rozprawy doktorskiej mgra inż. Jakuba Porębskiego. Poza pozytywną oceną pracy, rozważam również złożenie wniosku o wyróżnienie rozprawy. Co prawda wymagania dotyczące wyróżniania prac doktorskich praca spełnia w stopniu minimalnym, tj. a) Pan Jakub jest współautorem dwóch prac w czasopismach indeksowanych w JCR oraz b) jest pierwszym autorem jednej pracy w czasopiśmie *Sensors* mieszczącym się kwartylu Q1 w obszarze *Instruments & Instrumentation (Q2 - Engineering, Electrical & Electronic)*. Jednak praca jest interesująca, opiera się na dość oryginalnych narzędziach probabilistycznych i co najważniejsze, posiada moim zdaniem duży potencjał praktyczny. O tym również świadczy znaczna liczba międzynarodowych zgłoszeń patentowych z zakresu pracy. Jednakże, na złożenie formalnego wniosku o wyróżnienie wolałbym się wstrzymać do uzyskania pełnego obrazu na temat pracy i Doktoranta na publicznej obronie.

Ponadto przesyłam komplet dokumentów związanych z przedmiotową recenzją.

Dodatkowo w jednym liście przesyłam podpisaną umowę na wykonanie recenzji pracy Pana mgra inż. Michała Drapały.

Łącząc wyrazy szacunku,

Rafał Stanisławski