Prof. dr hab. inż. Zygmunt Kitowski
Akademia Marynarki Wojennej
Instytut Elektrotechniki i Automatyki Okrętowej

Gdynia, 11 sierpnia 2015 r.

Recenzja osiągnięcia naukowego przedstawionego przez dr inż. Piotra Borkowskiego „Zastosowanie matematyki obliczeniowej w wybranych problemach nawigacji morskiej" oraz ocena Jego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, w związku z Jego wnioskiem o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie informatyka.

Podstawowe informacje o Kandydacie

Dr inż. Piotr Borkowski w 2002 r. uzyskał dyplom magistra matematyki w specjalności zastosowania matematyki na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Uniwersytetu Szczecińskiego, a następnie w 2006 r. stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie informatyki na Wydziale Informatyki Politechniki Szczecińskiej. Jego działalność akademicka związana jest z Akademią Morską w Szczecinie gdzie w roku 2007 wyznaczony został na stanowisko adiunkta, w latach 2008-2010 pełnił obowiązki kierownika Zakładu Łączności i Cybernetyki Morskiej a następnie w latach 2010-2012 kierownika Zakładu Informatycznych Technologii Morskich. Od 2010 r. jest Zastępcą Dyrektora Instytutu Technologii Morskich w Akademii Morskiej w Szczecinie;

Ocena osiągnięcia naukowego

Podstawą oceny jest przedstawione przez Habilitanta osiągnięcie technologiczne, którym jest współautorstwo w budowie nawigacyjnego systemu wspomagania decyzji NAVDEC oraz sześciu powiązanych z nim tematycznie publikacji :

[PI] Borkowski P. „Adaptive ship course-keeping system" Archives of Transport System Telematics vol. 7, no. 2, 2014 (19-23);

[P2] Borkowski P. „Presentation algorithm of possible collision solutions in a navigational decision support system" Scientiflc Journals Maritime University of Szczecin no. 38(110), 2014 (20-26);

[P3] Borkowski P. „Ship course stabilization by feedback linearization with adaptive object model" Polish Maritime Research vol. 21, no. 1(81), 2014 (14-19);

[P4] Borkowski P. „Data fusion in a navigational decision support system on a sea-going vessel" Polish Maritime Research vol. 19, no. 4(76), 2012 (78-85);

[P5] Borkowski P. „Computational mathematics in marine navigation" Scientific Journals Maritime University of Szczecin no. 21(93), 2010 (20-27);

[P6] Borkowski P. „Algorithm of the probabilistic assessment of two dynamic objects passing safety" Computational intelligence in applications, Scientific Publishing House of the Szczecin University, Szczecin 2009 (37-50).

w których poruszone zostały problemy związane z automatyzacją procesów sterowania ruchem statków (systemem sterowania kursem statku) [P1] i [P3], szeroko pojętymi systemami zapewniającymi bezpieczeństwo żeglugi na morzu (systemy antykolizyjne) [P2], [P4] i [P6] oraz dokonano przeglądu możliwych zastosowań matematyki obliczeniowej (stosowanej) w nawigacji morskiej [P5]. Problematyka jaką zajmuje się Habilitant ze względu na obszar problemów związanych ze sterowaniem statkiem będącym złożonym systemem dynamicznym a przede wszystkim w związku z niemożliwością opracowania jednego całościowego modelu sterowania, obejmującego statek jako jeden system jest szeroka. Cechuje ją jednak dążenie do rozwiązywania problemów związanych z nawigacją morską przy wykorzystaniu nowoczesnego aparatu matematycznego wspartego możliwościami współczesnego sprzętu informatycznego.

Rezultatem wieloletniej działalności naukowej Habilitanta jest opracowanie i implementacja wymienionych niżej algorytmów obliczeniowych z zakresu wybranych problemów nawigacji morskiej. Habilitant jest autorem następujących algorytmów:

- algorytmu adaptacyjnej stabilizacji kursu statku pracującego w oparciu o bazę wiedzy [P1]. Integralną częścią algorytmu jest zaproponowany przez Habilitanta włączony w sprzężenie zwrotne komputerowy nieliniowy model dynamiki ruchu statku. Adaptacja systemu stabilizacji kursu polega na bieżącej identyfikacji tego modelu oraz wypracowywanie w oparciu o bazę wiedzy sygnałów sterujących podawanych na autopilota w funkcji wartości wyjściowych sygnałów otrzymywanych z tego modelu oraz urządzeń pomiarowych statku. Algorytm został zastosowany w systemie NAVDEC.
- algorytmu prezentacji dopuszczalnych rozwiązań sytuacji kolizyjnej (w przypadku gdy zgodnie z Międzynarodowym Prawem Drogi Morskiej przynajmniej jeden z obiektów ma pierwszeństwo drogi), wyznaczone zostają w zmieniającej się sytuacji nawigacyjnej, obszary dopuszczalnych rozwiązań zapobiegających sytuacji kolizyjnej oraz prezentowane jest do decyzji nawigatora rozwiązanie w postaci nowej bezpiecznej wartości zadanego kursu statku zapobiegającej kolizji [P2]. Algorytm ten został przetestowany w warunkach rzeczywistych na statku „Nawigator XXI" i zastosowany w systemie NAVDEC. Algorytm jest jedną z innowacji zastosowanych w tym systemie;
- algorytmu stabilizacji kursu statku [P3], w którym sygnał sterujący obliczany jest w nieliniowym regulatorze w oparciu o wartości współrzędnych stanu otrzymywanych z pętli wewnętrznego sprzężenia zwrotnego oraz dodatkowego sygnału sterującego otrzymywanego z regulatora liniowego, wyznaczanego w oparciu o bieżącą aproksymację nieliniowego modelu statku mającego postać systemu rozmyto-neuronowego, przy wykorzystaniu radialnych funkcji bazowych Gaussa (zewnętrzna pętla sprzężenia zwrotnego);
- algorytmu fuzji danych nawigacyjnych [P4], w którym do wyznaczenia bardziej wiarygodnych i dokładniejszych danych nawigacyjnych (współrzędnych kartezjańskich położenia statku) w oparciu o pomiary pochodzące z różnych źródeł np. kilku odbiorników GNSS, AIS, logu itp., wykorzystany został wielosensorowy filtr Kalmana w którym przefiltrowane sygnały są ważone za pomocą macierzy krzyżowej kowariancji błędów filtracji a następnie ma miejsce uśrednienie sygnału wyjściowego. Opracowany algorytm zwiększa niezawodność systemu nawigacyjnego, powoduje zmniejszenie błędu określenia pozycji oraz zapewnia ciągłość systemu określania pozycji statku w przypadku awarii jednego z odbiorników;
- algorytmu probabilistycznej oceny bezpieczeństwa mijania się dwóch obiektów dynamicznych (statków) [P6], w którym przy założeniu że dane są zmienne losowe opisujące ich kursy, wyznaczana jest funkcja gęstości zmiennej losowej opisująca odległość największego zbliżenia w oparciu o którą obliczane jest prawdopodobieństwo minięcia się obiektów w odległości mniejszej od dopuszczalnej odległości mijania;
- algorytmu predykcji trajektorii ruchu statku własnego i statków obcych (w zadanym horyzoncie czasowym), w którym w celu ograniczenia błędów predykcji zastosowano adaptacyjne sieci neuronowe umożliwiające dokładniejszą oraz szybszą identyfikację stanów obiektów.

Algorytmy te mają bezpośredni związek z systemem NAVDEC. Należy podkreślić, że aktualnie eksploatowane statki wyposażone są w zintegrowany system identyfikacji środowiska nawigacyjnego zawierający między innymi urządzenie ARPA (system antykolizyjny) służące do automatycznego prowadzenia nakresów radarowych. Urządzenie ARPA współpracujące z radarem, odbiornikiem GPS, logiem oraz żyrokompasem dokonuje oceny sytuacji na morzu w momencie kolizyjnego spotkania z innymi statkami oraz zapewnia automatyczny wybór obiektów obserwacji. Na podstawie śledzenia ruchu obiektów, określony zostaje ich kurs i prędkość względna. Parametry te pozwalają na dokonanie

oceny sytuacji nawigacyjnej i w wypadku sytuacji kolizyjnej na symulację bezpiecznego manewru, który jest prezentowany na ekranie wskaźnika radarowego ARPA i jeśli spełnia on warunki bezpieczeństwa mijania, następuje jego realizacja. Aby wyeliminować błędy ludzkie, współczesne tendencje w prowadzeniu statku zmierzają do budowania specjalizowanych systemów wspomagania decyzji. Projektowane są systemy wyposażone w dodatkowe funkcje obliczeniowe, wspomagające decyzję (Decision Support System – DSS) wpisujące się w wielowarstwową strukturę sterowania statkiem, gdzie zadanie unikania kolizji związane jest z połączeniem działania warstwy kierowania statkiem z blokiem nawigacji. Zadaniem tych systemów jest wskazanie w danej sytuacji nawigacyjnej ze zbioru rozwiązań dopuszczalnych rozwiązań efektywnych, które muszą spełniać kryteria bezpieczeństwa i kosztów ekonomicznych. W wielu przypadkach uzyskanie optymalnej i bezpiecznej decyzji jest bardzo skomplikowane, gdyż zależy od szeregu czynników takich jak zmienne właściwości dynamiczne statków, silne zakłócenia itp. System nawigacyjny wspomagania decyzji NAVDEC w pełni wpisuje się więc w kierunek rozwoju nowoczesnych nawigacyjnych systemów sterowania statkiem.

Oceniając zgłoszone przez Habilitanta osiągnięcie technologiczne należy podkreślić, że Habilitant był członkiem jedenastoosobowej grupy badawczej. Jego udział w zaprojektowaniu przez zespół z Wydziału Nawigacji Akademii Morskiej w Szczecinie, który był prowadzony pod kierunkiem dr hab. inż. Zbigniewa Pietrzykowskiego prof. AM, systemu wspomagania decyzji NAVDEC, wynosi zgodnie z oświadczeniem Habilitanta 12%. Zaprojektowany przez zespół system NAVDEC jak podkreślają jego autorzy jest pierwszym i jedynym jak na razie na świecie inteligentnym urządzeniem w pełni rozwiązującym sytuację kolizyjną na wodzie. System w czasie rzeczywistym przeprowadza analizę sytuacji nawigacyjnej, a w przypadku sytuacji kolizyjnej podpowiada nawigatorowi gotowe rozwiązanie z uwzględnieniem aktualnie obowiązujących przepisów. Charakterystyczne elementy innowacyjne systemu to:

- analiza i ocena sytuacji nawigacyjnej z uwzględnieniem obowiązujących przepisów;
- automatyczne wyznaczenie rozwiązań sytuacji kolizyjnych;
- objaśnianie (uzasadnienie) wyznaczonego, proponowanego manewru.

Elementy te realizowane są w oparciu o specjalistyczne algorytmy obliczeniowe wykorzystujące między innymi metody sztucznej inteligencji. Podstawą działania systemu NAVDEC jest utworzona baza wiedzy nawigacyjnej, która uwzględnia przepisy drogi morskiej (MPDM), zasady dobrej praktyki morskiej oraz kryteria analizy i oceny sytuacji nawigacyjnej stosowane przez ekspertów nawigatorów.

Konkretny udział Habilitanta przy powstaniu nawigacyjnego systemu wspomagania decyzji NAVDEC polegał na opracowaniu:

- algorytmu fuzji danych nawigacyjnych,
- algorytmu predykcji ruchu statku,
- algorytmu prezentacji dopuszczalnych rozwiązań sytuacji kolizyjnej.

Wyżej wymienione algorytmy (pracujące w oparciu o stworzoną przez zespól bazę wiedzy uwzględniające międzynarodowe przepisy) uważam za istotne osiągnięcia naukowe Habilitanta. Mają one znaczący wpływ na działanie opracowanego przez zespół systemu. Należy podkreślić umiejętność współpracy Habilitanta w zespole oraz konsekwentne wprowadzanie do opracowanych wcześniej algorytmów nawigacyjnych, nowoczesnego aparatu matematycznego. Droga doskonalenia stosowanych w praktyce systemów nawigacyjnych wskazywana przez Habilitanta, polegająca na doskonaleniu opracowanych do tej pory algorytmów poprzez ingerencję w ich strukturę oraz zastosowanie matematyki obliczeniowej uwzględniającej aktualne możliwości komputerów zasługuje na uwagę.

Ocena dorobku naukowego

- **Osiągnięcia naukowo-badawcze**

Publikacje naukowe

Dr inż. Piotr Borkowski jest autorem i współautorem 33 prac opublikowanych po uzyskaniu w 2007 roku stopnia naukowego doktora nauk technicznych w zakresie informatyki. W dorobku publikacyjnym Habilitanta znajdują się m.in. 2 współautorskie monografie wydane przez Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, artykuły w czasopismach z listy JCR (3), artykuły w innych czasopismach zagranicznych (1), artykuły w czasopismach krajowych (22) oraz prace zawarte w materiałach konferencji międzynarodowych (3) i krajowych (2).

Artykuły opublikowane zostały w: *Intelligent Automation & Soft Compiuting* (1), *Polish Maritime Research* (2), *Communicacations in Computer and Information Science* (1), *Archives of Transport System Telematics* (1), *Scientific Journals Maritime University of Szczecin* (4), *Computional Intelligence in Applications* (1), *Computer Systems Aided Science and Engineering Work in Transport, Mechanics and Electrical* (1), *Logistyka* (1), *Polish Journal of Environmental Studies* (4), *Zeszyty Naukowe AMW w Gdyni* (1), *Zeszyty Naukowe AM w Szczecinie* (4), *Problemy Transportu* (1), *Problemy Eksploatacji* (1), *Roczniki Informatyki Stosowanej* (3).

Spośród 33 opublikowanych w czasopismach i materiałach konferencji krajowych i zagranicznych, 13 prac to prace autorskie, natomiast w 20 pracach Habilitant jest współautorem. Jak wspomniano wyżej tematyka prac dotyczy stosunkowo szerokiego obszaru zagadnień związanych z systemami sterowania statkiem, które wynikają z jego wielowarstwowej struktury. Poruszane w artykułach problemy rozwiązań systemów nawigacyjnych są aktualne, mają swoje zastosowanie nie tylko w procesie eksploatacji statku ale także w procesie projektowania koncepcji modeli systemów sterowania a następnie ich badań symulacyjnych.

Osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne

W ramach projektu „Staż sukcesem naukowca" realizowanego przez Poznański Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości Habilitant opracował i zaimplementował algorytm wielokryterialnej prezentacji danych, który został wdrożony w systemie informatycznym rejestracji usług medycznych przez NetStream Poland.

Udzielone patenty międzynarodowe lub krajowe

Habilitant jest współtwórcą zgłoszenia patentowego w Urzędzie Patentowym RP nr 389638 „Sposób i układ wspomagania decyzji nawigacyjnych, w procesie bezpiecznego prowadzenia obiektu pływającego" oraz międzynarodowego zgłoszenia wynalazku w ramach procedury PCTnrPCT/PL2010/000112 „A method and system of navigational decision support in the process of safe vessel navigation".

***Impact Factor* publikacji naukowych**

Wartość sumarycznego *Impact Factor*, dotyczącego wyłącznie prac opublikowanych po uzyskaniu w 2007 roku stopnia naukowego doktora nauk technicznych, wynosi 0,74.

Cytowania

Liczba cytowań prac Habilitanta wynosi:

- według *Web of Science*: łącznie 18,
- według *Google Scholar*: łącznie100

Współczynnik Hirscha

Wartość współczynnika Hirscha wynosi:

- według *Web of Science*: dla wszystkich cytowań H =3,
- według *Google Scholar*: dla wszystkich cytowań H = 6.

Projekty naukowo-badawcze

Habilitant - uczestniczył w realizacji 2 krajowych i 1 międzynarodowego projektu naukowo-badawczego. Do projektów w których Habilitant był wykonawcą należy zaliczyć:

- projekt badawczy prowadzony w ramach Międzynarodowego Programu BONUS „ESABALT Enhanced situational awareness to improve maritime safety in the Baltic",
- projekt badawczy własny MNiSW nr NN509175933 „Opracowanie nawigacyjnego systemu wspomagania decyzji na statku morskim".

W dorobku Habilitanta znajduje się również udział (w roli głównego wykonawcy) w projekcie badawczo-wdrożeniowym19/ED2/SSNSz/2012 realizowanym w Poznańskim Akademickim Inkubatorze Przedsiębiorczości „Opracowanie oraz implementacja algorytmu wielokryterialnej prezentacji danych na przykładzie bazy podmiotów medycznych w oparciu o narzędzia matematyki obliczeniowej".

Nagrody za działalność naukową

Habilitant był nagradzany przez Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej za najlepszą książkę o tematyce transportowej wydaną w roku akademickim 2011/2012 oraz dwukrotnie przez Rektora Akademii Morskiej w Szczecinie nagrodą zespołowa III stopnia za wybitną działalność naukową w roku 2008 i I stopnia w roku 2009. Wraz z zespołem otrzymał także tytuł „Zachodniopomorski Nobel 2013" w dziedzinie nauk o morzu za udział w opracowaniu i wdrożeniu systemu NAV-

DEC. Habilitant otrzymał również za wyżej wymieniony system dyplom finalisty konkursu „Polski Wynalazek 2014" organizowanego przez Telewizję Polską oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Udział w konferencjach

Oprócz wymienionych wyżej 5 referatów wygłoszonych na konferencjach zagranicznych (3) i krajowych (2), które zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych, Habilitant wygłosił również 10 referatów [na konferencjach międzynarodowych (8) i krajowych (2)]. Wygłoszone referaty dotyczyły zagadnień naukowo-badawczych będących przedmiotem zainteresowań Habilitanta.

- **Osiągnięcia w zakresie dydaktyki, popularyzacji wiedzy oraz współpracy krajowej i międzynarodowej**

Programy międzynarodowe i krajowe

Habilitant nie uczestniczył w programach europejskich i innych programach międzynarodowych i krajowych.

Nagrody i wyróżnienia

W latach 2009, 2010, 2012, 2013 Habilitant był nagradzany przez Rektora Akademii Morskiej w Szczecinie nagrodami indywidualnymi za wybitne i twórcze osiągnięcia organizacyjne. W roku 2014 otrzymał Srebrną Odznakę Honorową Gryfa Zachodniopomorskiego oraz odznaczony został Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

Konsorcja i sieci badawcze

Od roku 2014 Habilitant bierze udział, w ramach projektu ESABALT w konsorcjum naukowym w skład którego wchodzą: Finnish Geodetic Institute, Furuno Finland Oy, Akademia Morska w Szczecinie i SSPA Sweden AB.

Projekty realizowane z ośrodkami naukowymi i przedsiębiorcami

Habilitant biorąc aktywny udział w utworzeniu i rozwoju w Akademii Morskiej w Szczecinie kierunku studiów Informatyka, przygotował i kierował 2 projektami:

- projekt zamawiany „Informatyka - kierunek w Akademii Morskiej w Szczecinie", finansowany z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał, realizowany przez Akademię Morską w Szczecinie przy współpracy z Zachodniopomorskim Klastrem Morskim, Hochschule Furtwangen i ComAngle Entertainment,
- projekt „Cała Naprzód! Rozwój nowego kierunku studiów na Wydziale Nawigacyjnym oraz promocja zawodów związanych z branżą morską". Projekt finansowany z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, realizowany przez Akademię Morską w Szczecinie przy współpracy z SoftLine Polska Sp. z o.o. i EPA Marinę Sp. z o.o.

Towarzystwa naukowe

Habilitant jest członkiem Polskiego Towarzystwa Informatycznego.

Osiągnięcia dydaktyczne

Do ważnych osiągnięć dydaktycznych Habilitanta należy zaliczyć:

- zorganizowanie uruchomienia oraz koordynację prowadzenia kierunku studiów Informatyka o specjalności Informatyka Morska na Wydziale Nawigacyjnym Akademii Morskiej w Szczecinie. Od 2008 do 2010 roku był pełnomocnikiem Dziekana ds. powołania kierunku kształcenia Informatyka oraz współredaktorem programu kształcenia na wymienionym kierunku studiów, od 2010 roku pełnił obowiązki pełnomocnika Dziekana ds. kształcenia na wymienionym kierunku studiów a od 2011 do 2012 roku był koordynatorem wdrożenia Krajowych Ram Kwalifikacji dla wymienionego kierunku studiów;
- zainicjowanie oraz koordynację corocznego, ogólnopolskiego konkursu „Interaktywny produkt IT" dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych. Od pierwszej edycji konkursu w 2012 r. Habilitant jest przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego konkursu oraz przewodniczącym Kapituły Konkursowej;
- prowadzenie działań zapewniających kompleksową pomoc w studiowaniu przez osoby z wadą słuchu: od 2012 roku jest koordynatorem kształcenia osób z wadą słuchu na Wydziale Nawigacyjnym Akademii Morskiej w Szczecinie.

Opieka naukowa nad studentami

Habilitant sprawował i sprawuje opiekę naukową nad studentami w ramach realizacji prac dyplomowych inżynierskich - promotorstwo 9 prac inżynierskich.

Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych

Habilitant w ramach projektu „Staż sukcesem naukowca" realizowanego przez Poznański Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości, odbył staż naukowy (09.2012 - 02.2013) w firmie NetStream Poland w zakresie wdrażania nowoczesnych technologii IT.

Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

Habilitant jest członkiem Rady Programowej projektu „ICT Business to Education" realizowanego przez Szczeciński Park Naukowo-Technologiczny.

Recenzowanie projektów i publikacji międzynarodowych i krajowych:

Habilitant był recenzentem w kierowanym do doktorantów projekcie „Grant Plus" realizowanym przez Województwo Dolnośląskie (4 recenzje), oraz 2 recenzji w czasopiśmie „Ocean Engineering".

Podsumowanie ocen osiągnięcia naukowego i istotnej aktywności naukowej

Oceniając całokształt dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr inż. Piotra Borkowskiego stwierdzam, że posiada On zauważalne osiągnięcia naukowe oraz dydaktyczne i organizacyjne, ściśle związane z prowadzonymi badaniami naukowymi. Habilitant zajmuje się problemami zawierającymi dwa aspekty zagadnień związanych z obszarem automatyzacji systemów nawigacji: nawigacyjnym (zadanie ciągłego i dokładnego określania pozycji statku) oraz sterowania (zadanie kierowania ruchem statku w czasie rzeczywistym na podstawie dostępnej informacji z urządzeń nawigacyjnych z uwzględnieniem kryteriów bezpieczeństwa i optymalności ruchu). Zgromadzony dorobek naukowy dr inż. Piotra Borkowskiego świadczy w chwili obecnej przede wszystkim o posiadaniu przez Niego kwalifikacji do samodzielnej pracy naukowo-badawczej. Posiada On kompetencje do samodzielnego programowania prac naukowo-badawczych, kierowania zespołem oraz kształcenia kadr naukowych.

Uważam, że dorobek naukowy dr inż. Piotra Borkowskiego mimo Jego bardzo małej aktywności publikacyjnej i wynikającego stąd małego udziału w krajowym i międzynarodowym życiu naukowym, pod względem sposobu formułowania i rozwiązywania przez Niego problemów naukowych oraz aktywności w zakresie dydaktyki, odpowiada minimalnym wymaganiom stawianym kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego i może być po dyskusji, przyjęty przez Komisję jako dorobek upoważniający do wystąpienia o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie informatyka.

Wnioskuję o dopuszczenie dr inż. Piotra Borkowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego tj. w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie informatyka.

K:tos2,