ZAŁĄCZNIK NR 2A do Wniosku

Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych albo artystycznych, w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy

dr inż. Ireneusz Dominik

Spis treści:

1. Imię i Nazwisko 3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej 3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych 3
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego 4
   4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego 4
   4.2. Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy 4
   4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania 4
   4.4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych 11

1. Imię i Nazwisko

Ireneusz Dominik

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- Uzyskany tytuł: **Technik elektronik**
  Techniczne Zakłady Naukowe w Dąbrowie Górniczej
  Specjalność: elektryczna i elektroniczna automatyka przemysłowa
  Miejsce i rok uzyskania tytułu: Dąbrowa Górnicza, 1996 r.

- Uzyskany tytuł: **Magister inżynier**
  Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
  Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Automatyzacji Procesów
  Kierunek: automatyka i robotyka
  Specjalność: automatyka i metrologia
  Miejsce i rok uzyskania tytułu: Kraków, 2002 r.

- Uzyskany stopień: **Doktor nauk technicznych**
  Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
  Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
  Dyscyplina naukowa: automatyka i robotyka
  Specjalność: mechatronika
  Tytuł rozprawy doktorskiej: *Sterowanie liniowym napędem wykorzystującym efekt pamięci kształtu*
  Miejsce i rok uzyskania tytułu: Kraków, 2007 r.
  Praca wyróżniona decyzją Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 01.10.2002 r. - 31.05.2008 r. stanowisko asystenta w Katedrze Automatyzacji Procesów na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

- 01.05.2008 r. stanowisko adiunkta w Katedrze Automatyzacji Procesów na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego

Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

monografia autorska pt.:
„Algorytmy rozmyte typu 2 w sterowaniu układami mechatronicznymi"

4.2. Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy

Ireneusz Dominik
„Algorytmy rozmyte typu 2 w sterowaniu układami mechatronicznymi"
Rok wydania: 2017, Wydawnictwo Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, ISBN 978-83-7464-893-6

Recenzenci:
dr hab. inż. Janusz Starczewski, prof. nadzw. Politechniki Częstochowskiej,
Instytut Inteligentnych Systemów Informatycznych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Politechnika Częstochowska
dr hab. inż. Krzysztof Oprzędkiewicz, prof. nadzw. AGH,
Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Jako pierwszy pojęcie logiki rozmytej (ang. *fuzzy logic*) wprowadził w 1965 r. profesor Lotfi Zadeh. Pojęcie to było alternatywą dla klasycznych pojęć dotyczących teorii zbiorów i logiki pochodzących jeszcze z czasów starożytnej filozofii greckiej. Powstała ona z potrzeby opisywania złożonych zjawisk lub słabo zdefiniowanych pojęć, trudnych do opisania przy pomocy klasycznego aparatu matematycznego.

Powstaniu zbiorów rozmytych, towarzyszyły głosy krytyki i wielu wątpliwości, ponieważ

z jednej strony zbiory rozmyte opisują pojęcia niepewne, natomiast z drugiej strony wartości granic funkcji przynależności są precyzyjne, gdyż są opisywane przez konkretne parametry. Wydawało się to sprzeczne z samą ideą rozmycia, cały czas pozostał problem doboru granic funkcji oraz uwzględnienia niepewności np. pomiarowej. Na to pytanie odpowiedział sam Zadeh, kiedy 10 lat później w 1975 r. zaproponował bardziej praktyczny rodzaj zbiorów rozmytych, czyli zbiory rozmyte typu 2, będące uogólnieniem klasycznych zbiorów rozmytych typu 1. Możliwe jest oczywiście dalsze uogólnienie i stworzenie pojęcia zbiorów rozmytych typu wyższego rzędu, ale w praktyce zbiory takie nie są stosowane, gdyż powodują one bardzo duże trudności w interpretacji, wizualizacji oraz bardzo dużego nakładu obliczeniowego wymaganego do ich przetwarzania.

W przypadku typu 1 dany element x charakteryzuje stopień przynależności do zbioru rozmytego, który jest liczbą rzeczywistą, natomiast w przypadku logiki rozmytej typu 2 stopień przynależności ma charakter rozmyty. Umożliwia to ograniczenie wpływu niedokładności pracy układu regulacji spowodowanej subiektywnymi opiniami ekspertów, gdzie wiedza pozyskana od kilku ekspertów dotycząca przesłanek i konkluzji (tworząca bazę reguł) nie jest jednakowa, ponieważ te same terminy lingwistyczne są różnie definiowane przez różnych ekspertów. Ponadto, logika rozmyta typu 2 jest zdecydowanie efektywniejsza w uwzględnieniu niepewności.

Wyróżnia się pięć podstawowych typów:

- niepewność pomiarów – błąd o zauważalnej wielkości,
- niepewność procesów – losowość dynamiczna,
- niepewność modelu – zła specyfikacja struktury modelu,
- niepewność przybliżenia- mogą pojawiać się w wyniku dowolnej powyższej nieścisłości lub ich kombinacji, jest to nazywane nieprecyzyjnością lub niedokładnością,
- niepewność implementacji – konsekwencja zmienności, która wynika z metody sortowania, tj. niezdolność do osiągania dokładnego celu strategii.

Po tym jak logika rozmyta typu 2 została po raz pierwszy zdefiniowana i opisana nastąpił długi okres, kiedy badacze skupili się na logice typu 1, łatwiejszej w interpretacji i wdrożeniach oraz nie wymagających dużej mocy obliczeniowej procesorów. Dopiero w latach 90-tych XX-tego wieku powrócono do logiki rozmytej typu 2. Jako pierwsi pojęcie funkcji drugorzędnej przynależności zaproponowali uczeni Dubois i Prade. Uznali, że zbiory rozmyte typu 2

powinno używać się w przypadku, kiedy lingwistyczna niepewność danej zmiennej nie może być w pełni zamodelowana przez zbiór rozmyty typu 1. Karnik i Mendel zdefiniowali algorytm redukcji typu 2 do typu 1 niezbędny do wyliczenia wartości wyjściowej. Pierwsza książka na temat logiki rozmytej typu 2 napisana przez Mendela, zatytułowana *"Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic System: Introduction and New Directions"*, została wydana w 2001 roku. W roku 2003 logikę rozmytą typu 2 zaczęto wykorzystywać w systemach sterowania między innymi do sterowania procesami związanymi z przepływem cieczy, sterowania robotami mobilnymi i sterowania dużymi silnikami okrętowymi Diesla.

Pomimo stosunkowo krótkiej historii, w literaturze światowej można znaleźć ponad 80 tyś. pozycji związanych z tematyką sterowania rozmytego typu 2, co potwierdza duże zainteresowanie ośrodków naukowych i zasadność podjętej problematyki. Przyczyną wprowadzenia systemów rozmytych typu 2 było przede wszystkim to, że wiedza stosowana do tworzenia tych systemów rozmytych uwzględnia niepewności. Logika rozmyta, mimo swojej nazwy, jest logiką rządzącą się ścisłymi prawami oraz zasadami, jednak korzystająca z danych, które są nieścisłe i nieprecyzyjne. W efekcie wiedza pozyskana od kilku ekspertów jest niejednoznaczna. Równocześnie należy wziąć pod uwagę fakt, że sygnały pomiarowe są zakłócone. W rzeczywistych układach dochodzi także do procesu starzenia i zużywania się elementów, co uwzględnia się w niepewności parametrów modeli matematycznych. Układy regulacji oparte na zbiorach rozmytych typu 1 nie są w stanie uwzględnić tego rodzaju niepewności w przeciwieństwie do systemów opartych na zbiorach rozmytych typu 2, które charakteryzują się dodatkowym rozmyciem funkcji przynależności.

Głównym celem pracy jest prezentacja możliwości zastosowania algorytmów rozmytych typu 2 w sterowaniu układami mechatronicznymi. Prezentowane wyniki bazują na rezultatach prac badawczych Autora.

W ostatnich latach wzrost mocy obliczeniowych stosowanych procesorów umożliwiają realizację bardziej złożone algorytmy rozmyte typu 2. Stąd też celem pracy jest wykazanie wyższości algorytmów sterowania rozmytego typu 2, które uwzględniają wyżej wspomniane niepewności, nad algorytmami typu 1 w wybranych układach mechatronicznych. Uzyskanie zadowalających wskaźników jakości regulacji dla obiektów trudnosterowalnych wymusza budowanie precyzyjnych modeli matematycznych obiektów, co wymaga dużego nakładu pracy dla złożonych systemów sterowania i nie zawsze jest możliwe. Wykorzystanie algorytmów z obszaru inteligencji obliczeniowej mniej intuicyjnych w stosunku do klasycznego sterowania nie wymaga znajomości tych modeli. Równocześnie zasadne jest stosowanie sterowania

rozmytego dla obiektów, w których działanie, klasycznego układu sterowania z regulatorem PID jest trudne bądź niemożliwe. Wieloletnie doświadczenie Autora zdobyte podczas projektowania systemów z regulatorami rozmytymi typu 1 wykazały dużą przydatność ich stosowania do trudnosterowalnych obiektów mechatronicznych, natomiast nie uwzględniały niepewności. Dlatego też stworzenie narzędzi wspomagających proces projektowania regulatorów rozmytych typu 2 ułatwi ich zastosowanie oraz przybliży tę tematykę większej grupie naukowców i inżynierów.

Przedstawiona praca dotyczy wykorzystania inteligencji obliczeniowej, która stosuje algorytmy rozmyte typu 2 do sterowania siedmioma rzeczywistymi układami mechatronicznymi. Ponadto praca zawiera opis autorskiego oprogramowania do powszechnie stosowanych środowisk w projektowaniu układów sterowania: Matlab i LabVIEW. Zbudowane przyborniki przetestowano w pracach projektowych i symulacyjnych:

- rozmytych regulatorów predykcyjnych typu 2,
- analizy i porównania wydajności algorytmów redukcji typu,
- do filtracji zakłóconego sygnału w systemie ANFIS typu 2.

Ponadto zaproponowano wykorzystanie przyborników do szybkiego prototypowania, polegające na automatycznym generowaniu kodu programu dla szerokiej gamy urządzeń sterujących:

- sterowników PLC,
- mikroprocesorowych platform Arduino,
- układów programowalnych macierzy bramek FPGA.

Zaprojektowane narzędzia skróciły czas wdrażania układów sterowania oraz umożliwiły dostrojenie nastaw regulatora podczas badań symulacyjnych. Automatyczne generowanie kodu poprzez wyeliminowania czynnika ludzkiego zmniejsza ryzyko powstawania błędów w kodzie programu. Na uwagę zasługuje fakt, że najnowsza wersja oprogramowania firmy Siemens, która ukaże się z początkiem 2017 r., umożliwi automatyczne generowanie kodu do sterowników serii S7 1200 i 1500, które są obecnie najczęściej kupowanymi sterownikami w Polsce i Europie. Dodatkowo przetestowano możliwość symulacji typu Hardware-in-the-Loop, w której model obiektu i kod regulatora są symulowane w procesorze urządzenia sterującego. Metoda ta jest często używana przed uruchomieniem i testowania układu sterowania trudnosterowalnym rzeczywistym obiektem, chroniąc przed jego uszkodzeniem lub zniszczeniem.

W kolejnym rozdziale pracy opisano zastosowanie wspomnianych autorskich przyborników pozwalające na wszechstronne wykorzystanie regulatorów rozmytych typu 2 w praktyce inżynierskiej. W dwóch pierwszych podrozdziałach przedstawiono implementację regulatorów rozmytych typu 2 w sterowniku PLC firmy Siemens do sterowania położeniem obiektu podczas lewitacji magnetycznej i powietrznej. Obiekty te są silnie nieliniowe: mają znaczne strefy nieczułości, nasycenia oraz histerezę. Charakter obiektów umożliwił porównanie wyników działania całego szeregu regulatorów: PID, rozmytego typu 1 z modelem TSK i Mamdani i typu 2 również z modelem TSK i Mamdani i z redukcją typu alfa-płaszczyzn. Z analizy otrzymanych przebiegów i zestawionych wartości wskaźników jakości regulacji wynika, że najlepsze wyniki otrzymano przy zastosowaniu regulatora TSK typu 2. Dla wszystkich wartości zadanych w stanowisku lewitacji magnetycznej czasy regulacji i opóźnień były najkrótsze, a także wartości wskaźników całkowych IAE były najniższe. W przypadku lewitacji powietrznej regulator TSK typu 2 wyróżniał się najmniejszymi oscylacjami wokół wartości zadanej. Na korzyść tego regulatora przemawia dodatkowo łatwość implementacji, przyjazny kod algorytmu, co pozwoliło skrócić czas cyklu poniżej 1 ms.

Kolejnym układem rzeczywistym, którym było wahadła odwrócone, wykorzystano rozmyty regulator ślizgowy typu 2. Zbudowany model matematyczny wahadła i zastosowanie autorskiego przybornika IT2FLS umożliwiło przeprowadzenie badań symulacyjnych oraz automatyczne wygenerowanie kodu do sterownika B&R w sterowaniu obiektem rzeczywistym. Wśród sześciu zaimplementowanych regulatorów wyróżnić można regulator ślizgowy z rozmytą funkcją przełączania oraz rozmyty regulator ślizgowy FSMC typu 2. Przeprowadzone badania udokumentowane przebiegami oraz obliczone wskaźniki jakości regulacji zaimplementowanych regulatorów potwierdziły, że zdecydowanie najlepszymi regulatorami były ślizgowe regulatory rozmyte FSMC. Charakteryzowały się one wysoką odpornością na moment zakłócający, jednocześnie eliminując chattering i ograniczając wartość przeregulowań. Regulator FSMC typu 2 miał dodatkowo krótszy czas regulacji w porównaniu do regulatora FSMC typu 1.

W dalszej części pracy przedstawiono sterowanie położeniem i siłą nacisku chwytaka robota. Do budowy chwytaka wykorzystano siłownik z drutów ze stopu z pamięcią kształtu (ang. *Shape Memory Alloy SMA*). Siłowniki SMA mogą pełnić rolę sztucznych mięśni i zostać wykorzystane w budowie wspomnianego chwytaka lub protezy o wielu stopniach swobody. Motywację do podjęcia tej tematyki było nawiązanie w 2015 r. współpracy z Krakowskim Zakładem Sprzętu Ortopedycznego, największym producentem protez medycznych w Polsce,

w sprawie konstrukcji i sterowania aktywnej protezy dłoni oraz prowadzone w Katedrze Automatyzacji Procesów AGH badania nad robotem neurochirurgicznym do operacji stereotaktycznych mózgu. Równocześnie autor monografii nawiązał współpracę z firmą Miga Motor, która przekazała bezpłatnie cały typoszereg produkowanych siłowników SMA do celów badawczych. Konstrukcja siłownika zrealizowana na drutach SMA charakteryzuje się największym współczynnikiem wagowym (iloraz masy obciążenia i własnej) z dostępnych na rynku siłowników. Dodatkowo nie generuje on drgań oraz hałasu, jest prosty w budowie oraz tani w eksploatacji. Druty SMA są stosowane w sterowaniu najczęściej jako element dwustanowy (on/off) z powodu silnej nieliniowości i niestacjonarności materiału SMA, co skutkuje trudnościami w ustawieniu pośrednich położeń i sterowaniu siłą. Do sterowania dwoma rodzajami siłowników: serii NM70 oraz DM01 wykorzystano mikroprocesor RISC ATmega32 oraz sterownik PLC firmy B&R. W sterowaniu położeniem siłownika zarówno dla rozgrzanych jak i nierozgrzanych drutów SMA, wśród przebadanych regulatorów, wyróżnił się bardzo dobrymi czasami regulacji ogólny regulator rozmyty typu 2 z niesymetryczną funkcją drugorzędnej przynależności. Podczas badań nad sterowaniem siłą nacisku chwytaka lepszym od ogólnego okazał się przedziałowy regulator rozmyty typu 2.

Następnie zaprezentowano implementację regulatora rozmytego typu 2 w układzie Single-Board RIO 9636, opartym na architekturze FPGA oraz procesorze czasu rzeczywistego, do inteligentnego sterowania serwonapędem pneumatycznym. Praca napędów pneumatycznych w sposób liniowy realizowana jest zazwyczaj za pomocą siłowników pneumatycznych, które w przemyśle najczęściej realizują precyzyjne liniowe przemieszczenie obiektów. Cechują się one wysokim bezpieczeństwem pracy, niewielką wrażliwością na temperaturę otoczenia oraz wyróżniają się niewielką masą i ceną, jak również są łatwe w utrzymaniu podczas eksploatacji. W serwonapędzie pneumatycznym do sterowania siłowników używa się serwozaworów pneumatycznych, w których w charakterystykach pracy występują nieliniowości sygnału, obecność strefy martwej oraz niesymetryczność. Cechuje się to tym, że w zależności od kierunku działania zaworu zmiana wartości napięcia o taką samą wartość powoduje inną zmianę natężenia przepływu. Zaimplementowany regulator rozmyty typu 2 korzystający z opisanego wcześniej przybornika miał lepszą dokładność pozycjonowania w porównaniu z regulatorem rozmytym oraz regulatorem PID. Dodatkowo wyróżniał się najmniejszą rozbieżnością podczas pracy w obydwu kierunkach oraz największą powtarzalnością zadanej trajektorii.

W ostatnim rozdziale przedstawiono oryginalne rozwiązanie uproszczonego regulatora

rozmytego typu 1 i 2 zrealizowane w technice analogowej. Regulatory analogowe wykorzystują ciągły sygnał sterujący w odpowiedzi na ciągły sygnał wejściowy i nie mają ograniczeń wynikających z próbkowania sygnału, co ma miejsce w regulatorach cyfrowych. W związku z tym można je stosować tam, gdzie występują trudności z osiągnięciem krótkiego czasu próbkowania. Zbudowano dwa układy elektroniczne na wzmacniaczach operacyjnych, w których zrealizowano wszystkie etapy działania regulatora rozmytego typu 2: rozmywanie, wnioskowanie i wyostrzanie z redukcją typu. Zbudowane układu zostały przetestowane do sterowania położeniem siłownika SMA. Uzyskano zadowalającą jakość wskaźników regulacji, a możliwość tworzenia różnych kształtów funkcji przynależności pozwoliła na łatwe dostrojenie regulatorów. Zastosowana tutaj technika analogowa umożliwia realizację sterowania rozmytego różnego typu obiektami przy niskich kosztach zakupionych elementów elektronicznych.

Przeprowadzone doświadczenia potwierdzają, że zastosowanie regulatora rozmytego typu 2 przynosi wymierne korzyści w postaci dokładniejszego pozycjonowania, stabilizacji położenia i sterowania siłą w przytoczonych w pracy wdrożeniach. Użycie algorytmów rozmytych typu 2, mimo wyższego stopnia złożoności obliczeniowej, jest zatem uzasadnione. W przypadkach, kiedy regulator PID nie jest w stanie zadowalająco sterować obiektem, zastosowanie regulatora rozmytego typu 1 w stosunku do innych regulatorów wyróżnia się tym, że nie potrzeba do jego poprawnego działania tworzenia modeli matematycznych. Przeprowadzone badania udowadniają również, że po zbudowaniu regulatora typu 1, można go łatwo rozbudować do przedziałowego regulatora typu 2 i uzyskać wyższą jakość sterowania małym nakładem prac. W takich przypadkach szerokość śladu niepewności można dobrać w oparciu o wartość błędu pomiarowego czujnika.

Obecnie prace badawcze związane z zastosowaniem regulatorów rozmytych typu 2 zmierzają w kierunku implementacji ogólnych funkcji przynależności i poszukiwaniu wydajnych algorytmów redukcji typu, co pozwoli w przyszłości na ich zastosowanie w układach sterowania czasu rzeczywistego i ich dalszą popularyzację.

Praca ta dotyczy obszaru inteligencji obliczeniowej, która coraz powszechniej wykorzystuje regulatory rozmyte i sieci neuronowe.

Zrealizowane i przedstawione w opublikowanej pracy badania naukowe przedstawiające mój wkład do reprezentowanej dyscypliny naukowej obejmują:

- zbudowanie autorskiego oprogramowania do projektowania regulatorów rozmytych typu 2 w powszechnie stosowanych środowiskach: Matlab i LabVIEW,
- wykorzystanie przyborników do prac projektowych i symulacyjnych m.in.: rozmytych regulatorów predykcyjnych typu 2, analizy i porównania wydajności algorytmów redukcji typu, filtracji zakłóconego sygnału z systemem ANFIS typu 2,
- wykorzystanie przyborników do szybkiego prototypowania, polegające na automatycznym generowaniu kodu programu dla szerokiej gamy urządzeń sterujących: sterowników PLC, mikroprocesorowych platform Arduino, układów programowalnych macierzy bramek FPGA,
- wykorzystanie przyborników do automatycznego generowaniu kodu programu dla symulacji typu Hardware-in-the-Loop, w której model obiektu i kod regulatora są symulowane w procesorze urządzenia sterującego,
- wszechstronne wykorzystanie regulatorów rozmytych typu 2 w praktyce inżynierskiej zrealizowane dla 7 różnych obiektów rzeczywistych, wykazanie poprawy jakości regulacji w stosunku zarówno do klasycznych regulatorów PID jak i do regulatorów rozmytych typu 1,
- projekt oryginalnego rozwiązania regulatorów rozmytych typu 1 i 2 zrealizowane w technice analogowej,
- wykazanie, że łatwo jest zmodyfikować regulator typu 1 do przedziałowego regulatora typu 2 co polepsza jakość sterowania małym nakładem prac,
- utworzenie bloków funkcyjnych dla sterowników B&R i Siemens, pozwala na łatwą i szybką implementację przedziałowego regulatora rozmytego typu 2 w warunkach przemysłowych.

Uzyskane osiągnięcia wnoszą znaczący wkład do dyscypliny naukowej Automatyka i Robotyka zarówno w Polsce, jak i na świecie.

4.4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Mój dorobek publikacyjny obejmuje 76 prac naukowych i 4 patenty (Tab. 1). W ostatnich latach skoncentrowałem się na publikacji swoich osiągnieć w znaczących, renomowanych czasopismach. Wyróżnić tutaj można 10 publikacji, które indeksowane są w bazie Journal Citation Reports (JCR) i mają wysoki Impact Factor (IF). Na uwagę zasługuje fakt, że mam duże doświadczenie we współpracy z przemysłem realizując wiele projektów wdrożeniowych

oraz uczestniczyłem w 11 projektach badawczych. Moja działalność naukowa i badawcza została potwierdzona w grudniu 2016 r., kiedy wniosek, w którym jestem kierownikiem otrzymał dofinansowanie w konkursie Tango 2 realizowanym wspólnie przez NCN i NCBiR.

Tab. 1. Zestawienie osiągnięć naukowo-badawczych

Rodzaj publikacji:	**Liczba**	**Uwagi**	**Punkty MNiSW** dla roku danej publikacji
Indeksowane w bazie Web of Science Core Collection	23	m.in. czasopisma z IF oraz indeksowane materiały konferencyjne	uwzględnione w punkcie: *Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych*
Indeksowane w bazie Journal Citation Reports (JCR) z Impact Factor (IF)	10	• **IF = 11,692** dla indeksu obliczonego dla roku wydania (Impact Factor), • **IF = 13,761** dla indeksu obliczonego dla 5 lat wydawniczych w roku 2016 (5 Year Impact Factor) • Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): **32** • Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): **4**	230
Udzielone patenty	4		108 (wraz ze zgłoszeniami patentowymi)
Monografie i podręczniki akademickie	5		60
Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych (recenzowane)	61		257
			Suma: **655**

*szczegółowy wykaz publikacji znajduje się w Załączniku 3.

Kraków 24.01.2017

Dominik