

dr inż. Michał Bartyś
Instytut Automatyki i Robotyki
Wydział Mechatroniki
Politechnika Warszawska

Warszawa, dn. 01-06-2014

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko: **Michał Bartyś**
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

1973 tytuł magistra inżyniera mechanika uzyskany na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Warszawskiej w Warszawie z wynikiem bardzo dobrym z wyróżnieniem w zakresie: mechaniki precyzyjnej, specjalność technologia sprzętu teleelektrycznego. Tytuł pracy magisterskiej: *"Projekt wstępny konstrukcji sterowanego programowo manipulatora-roboty do montażu drobnych elementów sprzętu teleelektrycznego w automatycznej linii montażu"*. Promotor: prof. Henryk Muster.

1983 stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskany na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Warszawskiej w Warszawie. Tytuł pracy doktorskiej: *"Właściwości podsystemu transmisji informacji pomiarowych dla potrzeb automatyzacji badań eksperymentalnych"*. Promotor: doc. dr hab. inż. Wiesław Niewczas.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

1973 - 1975 - konstruktor w Instytucie Automatyki Przemysłowej Politechniki Warszawskiej

1975 - 1983 - asystent w Instytucie Automatyki Przemysłowej Politechniki Warszawskiej

od 1983 - adiunkt w Instytucie Automatyki i Robotyki Politechniki Warszawskiej

4. 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. nr 65, poz 595 ze zm.)

- 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Metody lokalizacji uszkodzeń w diagnostyce procesów przemysłowych

- 4.2. Osiągnięcie naukowe – złożone z jednotematycznego cyklu publikacji naukowych, patentu oraz oryginalnego osiągnięcia technicznego:

- a) monografia

1. **Bartyś M.** (2014). *Chosen Issues of Fault Isolation, Theory, Practice and Applications*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, ISBN 978-83-01-17810-9, Warszawa, 2014, 1-141.

Monografia.

// lista MNiSW – 24 pkt.

- b) artykuły w czasopiśmie recenzowanych

2. **Bartyś M.** (2013). *Generalised reasoning about faults based on diagnostic matrix*, International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, ISSN: 1641-876X, DOI: 10.2478/amcs-2013-0031, 23(2), 407–417.

Czasopismo z listy JCR, IF=1,146 (pięcioletni).

// lista MNiSW – 25 pkt.

Artykuł indeksowany w bazach: SCOPUS, Google Scholar.

3. Kościelny J. M., **M. Bartyś**, M. Syfert (2012). *Method of Multiple Fault Isolation in large Scale Systems*, IEEE Transactions On Control Systems Technology, IEEE, ISSN: 1063-6536, DOI: 10.1109/TCST.2011.2162587, 20(5), 1302-1310.
Czasopismo z listy JCR, IF=2,620 (pięcioletni). // lista MNiSW – 40 pkt.
Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS, Google Scholar.
4. **Bartyś M.**, R. Patton, M. Syfert, S. de las Heras, J. Quevedo (2006). *Introduction to the DAMADICS actuator FDI benchmark study*, Control Engineering Practice, Pergamon-Elsevier, DOI: 10.1016/j.conengprac.2005.06.015, ISSN: 0967-0661, 14(6), 577-596.
Czasopismo z listy JCR, IF=2,033 (pięcioletni). // lista MNiSW – 35 pkt.
Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS, Google Scholar.
5. Kościelny J.M., **M. Bartyś**, P. Rzepiejewski, J.M.G. Sá da Costa (2006). *Actuator fault distinguishability study for the DAMADICS benchmark problem*, Control Engineering Practice, Pergamon-Elsevier, ISSN: 0967-0661, DOI: 10.1016/j.conengprac.2005.06.014, 14(6), 645-652.
Czasopismo z listy JCR, IF=2,033 (pięcioletni). // lista MNiSW – 35 pkt.
Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS, Google Scholar.
6. Calado, J.M.F., J.M.G. Sá da Costa, **M. Bartyś**, J. Korbicz (2006). *FDI approach to the DAMADICS benchmark problem based on qualitative reasoning coupled with fuzzy neural networks*, Control Engineering Practice, Pergamon-Elsevier, DOI: 10.1016/j.conengprac.2005.03.025, ISSN: 0967-0661, 14(6), 685-698.
Czasopismo z listy JCR, IF=2,033 (pięcioletni). // lista MNiSW – 35 pkt.
Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS, Google Scholar.
7. **Bartyś M.**, J. Calado, R. Patton, J. Quevedo (2002). *Fault diagnosis of industrial actuators in a sugar factory: a European study*. IEE Computing & Control Engineering, DOI: 10.1049/cce:20020505, ISSN: 0956-3385, 13(5), 2002, 247-253.
Czasopismo z listy JCR, IF=0,333 (pięcioletni). // lista MNiSW – 13 pkt.
Artykuł indeksowany w bazach: Web of Science, SCOPUS, Google Scholar.
8. Kościelny J.M., M. Syfert, **M. Bartyś** (1999): *Fuzzy-Logic Diagnosis of Industrial Process Actuators*, International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, ISSN: 1641-876X, 9(3), 653-666.
Czasopismo z listy JCR, IF=1,146 (pięcioletni). // lista MNiSW – 25 pkt.
Artykuł indeksowany w bazie Google Scholar.

c) patent

9. **Bartyś M.** (2014). *Elektropneumatyczny ustawnik pozycyjny*, Patent PL 216610 (B1), ogłoszony 30-04-2014 przez Urząd Patentowy RP na podstawie zgłoszenia PL nr P-385695 z dn. 2008-07-18.
Patent wdrożony do produkcji. // lista MNiSW – 50 pkt.
Patent indeksowany w bazach: Espacenet EP, Espacenet PL.

d) oryginalne osiągnięcie techniczne

10. **Bartyś M.** (2009). Inteligentny elektropneumatyczny ustawnik pozycyjny

Opracowanie koncepcji, projekt części elektronicznej oraz realizacja oprogramowania wewnętrznego oraz badania laboratoryjne i przemysłowe i wdrożenie do produkcji w firmie APLISENS S.A w Warszawie inteligentnego elektropneumatycznego ustawnika pozycyjnego APIS z funkcją tolerowania uszkodzenia toru sprzężenia zwrotnego o wysokiej odporności na zaburzenia elektromagnetyczne, przeznaczonego do pracy w strefach zagrożonych wybuchem. Ustawnik uzyskał złoty medal na XVI Międzynarodowych Targach Automatyki i Pomiarów Automaticon'2010 w Warszawie (23-26 marca, 2010) przyznany Wystawcy i Producentowi firmie APLISENS S.A.

4.3. Omówienie celu naukowego wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Przedstawiony do oceny dorobek naukowy habilitanta koncentruje się głównie w obszarze diagnostyki procesów i dotyczy rozwoju metod badawczych, w tym zwłaszcza tych, które dotyczą zagadnień lokalizacji uszkodzeń. Dorobek zostanie przedstawiony w 7 grupach tematycznych.

- a) Opracowanie oryginalnej metody badawczej pozwalającej na zobiektywizowaną ocenę aplikacyjności metod, algorytmów i podejść do detekcji i lokalizacji uszkodzeń (FDI)

Niewątpliwie za największe osiągnięcie w zakresie rozwoju metodyki badawczej habilitant uznaje opracowanie wraz ze współautorami oryginalnej metody badawczej [4] pozwalającej na zobiektywizowaną ocenę aplikacyjności metod detekcji i lokalizacji uszkodzeń (FDI). Zaproponowana metoda została zaaprobowana i uznana w międzynarodowym środowisku naukowym, czego wyrazem są liczne cytacje (rys. 1, poz. 1). Opracowana metoda definiuje kompletny zestaw narzędzi badawczych pozwalających na wyznaczenie wartości osiemnastu wskaźników [4] pozwalających na kompleksową ocenę jakości badanych metod FDI. Metoda ta wykorzystuje złożony hybrydowy model elementu wykonawczego bazujący na dogłębnej analizie funkcjonalnej z uwzględnieniem opisu behawioralnego, zastosowaniem fundamentalnych praw fizyki oraz specjalistycznej wiedzy inżynierskiej. Model elementu wykonawczego uwzględnia wpływ 19 uszkodzeń sklasyfikowanych w cztery grupy. Model został dostrojony i walidowany na podstawie danych eksperymentalnych uzyskanych w wyniku przeprowadzonych badań przemysłowych w jednym z polskich przedsiębiorstw produkcyjnych. W trakcie badań przemysłowych uwzględniono także scenariusze badawcze umożliwiające wprowadzenie sztucznych uszkodzeń procesowych. Wyniki badań przemysłowych w postaci odpowiednich zbiorów danych testowych zostały upublicznione dla międzynarodowej społeczności naukowej. Habilitant, poza udziałem w opracowaniu principów metody i przygotowaniu badań przemysłowych, opracował hybrydowy model elementu wykonawczego oraz dokonał jego walidacji na podstawie danych uzyskanych w badaniach przemysłowych.

Należy podkreślić, że jakkolwiek metoda została opracowana pod kątem zastosowania do badania algorytmów FDI na przykładzie elementów wykonawczych, to przedstawione w niej podejście badawcze oraz definicje wskaźników mają charakter uniwersalny i mogą być z powodzeniem stosowane do oceny aplikacyjności metod FDI także w odniesieniu do instrumentarium i instalacji technologicznych.

- b) Rozwój metod lokalizacji uszkodzeń wielokrotnych

W wymiarze subiektywnym, habilitant uznaje za istotne i szczególnie wartościowe osiągnięcie w postaci propozycji dwóch nowych metod szybkiej lokalizacji uszkodzeń wielokrotnych [1,3]. Zagadnienie szybkiej lokalizacji uszkodzeń wielokrotnych ma istotne znaczenie praktyczne zwłaszcza w złożonych systemach przemysłowych. Zagadnienie to było i jest przedmiotem zainteresowania licznej grupy badaczy począwszy od połowy lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. Istotny wkład w rozwój tej dziedziny wnieśli między innymi: Baseville, Blanke, Cordier, Gertler, de Kleer, Kościelny, Krysander, Ligęza, Nyberg, Reiter, Staroswiecki, Syfert, Travé-Massuyés, Williams. W pracy [3] habilitant, wspólnie ze współautorami, przedstawił oryginalną, szybką metodę lokalizacji uszkodzeń wielokrotnych o nazwie MUFIA. W monografii [1] habilitant przedstawił podstawy teoretyczne oraz algorytm alternatywnej metody szybkiej lokalizacji uszkodzeń wielokrotnych o nazwie MFI. W algorytmie habilitant zastosował oryginalny mechanizm wnioskowania diagnostycznego bazujący na wprowadzonej macierzy ścieżek. Jak wykazały badania porównawcze [1] przeprowadzone przez habilitanta, algorytm MFI charakteryzuje się mniejszą złożonością obliczeniową, a przez to większą efektywnością w stosunku do algorytmu MUFIA zwłaszcza w przypadkach występowania wysokich krotności uszkodzeń.

Obie metody charakteryzuje wysoki potencjał aplikacyjny i mogą być z stosowane w przemysłowych systemach diagnostycznych. Zaletą obu metod jest także fakt, że ze względu na wysoką efektywność obliczeniową, mogą być zaimplementowane i osadzone w inteligentnych urządzeniach pomiarowych i wykonawczych automatyki dysponujących silnie ograniczonymi mocami obliczeniowymi. W celu weryfikacji tej tezy, habilitant dokonał implementacji obu metod w przykładowym mikrokontrolerze o ultra-niskim poborze mocy, stosowanym w budowie urządzeń pomiarowych i wykonawczych automatyki charakteryzującym się architekturą von Neumann'a i zredukowaną listą instrukcji. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w [1].

c) Rozwój teorii wnioskowania diagnostycznego o uszkodzeniach pojedynczych

Podsumowaniem licznych prac habilitanta związanych z rozwojem metod wnioskowania diagnostycznego jest wkład do ogólnej teorii wnioskowania o uszkodzeniach pojedynczych. Habilitant zaproponował ogólny schemat wnioskowania diagnostycznego o uszkodzeniach pojedynczych bazujący na logice rozmytej. Zaproponowany schemat wnioskowania diagnostycznego syntetyzuje i systematyzuje różnorodne podejścia do wnioskowania bazujące na binarnych i wielowartościowych macierzach diagnostycznych oraz ich odpowiednikach rozmytych. W pracach [1-2] pokazano, że zastosowanie klasycznego sposobu wnioskowania opartego na macierzy diagnostycznej lub systemie informacyjnym FIS może w niektórych przypadkach szczególnych zarówno prowadzić do odrzucenia diagnozy prawidłowej jak i przyjęcia diagnozy fałszywej. Przedstawiony w pracach [1-2] schemat wnioskowania rozmytego o uszkodzeniach pojedynczych tych wad nie posiada. Zaproponowany schemat wnioskowania diagnostycznego został oparty na wprowadzonej przez habilitanta definicji rozszerzonej macierzy diagnostycznej, która w istocie może być interpretowana, jako uogólniona macierz diagnostyczna. Wprowadzenie pojęć sygnatur: alternatywnych i dominujących pozwoliło na sformalizowanie i uogólnienie schematu wnioskowania o uszkodzeniach. Schemat wnioskowania został przedstawiony w postaci ekwiwalentnych form zdań warunkowych o wysokim stopniu uogólnienia odwołujących się do wprowadzonych przez habilitanta pojęć przesłanek alternatywnych, dominujących i mieszanych.

Szczególne znaczenie praktyczne w diagnostyce off-line ma postać mieszana schematu wnioskowania, ponieważ pozwala na racjonalne planowanie sekwencji testów diagnostycznych. Jak wykazano w [1] racjonalne jest planowanie testów diagnostycznych w taki sposób, aby testy, których wyniki determinują wartości sygnatur dominujących wykonywane były przed testami warunkującymi wartości sygnatur alternatywnych. W tym przypadku można upatrywać zastosowań praktycznych w diagnostyce medycznej. W pracy [1] habilitant przytoczył przykład zastosowania prezentowanej metody wnioskowania dla przypadku *carcinoma renal*.

d) Rozwój teorii w zakresie rozróżnialności uszkodzeń

Podstawową miarą obiektywnej oceny jakości diagnozy jest rozróżnialność uszkodzeń. Przyjmuje się, bowiem, że im wyższa jest rozróżnialność uszkodzeń tym diagnoza jest bardziej dokładna. Podejście klasyczne do pojęcia rozróżnialności uszkodzeń polegało na poszukiwaniu zbiorów uszkodzeń o możliwie małych mocach. Wprowadzenie wielowartościowej oceny residuów, w tym metod opartych na systemie informacyjnym FIS wprowadzonym przez Kościelnego spowodowało konieczność redefinicji klasycznej definicji rozróżnialności, która okazała się niewystarczająca. W pracy [5] wprowadzono między innymi pojęcia i definicje rozróżnialności warunkowej i bezwarunkowej uszkodzeń. Wprowadzono również definicje wskaźników rozróżnialności uszkodzeń dla uszkodzeń rozróżnialnych bezwarunkowo i warunkowo.

W praktyce, racjonalizacja podejścia do zadania projektowania systemów diagnostycznych sprowadza się do poszukiwania rozwiązań suboptymalnych zapewniających akceptowalną rozróżnialność uszkodzeń przy rozsądnych kosztach. W pracy [5] wprowadzono szczególnie istotne z tego punktu widzenia pojęcia wrażliwości rozróżnialności i detekcyjności uszkodzeń na zmiany w zbiorach zmiennych procesowych wykorzystywanych do zadań FDI. Habilitant między innymi przeprowadził analizę wpływu mocy zbioru zmiennych wykorzystywanych w modelu diagnostycznym na wartości wrażliwości detekcyjności i wrażliwości rozróżnialności uszkodzeń dla binarnej i trójwartościowej oceny residuów na przykładzie elementu wykonawczego automatyki opisanego w [4].

Osiągnięcia przedstawione w pracy [5] mają bezpośrednie przełożenie na rozwój metodologii projektowania przemysłowych systemów diagnostycznych. Definiują one kryteria oraz umożliwiają syntezę funkcjonalów pozwalających tym samym na zastosowanie metod optymalizacyjnych w projektowaniu systemów diagnostycznych. Metoda ta została między innymi wykorzystana w projekcie ustawnika elektropneumatycznego [10] z wbudowanymi funkcjami diagnostycznymi.

e) Rozwój koncepcji nowych generacji urządzeń automatyki z elementami diagnostyki wbudowanej

W monografii [1] przedstawiono koncepcję nowej generacji urządzeń automatyki złożonej z autonomicznych inteligentnych jednostek diagnostycznych. Przedstawiono również zarys strategii podziału zadań

diagnostycznych pomiędzy inteligentne urządzenia z wbudowanymi funkcjami diagnostycznymi i zewnętrznymi komputerowymi systemami diagnostyki procesowej. Uwzględniając kryterium funkcjonalności, zaklasyfikowano te jednostki do trzech grup urządzeń, a mianowicie: detektorów, sensorów i analizatorów uszkodzeń. Detektory uszkodzeń są jednostkami sieciowymi (autonomicznymi lub wbudowanymi), których zadaniem jest detekcja powstających uszkodzeń w określonym urządzeniu lub zbiorze urządzeń. Sensory uszkodzeń są jednostkami sieciowymi (autonomicznymi lub wbudowanymi), których zadaniem jest rozpoznawanie wyłącznie jednego, konkretnego uszkodzenia. Koncepcja zakłada, że sensory uszkodzeń będą stosowane w celu wczesnego i jednoznacznego rozpoznawania szczególnie groźnych uszkodzeń. Z kolei analizatory uszkodzeń są jednostkami sieciowymi (autonomicznymi lub wbudowanymi), których zadaniem jest detekcja i lokalizacja uszkodzeń powstających w określonym urządzeniu lub zbiorze urządzeń.

Zdefiniowano podstawowe funkcje i przedstawiono przykładowe struktury takich jednostek. Prezentowana koncepcja jest współbieżna z generalnie akceptowaną ideą decentralizacji funkcji diagnostycznych. Zakłada się w niej, że zadania lokalnej realizacji zadań diagnostycznych powinny być realizowane na poziomie obiektowym, co pozwala na urzeczywistnienie postulatu diagonalizacji postaci uogólnionej macierzy diagnostycznej. Zastosowanie sensorów, detektorów i analizatorów uszkodzeń pozwala na uzyskanie większej rozróżnialności uszkodzeń niemożliwej do osiągnięcia przy zastosowaniu innych metod FDI. Wynika to stąd, że urządzenia te mają z natury rzeczy dostęp nie tylko do zmiennych globalnych, ale także do zmiennych lokalnych. Możliwe jest również skrócenie czasu uzyskania diagnozy dzięki równoległej realizacji funkcji diagnostycznych przez wiele urządzeń, co jest szczególnie ważne wszędzie tam, gdzie ma to wymiar istotny lub krytyczny. Dodatkowo, realizacja koncepcji pozwala na zwiększenie zdolności do rozpoznawania uszkodzeń wielokrotnych i zwiększenie odporności globalnego systemu diagnostycznego ze względu na fakt, że skutki uszkodzeń poszczególnych jednostek diagnozujących mają wyłącznie znaczenie lokalne.

f) Osiągnięcie w zakresie technologii i transferu technologii

Za najważniejsze własne osiągnięcie technologiczne, podsumowujące wieloletnie dokonania w zakresie badań stosowanych, habilitant uznaje: opracowanie koncepcji, algorytmów sterowania, konstrukcji elektronicznej i oprogramowania oraz eksperymentalne badania laboratoryjne i przemysłowe serii programowalnych i inteligentnych elektropneumatycznych ustawników pozycyjnych przeznaczonych do pracy z siłownikami jednostronnego i dwustronnego działania o ruchu liniowym i obrotowym przeznaczonych do stosowania w elementach wykonawczych układów automatyki.

W szczególności, osiągnięcie to dotyczy:

- pierwszego w Polsce wdrożenia przemysłowego programowalnego ustawnika elektropneumatycznego A-785 w 1998 roku w firmie MERA PNEFAL S.A., który został wyróżniony złotym medalem na V Międzynarodowych Targach Automatyki i Pomiarów „Automaticon” w Warszawie w 1999 roku. Rozwiązania zastosowane w ustawniku zostały opatentowane. Patent został przyznany przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej w 2003 r.
- pierwszego w Polsce wdrożenia przemysłowego inteligentnego ustawnika elektropneumatycznego z funkcją tolerowania uszkodzenia toru sprzężenia zwrotnego i przeznaczonego do pracy w strefach zagrożonych wybuchem w 2009 r w firmie APLISENS S.A., który został wyróżniony złotym medalem na XVI Międzynarodowych Targach Automatyki i Pomiarów „Automaticon” w Warszawie w 2010 roku. Rozwiązania zastosowane w ustawniku zostały opatentowane. Patent [9] został przyznany przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej w 2014 r.
- pierwszego w Polsce wdrożenia przemysłowego inteligentnego ustawnika elektropneumatycznego z interfejsem komunikacyjnym HART przeznaczonego do pracy w strefach zagrożonych wybuchem i wbudowanymi funkcjami diagnostycznymi w 2014 r w firmie APLISENS S.A., wraz z dokonaniem zgłoszenia patentowego dotyczącego konstrukcji modemu HART z modulacją FSK.

g) Systematyzacja dokonań w obszarze lokalizacji uszkodzeń – opracowanie monograficzne

Zwieńczeniem dorobku habilitanta jest monografia [1] podsumowująca najważniejsze dokonania naukowe, w tym między innymi te, które dotyczą rozwoju metod lokalizacji uszkodzeń wielokrotnych, oceny rozróżnialności uszkodzeń i wrażliwości rozróżnialności na zbiory sygnałów diagnostycznych, zastosowania metod logiki rozmytej w procesie wnioskowania o uszkodzeniach, generalizacji metod wnioskowania diagnostycznego oraz prezentacji idei diagnostyki wbudowanej z wykorzystaniem logiki rozmytej. Monografia [1] odwołując się do niektórych wcześniejszych prac habilitanta [2,3,5,9] wzbogaca je nowymi treściami i dowodami.

Zakres tematyczny monografii [1] obejmuje prezentację wybranych zagadnień związanych zwłaszcza z lokalizacją uszkodzeń i odzwierciedla osobiste zainteresowania naukowe autora. Dla zachowania spójności tematycznej, zagadnienia detekcji i identyfikacji uszkodzeń pozostały poza jej głównym nurtem. W wymiarze ogólnym, osiągnięcie to należy rozpatrywać w kategorii wkładu w rozwój metod diagnostycznych. W pracy [1] przedstawiono wybrane metody i podejścia do wnioskowania diagnostycznego ze szczególnym uwzględnieniem tych, które charakteryzują się potencjałem aplikacyjnym i które mogą być stosowane w systemach diagnostyki bieżącej. W przykładach przywoływanych w pracy dominują głównie odniesienia do zastosowań przemysłowych, w tym dotyczących diagnostyki wbudowanej inteligentnych urządzeń warstwy obiektowej systemów sterowania automatycznego. W pracy przytoczono również przykład medyczny ilustrujący, przynajmniej fragmentarycznie, różnice i cechy wspólne podejścia do diagnostyki medycznej i diagnostyki procesów technicznych.

Rozdziały 2 i 3 monografii poświęcono przedstawieniu metod i algorytmów rozwiązania problemu lokalizacji uszkodzeń wielokrotnych. Podano podstawy teoretyczne oraz przedstawiono dwa alternatywne podejścia oraz algorytmy szybkiej lokalizacji uszkodzeń wielokrotnych. Oba algorytmy bazują na binarnej macierzy diagnostycznej i zasadach wnioskowania polegających na dynamicznej dekompozycji systemu oraz wprowadzonego przez habilitanta podejścia bazującego na macierzy ścieżek.

Przeprowadzono również dyskusję stosowalności tych podejść w przypadku wnioskowania bazującego na systemie informacyjnym (FIS). W pracy skoncentrowano się na wnioskowaniu diagnostycznym prowadzonym przy zastosowaniu kanonów logiki klasycznej i rozmytej. Podejście rozmyte do lokalizacji uszkodzeń pozwoliło między innymi na ujęcie zagadnienia niepewności w procesie wnioskowania o uszkodzeniach. Dało również asumpt do sformułowania trzech fundamentalnych reguł wnioskowania diagnostycznego (rozdział 5). Reguły te opisują proces wnioskowania diagnostycznego w kategoriach rozmytych systemów kauzalnych. Reguły syntetyzują i uogólniają sposoby wnioskowania diagnostycznego właściwe dla innych znanych podejść, w tym tych, które są oparte na binarnej lub trójwartościowej macierzy diagnostycznej, systemie informacyjnym i ich odpowiednikach rozmytych. Wprowadzono nowe lub przededefiniowano klasyczne pojęcia diagnostyki, w tym między innymi alternatywne i dominujące sygnatury uszkodzeń.

Podstawową miarą obiektywnej oceny jakości diagnozy jest rozróżnialność uszkodzeń. W rozdziale 4 wprowadzono między innymi pojęcie rozróżnialności warunkowej i szczególnie istotne z punktu widzenia aplikacyjnego zagadnienie wrażliwości rozróżnialności na zmiany w zbiorach sygnałów diagnostycznych i w macierzach diagnostycznych.

Niewątpliwie kamieniem milowym w rozwoju logiki rozmytej było wprowadzenie schematu wnioskowania opartego na definicji rozmytej implikacji Mamdani'ego. W istocie implikacja Mamdani'ego może być interpretowana jako relacja, w której związki pomiędzy elementami zbiorów rozmytych mają charakter nieostry. Taki opis umożliwia uwzględnienie niepewności sprawdzeń diagnostycznych wynikających np: z niepewności pomiarów, niepewności oceny wyników sprawdzeń diagnostycznych czy niepewności zastosowanych modeli w fazie detekcji procesu diagnozowania. Rozdział 6 poświęcono prezentacji i analizie możliwości zastosowania logiki rozmytej do lokalizacji uszkodzeń na przykładzie w inteligentnego urządzenia wykonawczego automatyki [9] z propozycją racjonalnego podejścia do projektowania partycji rozmytych dla celów oceny wartości residuów.

Od wielu lat obserwowana jest wyraźna ewolucja struktur a także zadań realizowanych przez systemy sterowania w kierunku decentralizacji i rozproszenia funkcji sterowania. Nie ma obecnie istotnych powodów, aby tą drogą nie mogła podążać ewolucja systemów diagnostycznych procesów przemysłowych. W rozdziale 7 przedstawiono zarys idei inteligentnych jednostek diagnostycznych realizujących wyspecjalizowane zadania diagnostyczne oraz zdefiniowano ich funkcje.

W praktyce, diagnostyka odgrywa szczególnie ważną rolę w zagadnieniach związanych z bezpieczeństwem funkcjonalnym urządzeń, maszyn i systemów. Uzyskanie projektowanego pokrycia diagnostycznego, czy zapewnienie odpowiedniego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa systemu (SIL) jest obecnie całkowicie niewyobrażalne bez zastosowania metod detekcji i lokalizacji uszkodzeń. Jedną z dziedzin diagnostyki mających bezpośredni wkład w tę ważną dziedzinę badań stosownych są metody sterowania pozwalające na tolerowanie uszkodzeń. W rozdziale 8 przedstawiono podejście praktyczne do konstrukcji inteligentnego ustawnika pozycyjnego tolerującego uszkodzenia toru sprzężenia zwrotnego.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Charakterystyka osiągnięć naukowo-badawczych uzyskanych w toku realizacji prac badawczych

W okresie od uzyskania stopnia doktora, habilitant uczestniczył w czterech międzynarodowych grantach naukowo-badawczych, jednym międzynarodowym grantie naukowo-dydaktycznym i dwudziestu krajowych grantach i pracach naukowo-badawczych. Kierował ośmioma krajowymi grantami i pracami naukowo-badawczymi oraz był koordynatorem jednego międzynarodowego grantu naukowo-dydaktycznego. Wyniki realizacji prac naukowo-badawczych habilitant opublikował między innymi w monografii [1], dziewięciu artykułach w czasopismach indeksowanych w liście JCR [4-8], trzydziestu trzech artykułach w czasopismach recenzowanych, osiemdziesięciu trzech referatach i w czterech patentach [9]. Wynikiem tych prac jest łącznie siedemdziesiąt jeden osiągnięć technologicznych, spośród których osiemnaście zostało wdrożonych do produkcji, czternaście znalazło wdrożenia pilotowe, a trzydzieści siedem znalazło zastosowania w laboratoriach badawczych.

W ujęciu statystycznym rozległość tematyczna prowadzonych przez habilitanta badań jest zauważalna, co wyraźnie ilustrują statystyki przedstawione w formie graficznej na rys.3-5. Stąd, wydaje się, że trudno byłoby określić zainteresowania naukowe habilitanta jako monotematyczne. Trzeba jednak podkreślić, że większość prac związana jest z szeroko rozumianą automatyką. Choć głównym nurtem badawczym habilitanta w okresie ostatnich dwudziestu lat pozostaje diagnostyka procesów, to uzyskał on także osiągnięcia w dziedzinach od diagnostyki dość odległych.

Bezpośrednio po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, fascynacja informatyką zaowocowała pracami i dokonaniem dość istotnymi, do których należy zaliczyć między innymi opracowanie kompilatora i edytora języka symbolicznego ASCAM, czy opracowania dyskowego systemu operacyjnego dla procesora autonomicznego CAMAC. Dokonania te zostały uznane i znalazły liczne zastosowania w polskich i zagranicznych placówkach badawczych. Równolegle habilitant kontynuował prace związane z badaniami eksperymentalnymi odporności systemów telekomunikacyjnych na zakłócenia elektromagnetyczne.

Profil zainteresowań badawczych habilitanta uległ całkowitej reorientacji w związku z pobytem na stypendium Heinricha Hertza w Institut für Pneumatische und Hydraulische Antriebe und Steuerungen Rheinisch Westfälische Technische Hochschule w Aachen. Pojawiły się liczne prace habilitanta związane ze sterowaniem serwonapędów elektrohydraulicznych zwłaszcza z wykorzystaniem rozdzielaczy elektrohydraulicznych o działaniu proporcjonalnym. Efektami praktycznymi tych prac był między innymi rozwój regulatorów mikroprocesorowych, które znalazły zastosowanie w zautomatyzowanych napędach wielocłonowej mobilnej pompy betonu, czy w automatyzacji najnowocześniejszego w Europie zautomatyzowanego stanowiska do badań konstrukcji ochronnych maszyn budowlanych zgodnie z procedurą ROPS.

Ze względu na zapotrzebowanie polskiego przemysłu zainteresowania habilitanta z czasem uległy ewolucji w stronę sterowania, diagnostyki i zwiększenia niezawodności napędów elektro-pneumatycznych. Tematyka ta jest przez habilitanta kontynuowana do chwili obecnej. W tej dziedzinie istotne osiągnięcia habilitanta zostały scharakteryzowane w poprzedniej sekcji.

Do epizodycznych, lecz istotnych osiągnięć badawczych habilitanta należy zaliczyć prace badawczo-rozwojowe związane z syntezą multimodalnego układu fuzji obrazów działającego w czasie rzeczywistym, czy układu zdalnego sterowania i monitorowania sterownika protezy polskiego sztucznego serca.

5.2. Osiągnięcia naukowo-badawcze - analiza bibliometryczna

Osiągnięcia naukowo-badawcze habilitanta dokonane w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora przedstawiono w Tab. 5.1 Dla dopełnienia całości obrazu, w tab. 5.1 przedstawiono również dane liczbowe dotyczące dorobku przed uzyskaniem stopnia doktora.

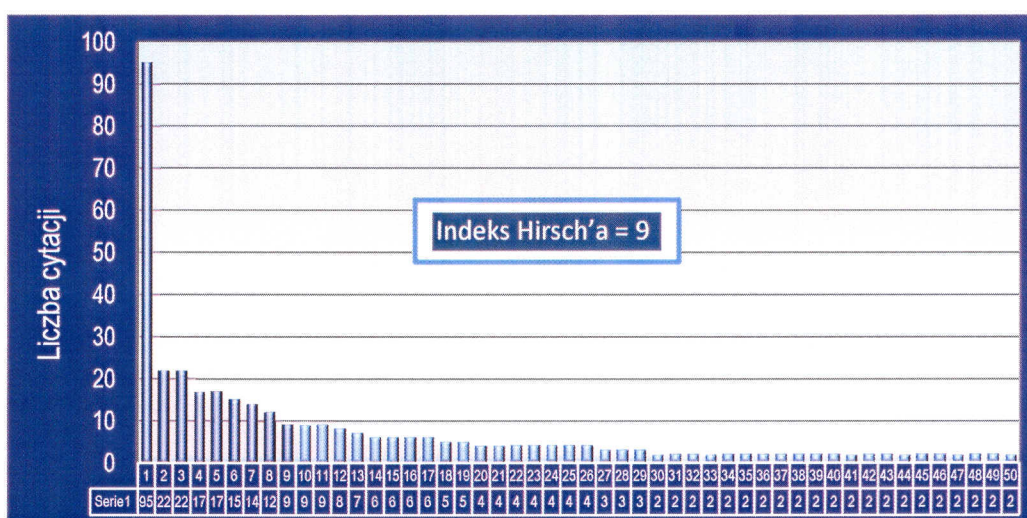
Tabela 5.1 Charakterystyka liczbowo dorobku naukowego

Rodzaj osiągnięcia naukowego	Przed doktoratem	Po doktoracie	Suma
Artykuły w czasopismach z listy JCR	-	8	8
Artykuły w pozostałych czasopismach recenzowanych	4	32	36
Monografie i rozdziały w monografiach	1	9	10
Referaty opublikowane	11	82	93
Wdrożenia	12	71	83
Przyznane patenty	1	4	5

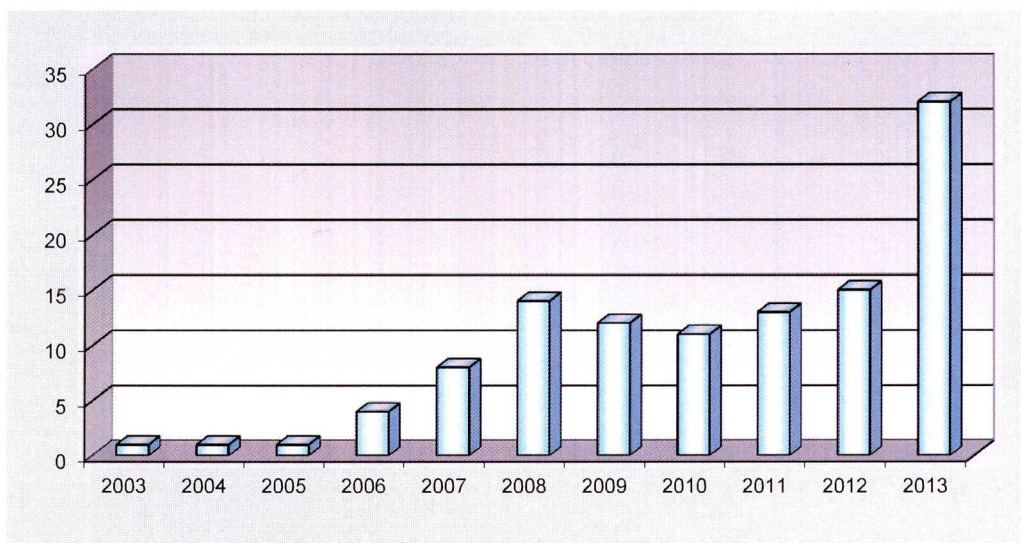
Analizę liczbą cytacji habilitanta w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora przedstawiono w tab. 5.2. Liczbę cytacji przedstawiono według stanu na dzień 28.05.2014 na podstawie rekordów zapisanych w bazach: Web of Science, Scopus, Microsoft Academic Search, Publish or Parish i Google Scholar. Diagram Hirsch'a na wyznaczony na podstawie danych z bazy Google Scholar według stanu na dzień 28.05.2014 przedstawiono na rys. 1, natomiast dynamikę liczby cytacji zarejestrowanych w bazie Scopus w okresie ostatnich 10 lat przedstawiono na rys. 2.

Tabela 5.2. Charakterystyka liczby cytacji według stanu z 28-05-2014

Wskaźnik bibliometryczny	Web of Science	Scopus	Microsoft Academic	Publish or Parish	Google Scholar
Sumaryczna liczba cytatów	63	118	45	377	382
Liczba pozycji indeksowanych	11	16	7	79	84
Indeks h	4	5	4	9	9
Sumaryczny Impact Factor	12,796				



Rys.1. Wykres Hirsch'a (stan z 28-05-2014) według bazy Google Scholar. Ze względu na przejrzystość wykresu liczbę publikacji ograniczono do 50.

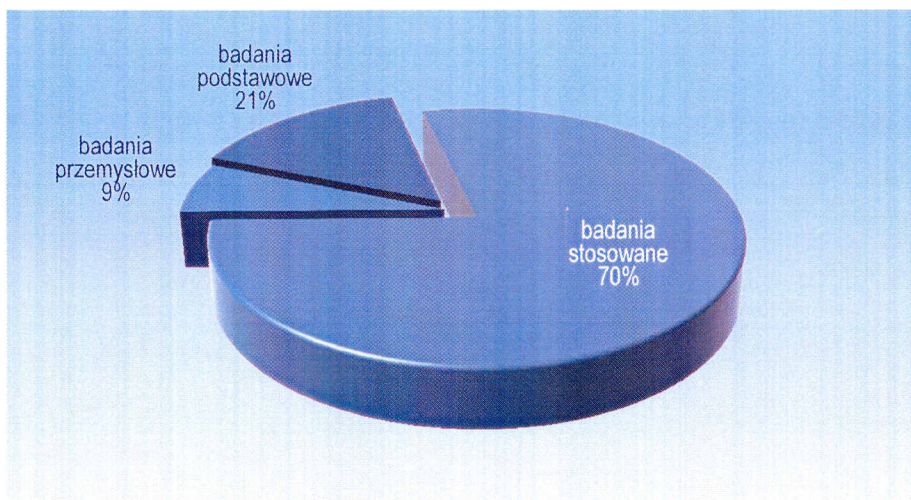


Rys.2. Rozkład liczby cytacji według bazy Scopus w okresie 2003-2013.

Profil publikacji

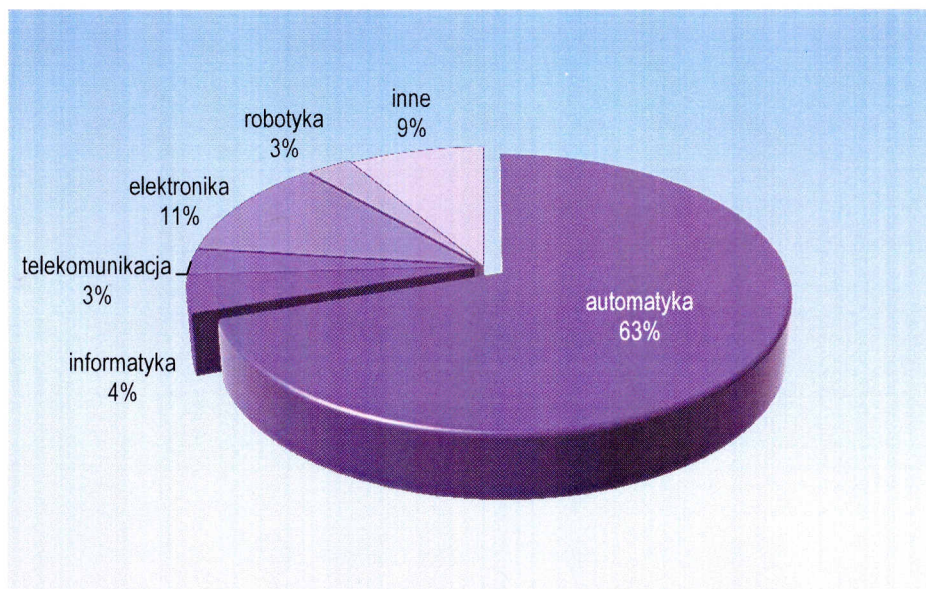
Tematyka badawcza habilitanta w wymiarze statystycznym koncentruje się głównie w obszarze badań stosowanych (rys. 3) z dominującą rolą prac związanych z dyscypliną automatyka (rys. 4) i z uwypukleniem teorii, metod, algorytmów i zastosowań logiki rozmytej (rys. 5).

Na rys. 3 przedstawiono klasyfikację publikacji habilitanta w odniesieniu do podstawowych obszarów badawczych. Względny udział publikacji habilitanta w wybranych dziedzinach nauki i techniki przedstawiono na rys. 4. Zdecydowana większość publikacji habilitanta dotyczy zagadnień związanych z diagnostyką procesów, teorią sterowania i automatyzacją procesów. Tematykę omawiającą zagadnienia diagnostyki procesów ujęto w dziale „automatyka”. Tematyczne obszary badań habilitanta w ujęciu statystycznym zostały przedstawione na rys. 5.

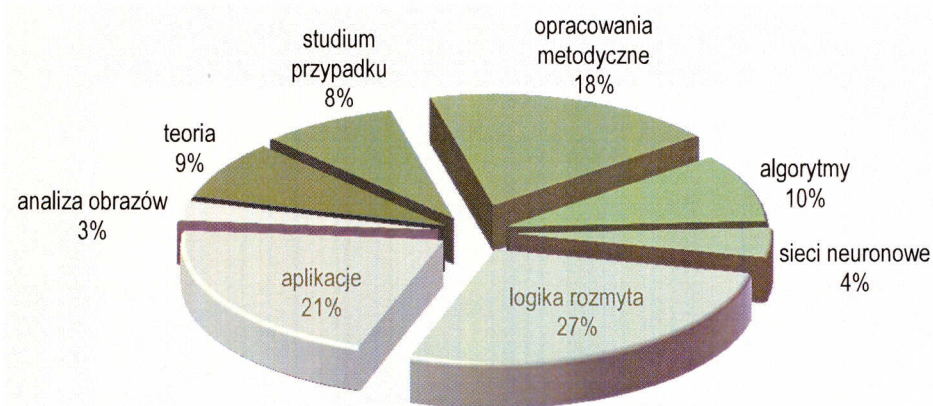


Rys. 3. Tematyka badawcza.

badania stosowane - 70,3%; badania podstawowe - 20,9%; badania przemysłowe - 8,9%



Rys. 4. Względny udział wybranych dziedzin nauki i techniki w statystyce publikacji.
 automatyka - 62,8%; elektronika - 11,4%; informatyka - 4,3%;
 telekomunikacja - 2,9%; robotyka - 2,9%; inne - 8,7%



Rys. 5. Tematyczne obszary badań.
 logika rozmyta - 26,7%; aplikacje - 21,1%; opracowania metodyczne - 18,3%;
 opracowanie algorytmów - 9,9%; teoria - 8,5%; studium przypadku 8,5%;
 sieci neuronowe - 4,2%; analiza obrazów - 2,8%

Handwritten signature in blue ink.