

dr inż. Piotr Grzybowski

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

2025

# WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, STANOWIĄCYCH ZNACZNY WKŁAD W ROZWÓJ OKREŚLONEJ DYSCYPLINY

ZAŁĄCZNIK IV DO WNIOSKU

I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST.  
1. PKT 2 USTAWY

1. Monografia naukowa, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2a ustawy; lub
2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy; lub

**Poniższe publikacje dotyczą okresu po uzyskaniu stopnia doktora**

- [A1] G. Kopecki, P. Rzucidło, P. Grzybowski, D. Kordos, 'A family of universal miniature autopilots – design solutions, characteristics, hardware/software-in-the-loop simulations', AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, 2016, p. 3220. (artykuł – Załącznik A1, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik nr W1)

*Mój wkład w wymienioną pracę polegał na opracowaniu koncepcji stanowisk testowych typu Software-In-The-Loop i Hardware-In-The-Loop, w tym przygotowaniu modelu symulacyjnego platformy latającej samolotu Multiplex Cularis w oprogramowaniu X-Plane, realizacji warstwy sprzętowej tych stanowisk i integracji z mikrokomputerowym modułem autopilota, jak również implementacji oprogramowania autopilota na docelowej platformie sprzętowej. Dzięki zrealizowanej przeze mnie strukturze możliwe było testowanie wybranych algorytmów sterowania, nawigacji oraz pomiarowych, jednocześnie ograniczając konieczność prowadzenia kosztownych i potencjalnie ryzykownych badań w locie na rzeczywistym obiekcie.*

*W okresie publikacji artykułu (rok 2016), dominowały rozwiązania autopilotów oparte na otwartym oprogramowaniu (ArduPilot, Paparazzi, Pixhawk), których środowiska testowe nie zapewniały pełnej integracji sprzętowo-programowej. Systemy Hardware-In-The-Loop (HIL) i Software-In-The-Loop (SIL) były rozwijane głównie w środowiskach Matlab/Simulink, bez realistycznego odwzorowania charakterystyk aerodynamicznych UAV. Dostępne platformy wymagały oddzielnej konfiguracji dla trybów HIL i SIL, co utrudniało ciągłość walidacji algorytmów sterowania, a także ich testowanie na nowo opracowywanych obiektach, dla których właściwości aerodynamiczne nie były jeszcze określone w zaawansowanych badaniach w locie. Symulatory uwzględniające złożone właściwości aerodynamiczne, takie jak X-Plane, były wówczas stosowane prawie wyłącznie w lotnictwie załogowym i rzadko integrowane z mikrokontrolerami autopilotów, a jeśli tak się działo, to rozwiązania te miały charakter zamknięty (np. Micropilot). Brakowało również uniwersalnych stanowisk pozwalających na jednoczesne testowanie sprzętu i oprogramowania w warunkach zbliżonych do rzeczywistego lotu.*

*Moje autorskie rozwiązania, zarówno z zakresu prac koncepcyjnych, jak i rozwiązań technicznych (w tym programistycznych dotyczących komunikacji autopilota ze stanowiskiem laboratoryjnym), były kluczowe dla prawidłowego działania modułów autopilota, zarówno w środowisku symulacyjnym, jak i podczas badań w warunkach operacyjnych. Opracowane przeze mnie rozwiązanie wniosło nową jakość poprzez pełną integrację środowiska X-Plane z mikrokomputerowym autopilotem, umożliwiając płynne przełączanie między trybami SIL i HIL oraz realistyczne testowanie algorytmów sterowania i nawigacji w bezpiecznym środowisku symulacyjnym, a tym samym zmniejszenie ryzyka związanego z prowadzeniem badań w locie systemów bezałogowych na wczesnym etapie rozwoju.*

- [A2] P. Grzybowski, M. Klimczuk, P. Rzucidło, 'Distributed measurement system based on CAN data bus', Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 90, no. 8, pp. 1249–1258, 2018. (IF=0.924) (artykuł – Załącznik A2, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W2)

*W ramach współautorstwa publikacji opracowałem i zaprezentowałem założenia funkcjonalne systemu pomiarowego PRP-W2, a także jego koncepcję i architekturę oraz wybrane rozwiązania sprzętowo-programowe. Obejmowało to w szczególności zaprojektowanie struktury sprzętowej poszczególnych modułów pomiarowych, opracowanie wybranych elementów oprogramowania implementowanego w mikrokomputerach systemu, przygotowanie koncepcji systemu wizualizacji danych, jak również opracowanie protokołu zapisu danych na karcie pamięci, uwzględniającego ich oznaczanie znacznikami czasowymi.*

*W 2018 roku systemy rejestracji danych w lotnictwie lekkim i UAV opierały się głównie na scentralizowanych jednostkach akwizycji wykorzystujących głównie interfejsy RS-232 lub Ethernet, a w niektórych przypadkach również ARINC-429, które nie pozwalały na rozproszone umiejscowienie urządzeń pomiarowych ani precyzyjną synchronizację danych zbieranych z wielu czujników. Komercyjne rozwiązania, takie jak Garmin G3X, Dynon SkyView czy Micropilot MP2x, oferowały ograniczoną możliwość rozbudowy i nie zapewniały jednoczesnego zapisu danych w wielu węzłach pomiarowych. Na tym tle opracowany system PRP-W2 wprowadził nową jakość poprzez rozproszoną architekturę pomiarową opartą na magistrali CAN, z pełną synchronizacją czasową analogiczną do dostępnej w standardzie ARINC 825, a jednocześnie zapewniającą wsteczną kompatybilność z rozwiązaniami bazującymi na standardzie CAN Aerospace. Zastosowanie znaczników czasowych o dokładności 1 ms oraz wynikające z koncepcji miniaturowe wymiary modułów pomiarowych umożliwiły montaż systemu w obiektach, które wcześniej nie mogły korzystać z takich technologii, w tym w małych UAV i statkach załogowych o ograniczonej przestrzeni instalacyjnej. Dzięki temu PRP-W2 stał się jednym z pierwszych systemów w Polsce, który był wykorzystywany do badań tak szerokiego zakresu platform latających.*

*W prezentowanym artykule przedstawiono nie tylko koncepcję systemu pomiarowego, której byłem autorem, ale również przykład innowacyjnych badań możliwych do zrealizowania z jego udziałem. Wynikiem właściwości pomiarowych i konstrukcyjnych była możliwość przeprowadzenia badań mających na celu określenie chwili przyziemienia wyłącznie na podstawie drgań zarejestrowanych za pomocą modułu układu pomiaru przyspieszeń.*

- [A3] P. Grzybowski, E. Szpakowska-Peas, 'Flight reconfiguration system — an emergency system of the future', Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 92, no. 9, pp. 1393–1399, 2020. (IF=0.975) (artykuł – Załącznik A3, oświadczenie współautora o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W3)

*Moja rola w niniejszej pracy polegała na opracowaniu założeń funkcjonalnych systemu rekonfiguracji lotu FRS, budowie stanowisk testowych typu Software-In-The-Loop (SIL) do weryfikacji jego działania, a także na opracowaniu warstwy algorytmicznej i oprogramowania przeznaczonego do implementacji w warstwie sprzętowej. Zaproponowany przeze mnie algorytm automatycznego wyboru lotniska opierał się na autorskiej, czterostopniowej procedurze redukcji zbioru potencjalnych lotnisk, co znacząco ograniczało złożoność obliczeniową procesu decyzyjnego. Dzięki temu, pomimo ograniczeń sprzętowych, możliwe było dynamiczne wyznaczenie lotniska docelowego z bazy obejmującej ponad 13 000 obiektów oraz obliczenie trajektorii dolotu uwzględniającej aktualny stan statku powietrznego. W procesie tym*

*zastosowano metody optymalizacji wielokryterialnej (MCDM) do oceny potencjalnych lotnisk oraz elementy logiki rozmytej do oceny zdatności pasów do lądowania.*

*W 2020 roku rozwiązania z zakresu automatycznej rekonfiguracji lotu i awaryjnego zarządzania lotem znajdowały się wciąż na etapie badań eksperymentalnych. Projekty takie jak SOFIA czy eSAFE wykorzystywały algorytmy wspomaganie decyzji o wyborze lotniska, jednak ograniczały się do niewielkich baz danych i nie uwzględniały ograniczeń obliczeniowych systemów pokładowych stosowanych w samolotach kategorii CS-23. Dostępne rozwiązania działały głównie w środowiskach symulacyjnych, bez możliwości rzeczywistej implementacji w warstwie sprzętowej systemów sterowania lub też były testowane jedynie w ograniczonym zakresie w warunkach rzeczywistych. Stosowane metody decyzyjne opierały się na ograniczonej liczbie kryteriów (np. odległość od pasa), a proces oceny zdatności lotniska do lądowania nie uwzględniał czynników dynamicznych ani opóźnień wynikających z projektowania trajektorii dolotu do miejsca awaryjnego lądowania. W rezultacie systemy te nie były zdolne do pełnej automatyzacji wyboru i realizacji procedury awaryjnego dolotu w czasie rzeczywistym, a proces wnioskowania miał charakter suboptymalny – lepsze rozwiązania dla danej sytuacji awaryjnej mogły nie zostać uwzględnione z powodu ograniczeń danych wejściowych.*

*Na tle ówczesnego stanu techniki opracowany przeze mnie system FRS stanowił nowatorskie rozwiązanie. Wprowadzał on autorski algorytm decyzyjny obejmujący cztery etapy redukcji zbioru lotnisk, umożliwiający dynamiczną selekcję w warunkach ograniczonych zasobów obliczeniowych. Zastosowanie połączenia metod MCDM i logiki rozmytej pozwoliło na wielostopniową ocenę zdatności pasów do lądowania przy uwzględnieniu czynników operacyjnych i środowiskowych. Charakterystyczną cechą opracowanego systemu była hierarchiczna redukcja zbioru potencjalnych lotnisk – na każdym z etapów eliminowano obiekty o niższej ocenie, tak aby bardziej złożone obliczenia wykonywane były jedynie dla kandydatów o najwyższej punktacji. Rozwiązanie to zostało zaimplementowane w sprzęcie i zintegrowane z systemem sterowania poprzez interfejs ARINC-429, co umożliwiałało przekazywanie komend sterujących w postaci odchyłek od trajektorii dolotu do wybranego lotniska uznanego przez system za optymalne. FRS opracowano w sposób umożliwiający jego aktywację jednym przyciskiem w przypadku wykrycia zagrożenia na pokładzie, po czym automatycznie przejmował kontrolę nad statkiem powietrznym i realizował dolot do wybranego przez algorytm bezpiecznego lotniska.*

*Zaprezentowany w artykule system stanowił wstęp do dalszych prac rozwojowych w ramach projektu COAST, w którym przeprowadzono końcową weryfikację algorytmów i funkcjonalności systemu na rzeczywistym obiekcie latającym EV-55 podczas prób w locie (2021). Uzyskane wyniki potwierdziły poprawność założeń projektowych i wykazały możliwość implementacji opracowanego rozwiązania w certyfikowanych systemach awionicznych. W momencie publikacji system FRS nie posiadał odpowiedników w literaturze ani rozwiązaniach przemysłowych o analogicznej funkcjonalności, zatem system FRS był jednym z pierwszych w Polsce i jednym z nielicznych w Europie, które w sposób kompleksowy łączyły funkcje detekcji sytuacji awaryjnych, automatycznego planowania lotu, autonomicznego wnioskowania i realizacji podejścia, stanowiąc ważny etap rozwoju pokładowych systemów bezpieczeństwa nowej generacji.*

- [A4] V. Di Vito, J. Beran, T. Kabrt, P. Grzybowski, T. Rogalski, P. Masłowski, M. Montesarchio, 'Flight management enabling technologies for single pilot operations in Small Air Transport vehicles in the COAST project', IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 1024, no. 1, 012089, 2021. (IF=0.5) (artykuł – Załącznik A4, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W4)

*W ramach tego artykułu byłem odpowiedzialny za opracowanie i prezentację technologii systemu rekonfiguracji lotu (FRS) rozwijanej w projekcie COAST, a także za współudział w opracowaniu procesu projektowania złożonych układów awioniki z uwzględnieniem wymagań walidacyjnych oraz synchronizacji działań testowych dla poszczególnych rozwiązań systemowych. W ramach tej pracy uczestniczyłem w definiowaniu ścieżki osiągania kolejnych poziomów gotowości technologicznej (TRL) oraz w przygotowaniu systemu FRS do badań w locie, stanowiących kluczowy etap walidacji do poziomu TRL 6. Co istotne, opracowywany przy moim udziale system FRS stanowił jeden z wielu elementów złożonego systemu awionicznego, obejmującego również system informacji o separacji taktycznej (TSS), system zdalnego dostępu do informacji pogodowej (AWAS) oraz inne komponenty wspierające zarządzanie misją w ramach projektu COAST.*

*W latach 2020–2021 systemy zarządzania lotem w statkach powietrznych kategorii CS-23 były w fazie intensywnego rozwoju, w dużej mierze stymulowanego przez projekty SESAR, SOFIA, eSAFE oraz przez wczesne koncepcje systemów „Safe Return” realizowanych przez Garmin i Honeywell. Większość tych rozwiązań koncentrowała się jednak na funkcjach wspomagania pilota lub automatyzacji wybranych zadań (np. planowania trajektorii lub ostrzegania o kolizjach), a nie na pełnej integracji funkcjonalnej umożliwiającej operacje jednoosobowe (Single Pilot Operations – SPO). W szczególności brakowało spójnych procesów projektowych uwzględniających równoczesne walidowanie wielu podsystemów awioniki (np. Tactical Separation System, Flight Reconfiguration System, Advanced Weather Awareness System) oraz ich integrację funkcjonalną w warunkach ograniczonych zasobów obliczeniowych typowych dla statków „małego transportu lotniczego” (Small Air Transport SAT). Dostępne rozwiązania koncentrowały się głównie na demonstracjach laboratoryjnych lub symulacjach, bez zintegrowanej procedury prowadzącej do poziomu TRL 6, czyli weryfikacji w locie.*

*Na tym tle opracowany w ramach projektu COAST proces projektowania i walidacji rozwiązań awionicznych, w tym systemu FRS, wprowadzał podejście oparte na zintegrowanym cyklu pięciu faz projektowych, obejmujących zarówno rozwój algorytmów, ich implementację w środowisku symulacyjnym (SIL), jak i przygotowanie do testów w locie. Nowością opracowanego podejścia była formalizacja procesu dojścia do TRL 6 w ujęciu systemowym, z jednoczesnym zapewnieniem spójności metod walidacji pomiędzy różnymi podsystemami (TSS, AWAS, FRS). Pozwoliło to na prowadzenie zharmonizowanych testów w locie w ramach jednej platformy badawczej EV-55, stanowiących potwierdzenie gotowości technologicznej całego zestawu funkcjonalności opracowanych w projekcie COAST.*

*Przedstawiony w artykule opis procesu projektowego i wstępne wyniki stanowiły etap przejściowy do końcowej weryfikacji systemu FRS i pozostałych komponentów w próbach w locie zrealizowanych w ramach projektu COAST w 2021 roku. Wyniki tych testów potwierdziły poprawność założeń projektowych i wykazały możliwość implementacji opracowanych rozwiązań w certyfikowalnych systemach awioniki klasy CS-23, przeznaczonych do eksploatacji w koncepcji Single Pilot Operations. Stanowiły również bazę do opracowania zintegrowanego systemu zarządzania misją, przedstawionego w dalszej części niniejszego opracowania.*

- [A5] V. Di Vito, P. Grzybowski, T. Rogalski, P. Maślowski, 'A concept for an Integrated Mission Management System for Small Air Transport vehicles in the COAST project', IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 1024, no. 1, 012087, 2021. (IF=0.5) (artykuł – Załącznik A5, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W5)

*W przytoczonym artykule byłem odpowiedzialny za prezentację technologii systemu rekonfiguracji lotu (FRS) oraz współudział w opracowaniu koncepcji integracji FRS z pozostałymi systemami rozwijanymi w projekcie COAST, w tym z systemem separacji taktycznej (Tactical Separation System – TSS) i systemem zaawansowanej informacji pogodowej (Advanced Weather Awareness System – AWAS) opracowywanymi przez CIRA. Celem tych prac było opracowanie Zintegrowanego Systemu Zarządzania Misją (Integrated Mission Management System – IMMS). W szczególności brałem udział w opracowaniu założeń dla tego systemu, będąc głównym autorem wymagań funkcjonalnych oraz współautorem architektury i procesu walidacji.*

*Wcześniejsze systemy będące przedmiotem badań i wdrożeń obejmowały odrębne rozwiązania z zakresu planowania lotu, świadomości sytuacyjnej i zarządzania awaryjnego. Brakowało jednak zintegrowanych systemów decyzyjnych umożliwiających współdziałanie tych funkcji w czasie rzeczywistym. Komercyjne systemy FMS nie uwzględniały danych o ruchu i pogodzie w jednym procesie decyzyjnym, co ograniczało możliwość pełnej automatyzacji misji w koncepcji Single Pilot Operations (SPO).*

*Opracowana w projekcie COAST koncepcja Integrated Mission Management System (IMMS) stanowiła nową jakość poprzez integrację funkcji planowania trajektorii, zarządzania separacją i rekonfiguracji lotu w sytuacjach awaryjnych. Wprowadzone połączenie metod planowania strategicznego, taktycznego i awaryjnego oraz automatyzacji misji (Mission Automation Logic) umożliwiło dynamiczne reagowanie systemu na zmieniające się warunki lotu. Integracja modułów FRS, TSS i AWAS stworzyła podstawę do implementacji systemu wspomagania decyzji dla poprawy bezpieczeństwa operacji jednoosobowych w lotnictwie SAT.*

*Zaproponowany proces projektowy IMMS obejmował pięć etapów – od definiowania wymagań po testy w środowisku symulacyjnym (SIL/HIL) i przygotowanie do weryfikacji w locie. System IMMS stanowił jedno z pierwszych w Europie kompleksowych rozwiązań integrujących planowanie misji, świadomość sytuacyjną i zarządzanie awaryjne w ramach jednej architektury awionicznej. Mój udział w definiowaniu założeń był kluczowy dla późniejszej implementacji sprzętowej systemu i jego walidacji na samolocie EV-55, co umożliwiło potwierdzenie osiągnięcia poziomu gotowości technologicznej TRL 6 (czerwiec 2023).*

- [A6] V. Di Vito, P. Grzybowski, T. Rogalski, P. Masłowski, 'Design advancements for an integrated mission management system for small air transport vehicles in the COAST project', Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 94, no. 9, pp. 1508–1516, 2022. (IF=1.5)  
(artykuł – Załącznik A6, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W6)

*Prezentowany artykuł jest kolejnym z cyklu publikacji dotyczących technologii opracowywanych w ramach projektu COAST, ukierunkowanych na rozwój zintegrowanych systemów awioniki wspierających operacje jednoosobowe w lotnictwie małego transportu (Small Air Transport – SAT). Moim autorskim udziałem w tej pracy było współtworzenie koncepcji Zintegrowanego Systemu Zarządzania Misją (Integrated Mission Management System – IMMS), stanowiącego centralny element architektury funkcjonalnej opracowywanej w projekcie. W szczególności byłem odpowiedzialny za analizę możliwości implementacji systemu IMMS w zależności od dostępnej konfiguracji sprzętowej na pokładzie statków powietrznych kategorii CS-23. Uczestniczyłem w opracowaniu architektury systemu oraz w ocenie zalet i ograniczeń różnych wariantów integracji jego komponentów, obejmujących system rekonfiguracji lotu (Flight Reconfiguration System – FRS), system separacji taktycznej (Tactical Separation System – TSS) oraz system zaawansowanej informacji pogodowej (Advanced Weather Awareness System –*

AWAS). Mój wkład obejmował również analizę wpływu przyjętej architektury na złożoność implementacyjną oraz przepływ danych pomiędzy modułami, a także współdziałanie w definiowaniu wymagań funkcjonalnych niskiego poziomu, interfejsowych i walidacyjnych dla systemu IMMS.

Przed opracowaniem przedstawionych w artykule rozwiązań, systemy awioniczne dla samolotów kategorii CS-23 oraz klasy Small Air Transport (SAT) były projektowane jako zbiory odrębnych modułów funkcjonalnych, realizujących niezależne zadania w zakresie planowania lotu, separacji ruchu czy zarządzania awaryjnego. W typowych implementacjach warstwa sprzętowa była dedykowana pojedynczym funkcjom – np. osobny komputer pokładowy obsługiwał system FMS, inny odpowiadał za przetwarzanie danych pogodowych, a kolejny za zadania bezpieczeństwa lotu. Takie podejście, choć zapewniało zgodność z wymogami certyfikacyjnymi (DO-178C, DO-254), powodowało duże ograniczenia w zakresie wymiany danych pomiędzy modułami oraz uniemożliwiało współdziałanie aplikacji o różnym priorytecie czasowym na wspólnej platformie obliczeniowej.

Przedstawione w artykule rozwiązania stanowiły rozwinięcie i praktyczne wdrożenie koncepcji procesowych zaproponowanych we wcześniejszych pracach dotyczących zintegrowanego projektowania systemów awioniki w projekcie COAST. Nowością opracowania było przejście od poziomu koncepcyjnego do poziomu implementacyjnego – umożliwiające równoległą pracę funkcji planowania, separacji i rekonfiguracji lotu na wspólnej platformie sprzętowej. W odróżnieniu od wcześniejszych opracowań o charakterze czysto koncepcyjnym, zaprezentowane w artykule podejście, wynikające z przeprowadzonej przez mnie analizy wpływu architektury systemu, umożliwiło faktyczną implementację systemu IMMS w warunkach zbliżonych do operacyjnych, co stało się podwaliną pod implementację sprzętową i integrację algorytmów w kolejnych etapach projektu COAST.

- [A7] J. Lucky, V. Di Vito, J. Beran, T. Kabrt, T. Vaispacher, L. Korenciak, M. Dobes, P. Grzybowski, P. Masłowski, 'Synergy in future avionics: an overview of multiple technologies for small air traffic segment in the COAST project', J. Phys.: Conf. Ser., vol. 2716, no. 1, 012047, 2024. (IF=0.56) (artykuł – Załącznik A7, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W7)

W artykule przedstawiono podsumowanie technologii opracowanych w ramach projektu COAST, obejmujących między innymi system rekonfiguracji lotu (Flight Reconfiguration System – FRS), system separacji taktycznej (Tactical Separation System – TSS), system zaawansowanej informacji pogodowej (Advanced Weather Awareness System – AWAS) oraz Zintegrowany System Zarządzania Misją (Integrated Mission Management System – IMMS). Publikacja stanowiła syntetyczne ujęcie całego cyklu rozwojowego – od koncepcji, przez implementację i testy integracyjne, po demonstracje w locie przeprowadzone na samolocie EV-55 w latach 2021–2023.

Mój udział obejmował autorstwo części poświęconej systemowi FRS, współautorstwo sekcji dotyczącej IMMS oraz pełnienie roli recenzenta technicznego, odpowiedzialnego za weryfikację spójności prezentowanych osiągnięć z założeniami systemowymi projektu COAST. W ramach tej roli nadzorowałem spójność merytoryczną publikacji, uwzględniając doświadczenia zdobyte podczas badań w locie, w których uczestniczyłem jako inżynier pokładowy podczas walidacji systemów.

Nowością przedstawionej w artykule koncepcji była synteza wszystkich opracowanych wcześniej technologii COAST (FRS, TSS, AWAS, IMMS) w postaci spójnej architektury funkcjonalnej oraz

*wykazanie możliwości ich realnej integracji i współdziałania w ramach wspólnej platformy obliczeniowej. W odróżnieniu od wcześniejszych opracowań o charakterze koncepcyjnym, zaprezentowane rozwiązania stanowiły już pełną demonstrację systemu w warunkach zbliżonych do operacyjnych, co potwierdziło ich dojrzałość technologiczną i gotowość do dalszej certyfikacji.*

- [A8] G. Drupka, P. Grzybowski, P. Szczerba, L. Bichajło, 'Examination of the influence of the integrated mission management system on the pilot's situational awareness', *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 97, no. 1, pp. 52–69, 2025. (IF=1.3 w 2024) (artykuł – Załącznik A8, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W8)

*Wskazany artykuł zawiera wyniki badań nad wpływem sposobu wizualizacji zagrożeń w zintegrowanym systemie zarządzania misją (Integrated Mission Management System – IMMS) na percepcję informacji i świadomość sytuacyjną pilotów. Badania dotyczyły zależności pomiędzy parametrami graficznymi interfejsu użytkownika – takimi jak kolor, przezroczystość (kanał alfa), kształt symboli czy nakładanie się obiektów – a intuicyjnością i trafnością oceny znaczenia informacji przez użytkownika systemu.*

*Pełniłem rolę autora prowadzącego korespondencję oraz głównego inicjatora badań. Byłem odpowiedzialny za opracowanie ogólnej koncepcji badawczej, dobór metod eksperymentalnych, analizę i interpretację wyników oraz współtworzenie kwestionariuszy ankietowych wykorzystanych w eksperymencie. Zdefiniowałem także hipotezy badawcze dotyczące wpływu sposobu prezentacji informacji na poziom świadomości sytuacyjnej pilota oraz zakres wykorzystania kanału alfa w hierarchizacji zagrożeń.*

*W odróżnieniu od prezentowanych wcześniej artykułów, które miały w znacznej mierze charakter techniczny, niniejszy artykuł koncentruje się na zagadnieniach związanych z tzw. czynnikiem ludzkim w lotnictwie. Prace zostały zainspirowane koniecznością opracowania sposobu prezentacji danych z różnych źródeł w ramach integracji systemów (np. AWAS, TSS, FRS), pilotom w trakcie badań w locie. Obowiązujące wytyczne (FAA, EASA, SAE, RTCA) regulują sposób prezentacji informacji jedynie w kontekście pojedynczych wyświetlaczy i nie obejmują metod łączenia danych o różnych priorytetach bezpieczeństwa w jednej przestrzeni graficznej. W momencie realizacji pracy brakowało w literaturze opracowań dotyczących metod wizualizacji na pojedynczym ekranie zagrożeń pochodzących z różnych domen, takich jak pogoda, ruch lotniczy czy struktura przestrzeni powietrznej, a taka metoda wizualizacji była kluczowa dla budowy systemu IMMS.*

*W artykule zaproponowano oryginalną metodę wykorzystania parametru przezroczystości (kanału alfa) jako narzędzia wspomagającego hierarchizację zagrożeń na ekranach wielofunkcyjnych (MFD). Wyniki badań ankietowych i analiz statystycznych potwierdziły możliwość wykorzystania tej metody do poprawy czytelności informacji i skrócenia czasu ich interpretacji przez pilota. Przedstawione badania miały charakter eksperymentalny, a uzyskane wyniki posłużyły do opracowania zestawu zaleceń projektowych interfejsu graficznego IMMS (GUI IMMS), wdrożonych w demonstratorze systemu użytym w projekcie COAST.*

- [A9] P. Grzybowski, K. Ziółkowski, 'In-flight testing of the integrated mission management system', *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 97, no. 1, pp. 13–27, 2025. (IF=1.3 – w 2024) (artykuł – Załącznik A9, oświadczenie współautora o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W9)

Artykuł stanowi podsumowanie końcowego etapu prac nad Zintegrowanym Systemem Zarządzania Misją (Integrated Mission Management System – IMMS), opracowanym w ramach projektu COAST, obejmującego rozwój systemów awioniki wspierających operacje jednoosobowe w lotnictwie małego transportu (Small Air Transport – SAT). Badania przedstawione w publikacji obejmowały implementację systemu IMMS na platformie sprzętowej Honeywell Compact Computing Platform (CCP), jego walidację w środowisku Hardware-In-The-Loop oraz demonstrację w locie na samolocie EV-55.

Pełniłem rolę głównego autora aplikacji programowej IMMS, w której wprowadziłem autorską metodę odwzorowania rangi zagrożeń (severity) poprzez regulację poziomu przezroczystości obiektów graficznych. Dzięki temu w IMMS uzyskano znaczącą redukcję liczby jednocześnie wyświetlanych informacji oraz ograniczono efekt migotania, charakterystyczny dla dyskretnego wprowadzania nowych obiektów zagrożeń na ekranie, co istotnie poprawiło czytelność i ciągłość percepcji przez pilota.

Opracowałem i zrealizowałem stanowiska testowe typu Hardware-In-The-Loop – od faz założeń i projektu aż po pełną integrację – umożliwiające walidację oprogramowania IMMS oraz ocenę poprawności wymiany danych między IMMS a systemami Evo-TSS i Evo-AWAS. Zaprojektowany i wdrożony przeze mnie standard wymiany danych Unified Hazard Database (UHD) umożliwił agregację informacji z różnych źródeł oraz ich przetwarzanie w systemie wnioskowania IMMS, który określał priorytety prezentacji danych w zależności od ich istotności dla bezpieczeństwa lotu. Pełniłem również funkcję inżyniera prób w locie podczas testów systemu, odpowiadając za gromadzenie i analizę opinii pilotów w zakresie ergonomii interfejsu i intuicyjności prezentacji danych. Testy przeprowadzone w ramach projektu potwierdziły poprawność działania systemu oraz pozytywny wpływ zaproponowanej metody wizualizacji na świadomość sytuacyjną pilotów.

W czasie realizacji badań systemy awioniki dla statków kategorii CS-23 oraz klasy Small Air Transport były wciąż rozwijane głównie w formie niezależnych modułów wspomaganie decyzji – dotyczących planowania lotu, separacji ruchu czy świadomości sytuacyjnej. Co więcej, stosowane metody prezentacji danych (np. blinking alerts, discrete pop-ups) powodowały nadmierne obciążenie poznawcze pilota, utrudniając percepcję istotnych informacji. Brakowało kompleksowych rozwiązań umożliwiających prezentację informacji pochodzących z różnych domen w czasie rzeczywistym na jednym ekranie, bądź rozwiązania takie miały charakter zamknięty.

Na tle istniejących rozwiązań zaprezentowany w artykule system IMMS stanowił pierwsze w pełni zintegrowane rozwiązanie umożliwiające dynamiczną selekcję i prezentację zagrożeń z różnych domen w oparciu o bieżący stan statku powietrznego oraz kontekst lotu. Opracowane rozwiązanie stanowiło nowy etap rozwoju koncepcji IMMS, przenosząc wcześniejsze modele koncepcyjne do poziomu walidacji operacyjnej (TRL 5) i potwierdzając jego gotowość do dalszej integracji w ramach systemów zarządzania misją nowej generacji.

- [A10] P. Szwed, P. Rzucidło, P. Grzybowski, K. Warzocha, 'Determination of Atmospheric Gusts Using Integrated On-Board Systems of a Jet Transport Airplane—3D Problem', Applied Sciences, vol. 15, no. 10, p. 5687, 2025. (IF=2.5 – w 2024) (artykuł – Załącznik A10, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W10)

Artykuł jest jednym z rezultatów badań prowadzonych przez pana Piotra Szweda, doktoranta Politechniki Rzeszowskiej, w którego przewodzie doktorskim pełnię funkcję promotora pomocniczego. Mój wkład w opracowanie opisywanej metody obejmował współudział

*w tworzeniu koncepcji rozwiązania, opracowaniu metodologii badań oraz przygotowaniu stanowiska symulacyjnego umożliwiającego przeprowadzenie prób dowodowych. Uczestniczyłem także w procesie strojenia parametrów krytycznych dla działania algorytmów detekcji i klasyfikacji zjawisk atmosferycznych, mających na celu poprawę świadomości sytuacyjnej pilota poprzez automatyczne wykrywanie zagrożeń związanych z nagłymi zstępującymi prądami powietrza (zjawisko microburst).*

*W momencie opracowywania artykułu dostępne systemy bezpieczeństwa lotu w lotnictwie transportowym, takie jak EGPWS, TAWS czy windshear warning systems, opierały się głównie na analizie danych z radarów meteorologicznych. Ich skuteczność była ograniczona ze względu na brak integracji z innymi źródłami danych pokładowych (np. FMS, AHRS, ADS-B), co utrudniało predykcję lokalnych zaburzeń aerodynamicznych w czasie rzeczywistym. Dostępne rozwiązania pozwalały co najwyżej na ostrzeżenie przed zjawiskiem microburst w oparciu o dane historyczne lub symulowane, bez możliwości dynamicznej oceny zagrożenia w przestrzeni trójwymiarowej.*

*W artykule zaprezentowano nowatorską metodę trójwymiarowego określania rozkładu podmuchów atmosferycznych z wykorzystaniem danych pochodzących z zintegrowanych systemów pokładowych, w szczególności czujników przyspieszeń. Opracowane podejście łączyło dane aerodynamiczne, inercyjne i systemowe w jednolitym modelu predykcyjnym, pozwalając na bieżące wykrywanie oraz ostrzeżenie przed tymi lokalnymi anomaliami powietrznymi. W odróżnieniu od istniejących rozwiązań opartych na pojedynczych czujnikach, zaproponowana metoda umożliwiła trójwymiarową rekonstrukcję zjawiska microburst w czasie rzeczywistym. Wyniki badań potwierdziły skuteczność opracowanego podejścia i jego potencjał do wdrożenia w przyszłych systemach ostrzegania pokładowego nowej generacji.*

3. Wykaz zrealizowanych oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych lub artystycznych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c ustawy.

**Poniższe osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne dotyczą okresu po uzyskaniu stopnia doktora**

**Opracowanie i walidacja systemów FRS (Flight Reconfiguration System) i IMMS (Integrated Mission Management System) w ramach projektu COAST (Clean Sky 2, GA No. 945535)**

*W latach 2016–2023 uczestniczyłem w realizacji projektu badawczo-rozwojowego COAST (Cost-Optimized Avionics System), finansowanego w ramach europejskiego programu Clean Sky 2/Clean Aviation będącego częścią programu ramowego Horyzont 2020. Od roku 2017 pełniłem funkcję kierownika projektu z ramienia Politechniki Rzeszowskiej, będąc głównym koordynatorem działań związanych z opracowaniem systemu rekonfiguracji lotu (FRS) oraz zintegrowanego systemu zarządzania misją (IMMS). Projekt był realizowany przez międzynarodowe konsorcjum, w którego skład wchodziły: Centro Italiano Ricerche Aerospaziali (CIRA), Honeywell (Czechy), Instytut Lotnictwa (obecnie Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa) oraz Politechnika Rzeszowska. Brałem udział zarówno w etapie pozyskiwania finansowania projektu, będąc autorem znacznej części wniosku o dofinansowanie sformułowanej przez Politechnikę Rzeszowską, jak również w przygotowaniu sprawozdawczości wymaganej przez konsorcjum Clean Aviation (zgodnie z informacją zawartą w cz. 5 rozdziale III niniejszego wykazu osiągnięć). Projekt koncentrował się na opracowaniu kluczowych technologii pokładowych dla samolotów kategorii EASA CS-23 Commuter, umożliwiających w przyszłości realizację operacji w formule Single-Pilot Operations (SPO).*

*W okresie realizacji projektu COAST dostępne w lotnictwie systemy pokładowe ukierunkowane na poprawę bezpieczeństwa – takie jak TAWS/EGPWS, systemy ostrzegania przed uskokiem wiatru (windshear warning systems), moduły świadomości sytuacyjnej wchodzące w skład nowoczesnych FMS czy pokładowe radary meteorologiczne – funkcjonowały jako niezależne, odseparowane moduły, przetwarzające dane w swoich domenach operacyjnych. Rozwiązania te nie umożliwiały fuzji danych pochodzących z wielu źródeł (np. FMS, AHRS, radar pogodowy, ADS-B In, systemy terenowe), co znacząco ograniczało możliwości ich wykorzystania do predykcyjnego wykrywania zagrożeń oraz do wspierania procesów decyzyjnych w sposób całościowy. Dominowały systemy alertowania oparte na dyskretnych progach i wyzwalanych skokowo komunikatach ostrzegawczych, co prowadziło do nadmiaru sygnałów alarmowych, efektu migotania oraz zwiększonego obciążenia poznawczego pilota. Brakowało rozwiązań pozwalających na ważenie i priorytetyzację zagrożeń w czasie rzeczywistym, a tym bardziej – na ich kontekstowe powiązanie z aktualnym stanem statku powietrznego oraz przebiegiem misji. Nie istniały również funkcjonalne standardy pozwalające na integrację wielu systemów bezpieczeństwa w jedną architekturę misji, co czyniło niemożliwym wdrożenie zintegrowanych systemów decyzyjnych wymaganych w koncepcji Single-Pilot Operations.*

*W prowadzonych pracach pełniłem kluczową rolę w opracowaniu systemów – FRS i IMMS – na wszystkich etapach ich rozwoju, od koncepcji, przez implementację, aż po testy w locie. Byłem głównym autorem koncepcji oraz architektury funkcjonalnej systemu FRS i odpowiadałem za projekt oraz implementację algorytmów sterowania rekonfiguracją lotu, które zostały następnie zwalidowane w badaniach SIL, HIL oraz podczas prób w locie. Samodzielnie zaprojektowałem i zbudowałem stanowiska testowe typu Software-In-The-Loop oraz Hardware-In-The-Loop, wykorzystane do integracji oraz walidacji systemów FRS i IMMS, w tym do testów zgodności interfejsów, oceny stabilności działania algorytmów w warunkach zbliżonych do rzeczywistych oraz weryfikacji poprawności implementacji w odniesieniu do wymagań projektowych.*

Integralną częścią tych prac było opracowanie przeze mnie wieloetapowego algorytmu wnioskowania dla systemu FRS, opisanego wcześniej w artykule A3. Algorytm ten wykorzystywał czterostopniową procedurę redukcji zbioru lotnisk, łącząc metody optymalizacji wielokryterialnej (MCDM) oraz elementy logiki rozmytej. Pozwoliło to na dynamiczne i obliczeniowo efektywne określanie lotniska awaryjnego oraz trajektorii dolotu w czasie rzeczywistym, nawet na platformach o ograniczonej mocy obliczeniowej. Zaproponowane rozwiązanie stanowiło pierwszą w Europie implementację takiego algorytmu w rzeczywistych warunkach lotu, co potwierdzono podczas prób na samolocie EV-55.

W ramach prac nad IMMS współtworzyłem ogólną koncepcję systemu oraz odpowiadałem za opracowanie jego kluczowych założeń funkcjonalnych, architektonicznych i walidacyjnych. Jestem autorem standardu wymiany danych o zagrożeniach – Unified Hazard Database (UHD), który umożliwił integrację systemów FRS, Evo-TSS oraz Evo-AWAS w jednej spójnej architekturze misji. Istotną cechą UHD było przyjęcie geometrycznej reprezentacji zagrożeń (m.in. w postaci cylindrów i wieloboków), co znacząco ograniczyło wymagania dotyczące zasobów sprzętowych koniecznych do ich przechowywania i przetwarzania w czasie rzeczywistym.

Opracowałem również autorską metodę przyporządkowania poziomu przezroczystości (transparency) do rangi zagrożeń (severity), co umożliwiło płynną i skalowalną prezentację informacji o zagrożeniach na interfejsie użytkownika. Zastosowane rozwiązanie pozwoliło zredukować efekt information overload, eliminując konieczność wyświetlania wszystkich obiektów jednocześnie oraz ograniczając zjawisko migotania ekranu charakterystyczne dla dyskretnych alertów. Metoda ta została zaimplementowana w warstwie programowej (backend) systemu IMMS, którą w całości opracowałem, obejmującej również algorytmy oceny sytuacyjnej, selekcji i priorytetyzacji zagrożeń oraz dynamicznej optymalizacji trajektorii.

Brałem bezpośredni udział w badaniach walidacyjnych zarówno w środowisku symulacyjnym, jak i rzeczywistym. W latach 2021–2023 pełniłem funkcję inżyniera prób w locie, odpowiadając za przygotowanie scenariuszy testowych dla systemów FRS i IMMS, ocenę poprawności działania tych systemów w warunkach operacyjnych oraz analizę danych pozyskanych z pokładowych rejestratorów. Zrealizowane przeze mnie prace i towarzysząca im dokumentacja potwierdzająca umożliwiły osiągnięcie wymaganych poziomów gotowości technologicznej: TRL 6 dla FRS oraz TRL 5 dla IMMS

Do moich obowiązków jako Kierownik Projektu z ramienia Politechniki Rzeszowskiej należała również koordynacja współpracy z partnerami konsorcjum, komunikacja z przedstawicielami Clean Sky 2 / Clean Aviation, nadzór nad realizacją harmonogramu oraz przygotowanie raportów technicznych i merytorycznych.

W przedstawionych pracach opracowałem szereg rozwiązań wykraczających poza dotychczasowy stan techniki, które umożliwiły stworzenie zintegrowanego systemu decyzyjnego nowej generacji dla lotnictwa małego transportu. Rezultatem tych działań była pierwsza w Europie demonstracja zintegrowanego systemu zarządzania misją dla operacji jednoosobowych (SPO), łączącego funkcje separacji, planowania, rekonfiguracji lotu i priorytetyzacji zagrożeń w jednej spójnej architekturze.

W 2021 roku projekt COAST został wyróżniony w ramach inicjatywy Clean Sky Highlights jako jeden z projektów szczególnie istotnych z punktu widzenia rozwoju awioniki dla lotnictwa małego transportu, a po zakończeniu realizacji, został uznany przez Clean Aviation za jedno z kluczowych osiągnięć (Key Achievements) programu Clean Sky 2 w kategorii **Affordable future avionics for Small Air Transport**. Informacja ta została opublikowana na oficjalnej stronie Clean Aviation jako potwierdzenie znaczenia opracowanych technologii dla regionalnego lotnictwa przyszłości.

Łączna kwota projektu: € 8.76 M

**Opracowanie i wdrożenie technologii wspierających bezpieczeństwo szkolenia spadochronowego w ramach projektu PSSP-01 realizowanego przez PILC Sp. z o.o.**

*W latach 2019–2022 pełniłem funkcję Kierownika Zarządzającego Projektem oraz Architekta Systemu w interdyscyplinarnym zespole badawczo-rozwojowym odpowiedzialnym za opracowanie i wdrożenie Zintegrowanego Systemu Wspomagania Procesu Szkolenia Spadochronowego PSSP-01. Projekt był realizowany przez firmę PILC Sp. z o.o. w ramach konkursu „Szybka Ścieżka” Narodowego Centrum Badań i Rozwoju i współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014–2020).*

*Celem projektu było stworzenie kompleksowego środowiska technologicznego, które podnosi poziom bezpieczeństwa oraz zwiększa efektywność procesu szkolenia spadochronowego. System został zaprojektowany jako zintegrowana, wielomodułowa platforma obejmująca narzędzia do zaawansowanej symulacji lotu, moduły analizy danych z rzeczywistych skoków oraz komponenty wspierające instruktora w czasie rzeczywistym — zarówno w warunkach symulacyjnych, jak i podczas operacji prowadzonych w rzeczywistym środowisku skoków.*

*W momencie rozpoczęcia projektu (2018 r.) dostęp do symulatorów fazy lotu z otwartą czaszą spadochronu był w Polsce ograniczony wyłącznie do zamkniętych ośrodków wojskowych, co w praktyce uniemożliwiało prowadzenie bezpiecznego, kontrolowanego treningu manewrowania i nawigacji w warunkach symulacyjnych dla sektora cywilnego. Brak takich narzędzi powodował, że szkolenie skoczków odbywało się wyłącznie w środowisku rzeczywistym, przy podwyższonym ryzyku operacyjnym oraz ograniczonej możliwości stopniowania trudności zadań.*

*Komunikacja instruktor–skoczek opierała się niemal wyłącznie na obserwacji wizualnej wykonywanego skoku, najczęściej z poziomu ziemi oraz na doraźnym przekazywaniu komend za pomocą przenośnych radiostacji. Rozwiązanie to cechowało się niską niezawodnością, ograniczoną przepustowością informacji oraz brakiem możliwości precyzyjnej, ciągłej oceny poprawności wykonywanych manewrów.*

*W przypadku lądowania awaryjnego lub wypadku w terenie przygodnym brak było rozwiązań umożliwiających automatyczną transmisję danych o położeniu skoczka, co znacząco wydłużało czas lokalizacji poszkodowanego i utrudniało koordynację działań ratunkowych.*

*Dodatkowo stosowane w spadochroniarstwie cywilnym systemy rejestracji danych rejestrowały głównie parametry wysokościowe i prędkościowe, bez informacji o orientacji przestrzennej (kątach roll/pitch/yaw) skoczka. Brak tych danych uniemożliwiał rzeczywiste odtworzenie przebiegu incydentów, takich jak tumbling, line twists czy nieprawidłowe sekwencje otwarcia czaszy, co ograniczało zarówno proces analizy wypadkowej, jak i możliwości doskonalenia programów szkoleniowych.*

*W ramach działań kierownika zarządzającego projektem PSSP-01 byłem głównym inicjatorem całego przedsięwzięcia – począwszy od fazy koncepcyjnej, poprzez opracowanie dokumentacji aplikacyjnej, aż po nadzór nad procesem wdrożenia oraz końcowe raportowanie wyników. Odpowiadałem za całościową koordynację projektu, obejmującą organizację pracy oraz nadzór nad interdyscyplinarnym zespołem inżynierów, specjalistów ds. awioniki, systemów symulacyjnych, a także instruktorów spadochronowych i paralotniowych jako ekspertów dziedzinowych. Do moich obowiązków należała również ocena i zatwierdzanie wyników cząstkowych, kontrola realizacji kamieni milowych, nadzór nad jakością sprawozdań technicznych, a także bieżąca komunikacja z instytucją pośredniczącą. Prowadziłem pełną dokumentację projektową oraz odpowiadałem za opracowanie i złożenie wniosku patentowego dotyczącego kluczowych rozwiązań powstałych w ramach projektu.*

*W roli architekta systemu opracowałem kompletną strukturę Zintegrowanego Systemu Wspomagania Procesu Szkolenia Spadochronowego, obejmującą:*

- symulator skoków spadochronowych PSVR-04 z wizualizacją w technologii VR, umożliwiający naziemny trening fazy lotu z otwartą czaszą,*
- moduł rejestracji danych (GUARDA) pełniący funkcję pokładowej „czarnej skrzynki”,*
- moduł pomiarowy właściwości aerodynamicznych czasz spadochronowych (System Identyfikacji Skoku – SIS),*
- moduł transmisji danych w czasie rzeczywistym do stacji instruktorskiej (GURU),*
- zintegrowane środowisko pracy instruktora (GUIDE) wspierające proces szkoleniowy.*

*System zaprojektowano jako modułowy, przy czym poszczególne komponenty mogły działać niezależnie, jednak możliwa była ich integracja (np. możliwość odtworzenia w symulatorze lotu zarejestrowanego wcześniej przez moduł GUARDA), która stanowiła rozwiązanie niespotykane dotąd w systemach szkoleniowych. Było to możliwe dzięki opracowanym przeze mnie założeniom funkcjonalnym.*

*Jednym z głównych rezultatów projektu było opracowanie i wdrożenie symulatora skoków spadochronowych PSVR-04, działającego w oparciu o technologię wirtualnej rzeczywistości i bazującego na opracowanym przeze mnie modelu symulacyjnym dynamiki czaszy spadochronu. Model ten został skonstruowany na podstawie analizy danych pomiarowych pozyskanych z rzeczywistych skoków (w tym zarejestrowanych rejestratorem GUARDA oraz z wykorzystaniem modułów pomiarowych SIS), a sam system został rozbudowany o zestaw innowacyjnych rozwiązań – m.in. system synchronizacji fazy przyziemienia, dynamiczne odwzorowanie napływu powietrza zależnie od prędkości w symulacji oraz możliwość symulacji sytuacji awaryjnych (np. asymetrycznego wypełnienia czaszy).*

*Urządzenie umożliwia prowadzenie szkolenia w zakresie sterowania, nawigacji, reagowania na sytuacje awaryjne oraz poprawnego lądowania, z uwzględnieniem wpływu warunków atmosferycznych i błędów operatora. Pozwala na skuteczne przygotowanie psychomotoryczne i rozwój pamięci mięśniowej przed wykonaniem pierwszych skoków, przyczyniając się do istotnej redukcji ryzyka operacyjnego. Zarazem jest to pierwszy w całości Polski symulator skoków spadochronowych posiadający tak zaawansowane funkcje.*

*W symulatorze jestem autorem i konstruktorem szeregu szczegółowych rozwiązań technicznych, takich jak system sterowania wentylatorów uzależniający prędkość przepływu powietrza od prędkości lotu w symulacji oraz sterownik synchronizacji przyziemienia w warunkach rzeczywistych i symulacyjnych.*

*Kolejnym rezultatem projektu był spadochronowy rejestrator eksploatacyjny GUARDA. Opracowana przeze mnie koncepcja sprzężenia danych rejestrowanych podczas rzeczywistych skoków z symulatorem otworzyła nowe możliwości analizy lotów i zdarzeń przez instruktorów – bez konieczności posiadania specjalistycznej wiedzy z zakresu rejestracji i interpretacji parametrów lotu. Integracja obu narzędzi umożliwiła bezpośrednie odtwarzanie rzeczywistych trajektorii i położenia czaszy w środowisku symulacyjnym, co istotnie podniosło wartość szkoleniową systemu.*

*Aby było to możliwe, konieczne było opracowanie modułu odpowiedzialnego za wyznaczanie kątów orientacji przestrzennej skoczka i czaszy. Zadanie to jest nietrywialne: z uwagi na wymagania ergonomiczne rejestrator musi być lekki, kompaktowy i nie może ograniczać ruchów użytkownika, co*

uniemożliwia zastosowanie bezpośrednich pomiarów tych wielkości. Pomiar pośrednie, oparte na typowych czujnikach inercyjnych, obarczone są natomiast istotnymi błędami wynikającymi z ich charakterystyki dynamicznej oraz przeciężeń działających w trakcie skoku.

Jestem autorem algorytmu wyznaczania kątów orientacji przestrzennej zastosowanego w rejestratorze GUARDA. Wykorzystuje on standardowe czujniki (żyroskopy, magnetometry i akcelerometry), lecz w odróżnieniu od znanych metod – w tym rozwiązań opartych na filtrze komplementarnym – wykrywa fazę spadku swobodnego, a następnie ogranicza wpływ akcelerometrów na proces estymacji. Pozwala to na uzyskanie stabilnej i wiarygodnej rekonstrukcji orientacji przestrzennej w warunkach, w których klasyczne algorytmy ulegają znaczącym zakłóceniom.

Kolejny element systemu, zaprojektowany i wdrożony pod moim nadzorem, GURU umożliwił dwukierunkową transmisję danych telemetrycznych w czasie rzeczywistym, zapewniając dynamiczny wgląd w stan operacyjny każdego uczestnika szkolenia. Dzięki opracowanemu przeze mnie autorskiemu protokołowi komunikacyjnemu osiągnięto zasięg transmisji przekraczający 30 km przy spełnieniu wymogów regulacyjnych dotyczących emisji radiowej, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej przepustowości i ciągłości danych. Umożliwiło to nadzór instruktora nad grupą 10 skoczków jednocześnie. Transmitowane parametry obejmowały m.in. wysokość, prędkość pionową, pozycję geograficzną oraz orientację przestrzenną, indywidualnie dla każdego uczestnika grupy szkolonej.

Elementem spajającym cały system był opracowany moduł instruktorski GUIDE. Dzięki zdefiniowanej przeze mnie możliwości połączenia zarówno z symulatorami, jak i modułami rejestracji w czasie rzeczywistym możliwe było efektywne wspomaganie instruktora w zapewnianiu bezpieczeństwa skoków spadochronowych. W szczególności opracowane przeze mnie algorytmy umożliwiały oszacowanie stożka dolotowego w czasie rzeczywistym (estymacja zasięgu lotu, która jest bardzo ważna w przypadku poszukiwań poszkodowanego, a także skraca czas na podjęcie decyzji wspomagającej, gdy instruktor stwierdza brak możliwości lądowania na lotnisku docelowym), a funkcje takie jak wizualizacja separacji odległościowej pomiędzy skoczkami w znaczący sposób ułatwiały ostrzeganie przed potencjalnym zderzeniem w powietrzu. Dodatkowo opracowałem szereg eksperymentalnych funkcji wspomagających pracę instruktora, np. ostrzeżenia przed lądowaniem skoczka z bocznym wiatrem bądź ostrzeżenia o braku wypełnienia spadochronu poniżej ustalonej bezpiecznej wysokości (umożliwiającej w przypadku komunikacji głosowej wydanie nakazu użycia spadochronu zapasowego, a przy braku dalszej reakcji – szybsze dotarcie na miejsce potencjalnego wypadku).

Symulatory lotu będące efektem projektu PSSP-01 użytkowane są w certyfikowanych ośrodkach szkoleniowych w Polsce i uzyskały bardzo pozytywne oceny zarówno ze strony środowiska instruktorskiego, jak i przedstawicieli Urzędu Lotnictwa Cywilnego. Założenia systemu oraz wyniki jego wdrożenia zostały przedstawione w Biuletynie Bezpieczeństwa Urzędu Lotnictwa Cywilnego nr 4(14)/2020, co potwierdza jego znaczenie dla praktyki szkoleniowej i bezpieczeństwa operacji w lotnictwie lekkim. Projekt stanowi przykład skutecznego przełożenia wyników badań naukowych i inżynierskich na rozwiązania praktyczne – w szczególności w segmencie lotnictwa lekkiego, który dotychczas nie dysponował narzędziami wsparcia szkolenia i analizy błędów pilotów na poziomie porównywalnym z lotnictwem profesjonalnym.

Jeden z symulatorów opracowanych na skutek realizacji projektu został włączony do ekspozycji Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie. Egzemplarz ten zawiera mój autorski model odwzorowania właściwości dynamicznych paralotni, jak również opracowany przeze mnie model graficzny.

Łączna kwota projektu: 4,7 MLN PLN

II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1).  
-
2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych  
-
3. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii  
-
4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.2)

**Poniższe publikacje dotyczą okresu po uzyskaniu stopnia doktora (wymienione w pkt. I.2)**

- [A1] G. Kopecki, P. Rzucidło, P. Grzybowski, D. Kordos, 'A family of universal miniature autopilots – design solutions, characteristics, hardware/software-in-the-loop simulations', AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, 2016, p. 3220. (artykuł – Załącznik A1, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik nr W1)
- 
- [A2] P. Grzybowski, M. Klimczuk, P. Rzucidło, 'Distributed measurement system based on CAN data bus', Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 90, no. 8, pp. 1249–1258, 2018. (IF=0.924) (artykuł – Załącznik A2, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W2)
- 
- [A3] P. Grzybowski, E. Szpakowska-Peas, 'Flight reconfiguration system – an emergency system of the future', Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 92, no. 9, pp. 1393–1399, 2020. (IF=0.975) (artykuł – Załącznik A3, oświadczenie współautora o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W3)
- 
- [A4] V. Di Vito, J. Beran, T. Kabrt, P. Grzybowski, T. Rogalski, P. Masłowski, M. Montesarchio, 'Flight management enabling technologies for single pilot operations in Small Air Transport vehicles in the COAST project', IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 1024, no. 1, 012089, 2021. (IF=0.5) (artykuł – Załącznik A4, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W4)
- 
- [A5] V. Di Vito, P. Grzybowski, T. Rogalski, P. Masłowski, 'A concept for an Integrated Mission Management System for Small Air Transport vehicles in the COAST project', IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 1024, no. 1, 012087, 2021. (IF=0.5) (artykuł – Załącznik A5, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W5)
- 
- [A6] V. Di Vito, P. Grzybowski, T. Rogalski, P. Masłowski, 'Design advancements for an integrated mission management system for small air transport vehicles in the COAST project', Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 94, no. 9, pp. 1508–1516, 2022. (IF=1.5) (artykuł – Załącznik A6, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W6)
- 
- [A7] J. Lucky, V. Di Vito, J. Beran, T. Kabrt, T. Vaispacher, L. Korenciak, M. Dobes, P. Grzybowski, P. Masłowski, 'Synergy in future avionics: an overview of multiple technologies for small air traffic segment in the COAST project', J. Phys.: Conf. Ser., vol. 2716, no. 1, 012047, 2024. (IF=0.56) (artykuł – Załącznik A7, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W7)
- 
- [A8] G. Drupka, P. Grzybowski, P. Szczerba, L. Bichajło, 'Examination of the influence of the integrated mission management system on the pilot's situational awareness', Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 97, no. 1, pp. 52–69, 2025. (IF=1.3 w 2024) (artykuł – Załącznik A8, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W8)
- 
- [A9] P. Grzybowski, K. Ziółkowski, 'In-flight testing of the integrated mission management system', Aircraft Engineering and Aerospace Technology, vol. 97, no. 1, pp. 13–27, 2025. (IF=1.3 –

w 2024) (artykuł – Załącznik A9, oświadczenie współautora o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W9)

- [A10] P. Szwed, P. Rzucidło, P. Grzybowski, K. Warzocha, 'Determination of Atmospheric Gusts Using Integrated On-Board Systems of a Jet Transport Airplane—3D Problem', *Applied Sciences*, vol. 15, no. 10, p. 5687, 2025. (IF=2.5 – w 2024) (artykuł – Załącznik A10, oświadczenia współautorów o wkładzie habilitanta w pracę – Załącznik W10)

**Poniższe publikacje dotyczą okresu po uzyskaniu stopnia doktora (niewymienione w pkt. I.2)**

- [A11] P. Grzybowski, D. Kordos, P. Rzucidło, 'Opracowanie i testy naziemnej stacji kontroli lotu BSP klasy mikro i mini', *Zeszyty Naukowe/Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych*, 2015.
- [A12] W. Homik, P. Grzybowski, 'The simulation model of small-dimension rubbery torsional vibration damper', *Vibroengineering Procedia*, tom 6, s. 78-82, 2015 (IF=0.11).
- [A13] P. Grzybowski, D. Siwiec, A. Pacana, 'An iterative method for survey improvement using statistical analysis', *Scientific papers of Silesian University of Technology 2024, Organization and management series no. 211*, 2024.

**5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3)**

W ramach projektu MYSTERY uczestniczyłem w opracowaniu miniaturowego systemu sterowania i nawigacji dla bezałogowych platform latających, w tym autopilota testowanego na platformie Multiplex Cularis. Mój indywidualny wkład obejmował:

- opracowanie koncepcji stanowisk testowych typu Software-In-The-Loop i Hardware-In-The-Loop,
- przygotowanie modelu symulacyjnego platformy latającej w oprogramowaniu X-Plane,
- budowę i integrację warstwy sprzętowej stanowisk testowych z modułem autopilota,
- implementację oprogramowania autopilota na docelowej platformie sprzętowej.

System ten został doceniony na arenie międzynarodowej i krajowej:

- Złoty medal podczas targów wynalazczości Brussels Eureka!, 2013 – odznaczenie zespołowe (przed uzyskaniem stopnia doktora),
- Dyplom Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za projekt miniaturowego systemu sterowania i nawigacji, 2014 – odznaczenie zespołowe (przed uzyskaniem stopnia doktora),
- Brązowy medal podczas targów wynalazczości w Paryżu Concours Lépine, 2016 – odznaczenie zespołowe (po uzyskaniu stopnia doktora).

Ze względu na wdrożeniowy charakter znacznej części opracowanych przeze mnie rozwiązań i technologii, szczegółowy opis dorobku będącego efektem współpracy z przemysłem — w tym systemów opracowanych i wdrożonych w ramach projektów badawczo-rozwojowych — został przedstawiony w rozdziale III.

6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3)

7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych

**Poniższe konferencje i seminaria dotyczą okresu po uzyskaniu stopnia doktora, które zostały zaprezentowane przeze mnie osobiście**

[K1]	P. Grzybowski "Affordable Hardware-in-the-Loop Testing: A Lightweight Framework for the Development and Initial Validation of Support Systems for Single-Pilot Operations" 15 <sup>th</sup> EASN Conference on "Innovation in Aviation & Space towards sustainability today & tomorrow", 14-17 października 2025, Madryt, Hiszpania
[K2]	P. Grzybowski (PRz), V. Di Vito (CIRA), "Considerations on the Unified Hazard Database for Future Small Air Transportation Path Planning" 14th EASN Conference on "Innovation in Aviation & Space towards sustainability today & tomorrow", 8-11 października 2024, Saloniki, Grecja
[K3]	Piotr Grzybowski "Coast Project Results In The Context Of Critical Infrastructure Protection" NATO SPS Workshop, 23-25 października 2023, Stambuł
[K4]	Piotr Grzybowski (PRz), Kamil Ziółkowski (PRz), "In flight testing of the Integrated Mission Management System within the COAST project" 13th EASN Conference on "Innovation in Aviation and Space for opening New Horizons", 5-8 września 2023, Salerno, Włochy
[K5]	Piotr Grzybowski, Grzegorz Drupka, Piotr Szczerba, Lesław Bichajło "Examination of the influence of the Integrated Mission Management System on the pilots' situational awareness within the COAST project" 13th EASN Conference on "Innovation in Aviation and Space for opening New Horizons", 5-8 września 2023, Salerno, Włochy (współprezentacja z Grzegorzem Drupką)
[K6]	P. Grzybowski, T. Rogalski "In flight testing of the Flight Reconfiguration System advisory function within the COAST project" 12th EASN International Conference on Innovation in Aviation and Space for opening New Horizons, 18-21 października 2022, Barcelona, Hiszpania
[K7]	P. Grzybowski "The usage of a parachute simulator for the reduction of fuel consumption during flight training" VII Konferencja Naukowa Bezpieczeństwo Energetyczne filary i perspektywa rozwoju, 12-13 września 2022, Rzeszów, Polska
[K8]	P. Grzybowski, M. Pruchniak "A CONCEPT AND EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE ADVISORY FUNCTION FOR THE FLIGHT RECONFIGURATION SYSTEM DEVELOPED IN THE COAST PROJECT" III Aviation & Space Congress, 10.06.2022, Rzeszów, Polska
[K9]	V. Di Vito, P. Grzybowski, T. Rogalski, P. Masłowski "Design Advancements for an Integrated Mission Management System for Small Air Transport vehicles in the COAST project" 11th EASN Conference on "Innovation in Aviation & Space to the Satisfaction of the European Citizens", 1-3 września 2021, Konferencja Wirtualna (współprezentacja z V.Di Vito)
[K10]	P. Grzybowski, „Nowoczesne narzędzia do zastosowania w celu poprawy bezpieczeństwa wykonywania skoków spadochronowych i lotów na paralotni” Krajowa Konferencja Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym 16 – 17 listopada 2021, Warszawa, Polska
[K11]	P. Grzybowski "Jung's theorem application in en-route hazard description" 10th EASN Conference on "Innovation in Aviation & Space to the Satisfaction of the European Citizens", 2-4 września 2020, Konferencja Wirtualna / Salerno, Włochy
[K12]	V. Di Vito, P. Grzybowski, P. Masłowski "A Concept for an Integrated Mission Management System for Small Air Transport Vehicles in the COAST Project" 10th EASN Conference on "Innovation in Aviation & Space to the Satisfaction of the European Citizens", 2-4 września 2020, Konferencja Wirtualna / Salerno, Włochy (współprezentacja z V.Di Vito)

- 
- [K13] G. Kopecki, P. Grzybowski, P. Rzucidło, A. Tomczyk, B. Dołęga, D. Kordos, T. Rogalski „The use of Hardware-in-the-Loop stands in the teaching of flight control systems operation”, 8th World Conference on Educational Sciences (WCES 2016), 4-6 lutego 2016, Madryt, Hiszpania
- 
- [K14] P. Grzybowski "Route Difficulty And Estimated Length Assessment Used For Emergency Destination Evaluation" 9th EASN International Conference on Innovation in Aviation & Space, 3–6 września 2019, Ateny, Grecja
- 
- [K15] P. Grzybowski, E. Szpakowska "Flight Reconfiguration System – Emergency System Of Future" 9th EASN International Conference on Innovation in Aviation & Space, 3–6 września 2019, Ateny, Grecja
- 
- [K16] P. Grzybowski, M. Klimczuk, P. Rzucidło "DISTRIBUTED MEASUREMENT SYSTEM BASED ON CAN DATA BUS" 7th EASN International Conference on "Innovation in European Aeronautics Research", 26–29 września 2017, Warszawa, Polska (współprezentacja z P. Rzucidło)
- 
- [K17] P. Grzybowski, D. Kordos, P. Rzucidło „Hybrid Visualization Flight Simulator”, I Kongres Lotniczy i Kosmonautyczny, 23-24 czerwca 2016, Rzeszów, Polska
- 
- [K18] P. Grzybowski, G. Drupka, D. Kordos, T. Rogalski, P. Rzucidło „Operator interface for a ground control station which allows the control of a group of unmanned aircraft”, I Kongres Lotniczy i Kosmonautyczny, 23-24 czerwca 2016, Rzeszów, Polska (współprezentacja z P. Rzucidło i D. Kordosem)
- 
- [K19] G. Kopecki, P. Rzucidło, D. Nowak, D. Kordos, P. Grzybowski “Experimental verification of aircraft model used in the laboratory stand for hardware-software in the loop testing”, 10th AIRTEC International Congress, 3–5 listopada 2015, Monachium, Niemcy (współprezentacja z G. Kopeckim)
- 

**Poniższe konferencje i seminaria dotyczą okresu po uzyskaniu stopnia doktora, w których pełniłem rolę wspierającą podczas wystąpienia, bądź byłem współautorem prezentacji**

- 
- [K20] Jakub Lucky, Vittorio di Vito, Jan Beran, Tomas Kabrt, Tomas Vaispacher, Lubos Korenciak, Michal Dobes (jr.), Piotr Grzybowski, Piotr Masłowski "Synergy in Future Avionics: An Overview of Multiple Technologies for Small Air Traffic Segment in the COAST project" 13th EASN Conference on "Innovation in Aviation and Space for opening New Horizons", 5–8 września 2023, Salerno, Włochy (współautor prezentacji obecny na konferencji – rola wspierająca w zakresie pytań odnoszących się do systemów FRS i IMMS)
- 
- [K21] D. Kordos, T. Rogalski, R. Śliwa, P. Grzybowski "Transmission information system for taxiing on the aprons and taxiways using RFID technology" 12th EASN International Conference on Innovation in Aviation and Space for opening New Horizons, 18–21 października 2022, Barcelona, Hiszpania (współautor prezentacji obecny na konferencji – rola wspierająca w zakresie pytań dotyczących wybranych rozwiązań technicznych dotyczących znaczników RFID)
- 
- [K22] V. Di Vito, J. Beran, T. Kabrt, P. Grzybowski, T. Rogalski, P. Masłowski, M. Montesarchio "Enabling technologies for single pilot operations in Small Air Transport Vehicles in the COAST Project" 10th EASN Conference on "Innovation in Aviation & Space to the Satisfaction of the European Citizens", 2–4 września 2020, Konferencja Wirtualna / Salerno, Włochy (współautor prezentacji obecny na konferencji – rola wspierająca w zakresie pytań dotyczących systemu FRS i walidacji systemów w próbach w locie)
- 
- [K23] G. Kopecki, P. Rzucidło, P. Grzybowski, D. Kordos "A family of universal miniature autopilots - design solutions, characteristics”, hardware/software-in-the-loop simulations", AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference 3220, 13-16 czerwca 2016, Washington DC. (współautor prezentacji)
- 
- [K24] D. Nowak, D. Kordos, G. Kopecki, P. Grzybowski, P. Rzucidło "Testbed for simulation research in the design process of flight control systems", I Kongres Lotniczy i Kosmonautyczny, 23-24
-

- czerwca 2016, Rzeszów, Polska (współautor prezentacji obecny na konferencji – rola wspierająca w zakresie pytań dotyczących stanowisk symulacyjnych SIL i HIL)
- [K25] K. Brzostowski, K. Gliwa, S. Krzyżanowski, D. Kordos, P. Grzybowski, P. Rzucidło "TRUST – coarse detector against jamming of GNSS signal", I Kongres Lotniczy i Kosmonautyczny, 23-24 czerwca 2016, Rzeszów, Polska (współautor prezentacji obecny na konferencji – rola wspierająca w zakresie pytań dotyczących wykrywania zagłuszania systemu GNSS)
- [K26] P. Grzybowski, D. Kordos, P. Rzucidło, K. Brzostowski, K. Szczygielska, K. Pilch, S. Krzyżanowski "Detektor zakłóceń systemu GNSS dla zastosowań lotniczych", Konferencja Naukowa WSOSP – Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji, 8 – 9 września 2015, Dęblin, Polska (współautor prezentacji)
- [K27] P. Rzucidło, P. Grzybowski, G. Kopecki, D. Kordos "Automatyczne podejście do lądowania z wykorzystaniem korekcji ASG-EUPOS", Konferencja Naukowa WSOSP – Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji, 8–9 września 2015, Dęblin, Polska (współautor prezentacji)

8. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji

**Poniższy wykaz udziału w komitetach organizacyjnych dotyczy okresu po uzyskaniu stopnia doktora**

14th EASN Conference on "Innovation in Aviation & Space towards sustainability today & tomorrow" - przewodniczący sesji: Small Air Transportation

I Kongres Lotniczy i Kosmiczny – Członek Komitetu Organizacyjnego

**Poniższy wykaz udziału w komitetach organizacyjnych dotyczy okresu przed uzyskaniem stopnia doktora**

VII – Konferencja Awioniki – Członek Komitetu Organizacyjnego

VI – Konferencja Awioniki – Członek Komitetu Organizacyjnego

V – Konferencja Awioniki – Członek Komitetu Organizacyjnego

9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów

**Projekty realizowane po uzyskaniu stopnia doktora**

Lp.	Okres realizacji	Nazwa projektu	Charakter udziału	Źródło finansowania
1	2016–2023	COAST – Cost Optimized Avionics System (Clean Sky 2, Grant Agreement No. 945535)	Kierownik projektu / główny wykonawca	Horyzont 2020 Program Ramowy UE w ramach inicjatywy Clean Sky 2
2	2016-2017	Projekt Europejskiej Agencji Obrony – ERA – Enhanced RPAS Automation	Wykonawca	Europejska Agencja Obrony (EDA)/MON

3	2019-2022	Zintegrowany System Wspomagania Procesu Szkolenia Spadochronowego PSSP-01 (POIR.01.01.01-00-1181/18)	Kierownik projektu / architekt systemu	Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka – NCBiR Szybka Ścieżka
4	2023-2025	Projekt rozwoju startupów Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA BIC - Supercluster	Główny wykonawca	Agencja Rozwoju Przemysłu S.A.

**Projekty realizowane przed uzyskaniem stopnia doktora**

Lp.	Okres realizacji	Nazwa projektu	Charakter udziału	Źródło finansowania
1	2009–2010	ACP7-GA-2008-211439 - SCARLETT - Scalable and Reconfigurable Electronics Platforms and Tools	Wykonawca	VII Program Ramowy UE
2	2009–2010	KB/68/12823/IT1-B/U/08/7312/G/I - Wielofunkcyjny dwumiejscowy motoszybowiec nowej generacji	Wykonawca	KBN
3	2010–2012	O R00 0116 11 – LOT – Latający Obserwator Terenu	Wykonawca	KBN / NCBiR
4	2012–2015	POIG.0101.02-00-015/08 - Projekt Kluczowy „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”	Wykonawca	Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka
5	2010–2012	O R00 0089 11 – MAP - Miniaturowy system sterowania i nawigacji dla latającej platformy bezzałogowej	Główny wykonawca	KBN / NCBiR
6	2013–2016	PBS2/B6/19/2013 – MYSTERY - Metodyka syntezy systemu sterowania statkiem powietrznym z uwzględnieniem sytuacji podwyższonego ryzyka	Wykonawca	NCBiR

**10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach**

**STAR PL** - Stowarzyszenia Twórców Aeronautyki i jej rozwoju – od 2005 r. – obecnie, członek Komisji Rewizyjnej

11. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego

23.06.2024- **Staż w Centro Italiano Ricerche Aerospaziali (CIRA)**

30.06.2024 **Miejsce:** Capua, Włochy

**Charakter pracy:** Opracowanie wytycznych i założeń do definicji rozwojowej wersji Zunifikowanej Bazy Zagrożeń (Unified Hazard Database 2.0) przeznaczonej do zastosowań w samolotach kategorii CS-23. Prace te wynikały z potrzeb rozwojowych CIRA, zidentyfikowanych na podstawie efektów zakończonego projektu COAST.

1.07.2024- **Staż w Centro Italiano Ricerche Aerospaziali (CIRA)**

7.07.2024 **Miejsce:** Capua, Włochy – kontynuowany w trybie zdalnym

**Charakter pracy:** Opracowanie specyfikacji Zunifikowanej Bazy Zagrożeń (Unified Hazard Database 2.0), ze szczególnym uwzględnieniem zakresu i formy przechowywania informacji o zagrożeniach.

12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.)

-

13. Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych

Aircraft Engineering and Aerospace Technology ISSN: 0002-2667 - 1 recenzja, IF (aktualny) = 1.3

14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych  
**Clean Sky 2 – projekt COAST (GA No. 945535)**

Kierownik projektu z ramienia Politechniki Rzeszowskiej w ramach europejskiej inicjatywy badawczo-innowacyjnej **Clean Sky 2** (Program Horyzont 2020).

**Zintegrowany System Wspomagania Procesu Szkolenia Spadochronowego PSSP-01  
(POIR.01.01.01-00-1181/18)**

Kierownik zarządzający projektem oraz architekt systemu z ramienia firmy PILC sp. z o.o. Projekt finansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach programu **Inteligentny Rozwój**, Konkurs **NCBiR – Szybka Ścieżka (POIR)**

**Projekt rozwoju startupów Europejskiej Agencji Kosmicznej  
ESA BIC - Supercluster**

Główny wykonawca z ramienia Supercluster sp. z o.o. Projekt współfinansowany przez ESA BIC (European Space Agency Business Incubation Centers) – sieć centrów inkubacji biznesowej Europejskiej Agencji Kosmicznej.

**Program Erasmus+ – udział w europejskich programach dydaktycznych (Teaching Mobility)**

Prowadzenie wykładów i zajęć dydaktycznych w języku angielskim, na uczelniach partnerskich w ramach mobilności kadry akademickiej programu **Erasmus+**:

- Universitat Politècnica de València (Walencja, Hiszpania) – 16–20 maja 2016
- Universidade da Beira Interior (Covilhã, Portugalia) – 6–10 maja 2019
- Universidad Rey Juan Carlos (Madryt, Hiszpania) – 2–6 maja 2022
- Universidad de León (León, Hiszpania) – 5–9 maja 2025

15. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9.

Lp.	Okres realizacji	Nazwa projektu	Charakter udziału	Źródło finansowania
1	2024–2025	LEAP – Learning Embedded Avionics Prototyping – grant celowy na rozbudowę infrastruktury dydaktycznej oraz kompetencji studentów Politechniki Rzeszowskiej	Kierownik	BOEING STAR
2	2025–2026	LAPWING – Learning Aerospace Practices With Integrated NextGen simulator – grant celowy na budowę studenckiego symulatora lotu samolotu kategorii CS-VLA	Kierownik	BOEING STAR

16. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny

[V1] II Edycja Akademii ProtoLab organizowana przez Podkarpackie Centrum Innowacji (2021)

*Członek jury konkursowego oraz mentor odpowiedzialny za przygotowanie uczestników pod kątem zastosowania Diagramu Gantta i Diagramu V w procesie projektowania*

### III. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

#### 1. Wykaz dorobku technologicznego

- [R1] **System rejestracji PRP-W2** opracowany przez PILC JG (2016)  
**Wkład merytoryczny:**
- autor koncepcji systemu oraz jego architektury, w tym podziału systemu na moduły pomiarowe z przypisaniem im konkretnych funkcji,
  - autor wybranych elementów oprogramowania modułów pomiarowych – w szczególności protokołu zapisu danych na karcie pamięci z uwzględnieniem znaczników czasowych, umożliwiającego synchronizację danych z różnych czujników na potrzeby późniejszej analizy.
  - nadzór nad pracami zespołu projektowego realizującego system.
- 
- [R2] **Symulator samolotu PSVR-01** opracowany przez PILC JG (2016)  
**Wkład merytoryczny:**
- autor założeń funkcjonalnych oraz koncepcji symulatora,
  - autor hybrydowego systemu wizualizacji (ekran telewizyjny + gogle VR),
  - główny konstruktor systemu (w tym konstrukcja instalacji bezpieczeństwa elektrycznego, projektu obudów symulatora),
  - wykonawca prac integracyjnych systemu (połączenie komponentów sprzętowych wraz ze środowiskiem symulacyjnym).
- 
- [R3] **Symulator skoków spadochronowych PSVR-02** opracowany przez PILC JG (2017)  
**Wkład merytoryczny:**
- autor założeń funkcjonalnych oraz koncepcji symulatora,
  - autor modelu symulacyjnego spadochronu,
  - autor systemu odwzorowania pozycji sterówek w warunkach symulacyjnych
- 
- [R4] **Mikrokomputerowy system pomiaru prędkości najazdu skoczka narciarskiego** opracowany przez PILC Sp. z o.o (2018)  
**Wkład merytoryczny:**
- autor założeń funkcjonalnych oraz koncepcji systemu,
  - autor algorytmu przetwarzania sygnałów z czujników w celu estymacji prędkości najazdu,
  - autor metod określania sprawności energetycznej najazdu,
  - autor wybranych rozwiązań programowych i sprzętowych, w tym m.in. uchwytów montażowych zapewniających bezpieczeństwo użytkownika,
  - wykonawca prac walidacyjnych systemu na rzeczywistych obiektach sportowych,
  - nadzór nad pracami zespołu projektowego realizującego system.
- 
- [R5] **Zintegrowany System Wspomagania Szkolenia Spadochronowego PSSP-01** opracowany przez PILC Sp. z o.o (2023)  
Szczegółowy wkład w rozwój technologii przedstawiony w pkt. I.3 wykazu osiągnięć
- 
- [R6] Opracowanie i walidacja systemów **FRS (Flight Reconfiguration System)** i **IMMS (Integrated Mission Management System)** w ramach projektu COAST (Clean Sky 2, GA No. 945535)  
Szczegółowy wkład w rozwój technologii przedstawiony w pkt. I.3 wykazu osiągnięć
- 
- [R7] Opracowanie systemu automatycznej stabilizacji wysokości lotu balonu stratosferycznego na rzecz Supercluster sp. z o.o. w ramach projektu **ESA BIC** (2025)  
**Wkład merytoryczny:**
- autor naziemnej stacji nadzoru misji stratosferycznej,
  - autor protokołu transmisji umożliwiającego bieżącą komunikację z balonem stratosferycznym,
  - autor metod i algorytmu dla systemu automatycznej regulacji parametrów lotu (w szczególności dla systemu stabilizacji wysokości),
  - autor wybranych elementów konstrukcji mechanicznej systemu stratosferycznego,
  - nadzór merytoryczny nad projektem.
- 
- [R8] **Symulator lotów na paralotni PSVR-04** opracowany przez PILC sp. z o.o. (2025), wdrożony w Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie  
**Wkład merytoryczny:**

- autor modelu symulacyjnego odwzorowania właściwości lotnych paralotni
- autor modelu 3d paralotni dedykowanego dla technologii VR

## 2. Współpraca z sektorem gospodarczym

### Praca w przemyśle

2014 - 2019	PILC Józef Grzybowski - praca na stanowisku Design Engineer w organizacji projektującej zatwierdzonej przez EASA (przed i po uzyskaniu stopnia doktora)
2018 - 2022	PILC sp. z o.o. – praca na stanowiskach Kierownika Zarządzającego Projektem oraz Architekta systemu (po uzyskaniu stopnia doktora)
<b>Inne</b>	
2012 – 2015	Odpowiedzialny za współpracę i organizację procesu rekrutacji na praktyki studenckie w firmie Jeppesen z ramienia Politechniki Rzeszowskiej
2015 – 2023	Odpowiedzialny za współpracę i organizację procesu rekrutacji na praktyki studenckie w firmie The Boeing Company z ramienia Politechniki Rzeszowskiej w szczególności: <ul style="list-style-type: none"><li>- organizacja cyklu szkoleń dla uczniów szkół średnich w ramach inicjatywy Newton Room</li></ul>
2023 - obecnie	Koordinator ds. współpracy z The Boeing Company z ramienia Politechniki Rzeszowskiej odpowiedzialny w szczególności za: <ul style="list-style-type: none"><li>- współorganizację cyklu szkoleń dla studentów w ramach inicjatywy Boeing Week 2024,</li><li>- współorganizację cyklu szkoleń dla studentów w ramach inicjatywy Boeing Week 2025,</li><li>- kierowanie projektami sponsorowanymi przez The Boeing Company w Politechnice Rzeszowskiej (LEAP, LAPWING)</li></ul>
2023 - obecnie	Supercluster sp. z o.o. - nadzór merytoryczny nad pracami zespołu projektowego realizującego projekty systemów dedykowanych dla balonów stratosferycznych

## 3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych

Wykaz patentów otrzymanych po uzyskaniu stopnia doktora

[P1]	Pat.-238559 – „System redundantnego sterowania i nawigacji. zwłaszcza do samolotów bezałogowych ultralekkich załogowych i lekkich sportowych”, 2016 r.
[P2]	Pat.-441872 – „Urządzenie do odzwierciedlania zachowania organów sterowania, zwłaszcza w symulatorach skoków spadochronowych”, 2025r. – postępowanie w toku

## 4. Wykaz wdrożonych technologii

### Wykaz wdrożonych technologii po uzyskaniu stopnia doktora

[T1]	<b>System rejestracji PRP-W2</b> opracowany przez PILC JG, wdrożony m.in. w Politechnice Rzeszowskiej (2016) <b>Rola:</b> Kierownik projektu, konstruktor
[T2]	<b>Symulator samolotu PSVR-01</b> opracowany przez PILC JG, wdrożony w Fundacji Wspierania Edukacji przy Stowarzyszeniu Dolina Lotnicza (2016) <b>Rola:</b> Kierownik projektu, konstruktor
[T3]	<b>Symulator skoków spadochronowych PSVR-02</b> opracowany przez PILC JG, wdrożony w FIN Sp. z o.o. (2017) <b>Rola:</b> Kierownik projektu, konstruktor
[T4]	<b>Mikrokomputerowy system pomiaru prędkości najazdu skoczka narciarskiego</b> opracowany przez PILC Sp. z o.o i wdrożony przez FIN Sp. z o.o. (2018)

**Rola:** Kierownik projektu, konstruktor

[T5] **Zintegrowany System Wspomagania Szkolenia Spadochronowego PSSP-01** opracowany i wdrożony w PILC sp. z o.o. (2022)

**Rola:** Kierownik zarządzający projektem, architekt systemu

[T6] **Symulator lotów na paralotni PSVR-04** opracowany przez PILC sp. z o.o. (2025), wdrożony w Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie

**Rola:** Konstruktor, programista

#### Wykaz wdrożonych technologii przed uzyskaniem stopnia doktora

[T7] **System określania geometrii uszczeltek** opracowany przez PILC JG, wdrożony w firmie Stomil Sanok S.A. (obecnie Sanok RC) (2009)

**Rola:** Programista

[T8] **Sterownik pompy z silnikiem bezszczotkowym** opracowany przez PILC JG, wdrożony w firmie Borimex Sp. z o.o. (2013)

**Rola:** Programista systemów wbudowanych

#### 5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

##### Wykaz wykonanych ekspertyz i innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji po uzyskaniu stopnia doktora

[E1] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem WP7.4.1. – Cockpit Requirement Definition (2016),

*Współautor (udział 50%) opracowania rozdziału 7 dotyczącego założeń funkcjonalnych dla system rekonfiguracji lotu (Flight Reconfiguration System)*

[E2] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem WP7.4.1. – Cockpit Architecture (2017),

*Współautor (udział 50%) opracowania rozdziałów 5 i 7 (definicja wymagań dla System Rekonfiguracji Lotu, specyfikacji jego interfejsów oraz opis platformy demonstratora do wykonania badań w locie systemów opracowanych w ramach projektu),*

[E3] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem WP2.3. – Flight Reconfiguration System FRS System Design and Review (2018),

*Współautor (udział 50%) opracowania rozdziału 1 i 2 oraz autor (udział 100%) rozdziałów 3,4,7,8,9,*

[E4] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem WP7.4. – TSS, AWAS, and FRS Prototype and Lab Validation Report - Flight Reconfiguration System FRS System Design and Review (2019),

*Współautor (udział 50%) opracowania rozdziału 4 - autor opracowań dotyczących testowania software systemu rekonfiguracji lotu FRS w warunkach symulacyjnych*

[E5] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem WP7.4.2 – FRS System TRL 5 Review Report (2022),

*Współautor (udział 50%) opracowania rozdziałów 1, 2, 4, 8, 9 - autor opracowania rozdziału 7 dotyczącego walidacji system w warunkach laboratoryjnych, w tym scenariuszy testowych i ich obiektywnej weryfikacji działania systemu*

---

[E6] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem WP7.4.6 – Integrated Mission Management System D7.10 / D95 IMMS Requirements and Architecture Definition (2022) –

*Współautor opracowania wymagań dla systemu IMMS oraz architektury system*

---

[E7] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem - D7.4 1st Flight Demonstration Report (2022)

*Współautor rozdziału dotyczącego walidacji w locie systemu FRS (faza testów integracyjnych i działania na samolocie EV-55)*

---

[E8] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem - D7.4 Second Flight Demonstration (Phase 1) Report (2022)

*Współautor rozdziału dotyczącego walidacji w locie systemu FRS (udział 80%) (faza testów funkcjonalnych systemu w trakcie badań w locie na samolocie EV-55)*

---

[E9] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem - D174 - IMMS Prototype and Lab Validation Report (2023)

*Współautor rozdziału części walidacji w laboratoryjnej systemu IMMS (udział 80%) (integracja ze stanowiskami testowymi, testy Hardware-In-The-Loop w tym testy wydajności aplikacji na docelowej platformie sprzętowej, testy działania algorytmów wspomagania decyzji nawigacyjnych, testy algorytmów wykrywania zagrożeń)*

---

[E10] ITD Systems COAST – Cost Optimized Avionics SysTem - Flight Demonstration (Phase 2) Deliverable No. D7.26 / D176 (2023)

*Współautor rozdziału dotyczącego walidacji w locie systemu IMMS (udział 100% - faza testów funkcjonalnych systemu pod kątem działania systemu wizualizacji oraz wspomagania decyzji nawigacyjnych)*

---

[E11] Zintegrowany System Wspomagania Procesu Szkolenia Spadochronowego PSSP-01, raport końcowy z projektu badawczo-rozwojowego (POIR.01.01.01-00-1181/18)

*Autor raportu końcowego dotyczącego osiągnięcia przez system PSSP-01 zakładanego poziomu gotowości technologicznej TRL 9, osiągnięcia zakładanych wskaźników projektu i perspektyw dalszego rozwoju*

#### **Wykaz wykonanych ekspertyz i innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji przed uzyskaniem stopnia doktora**

---

[E12] Latający obserwator terenu "LOT", raport końcowy z projektu rozwojowego O R00 0116 11, Gruszecki J., Chłędowski M., Basmadji F., Cieciński P., Grzybowski J., Grzybowski P., Kopecki G., Kordos D., Nowak D., Pieniążek J., Rogalski T., Rzucidło P., Tomczyk A., Dołęga B., Samolej S., Rzeszów, 2012.

---

[E13] O R00 0089 11 – MAP - Miniaturowy system sterowania i nawigacji dla latającej platformy bezałogowej – sprawozdanie merytoryczne, współautor raportu

#### 6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych

-

#### 7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi

-

#### IV. DANE NAUKOMETRYCZNE

1. Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny).

Sumaryczny Impact Factor publikacji wyszczególnionych w pkt. I.2: 10.059

Sumaryczny Impact Factor wszystkich publikacji: 10.169

2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań.

##### Web of Science

Liczba cytowań publikacji: 21

Liczba cytowań publikacji bez autocytowań: 15

##### Scopus

Liczba cytowań publikacji: 63

Liczba cytowań publikacji bez autocytowań: 47

##### Google Scholar

Liczba cytowań publikacji: 90

Liczba cytowań publikacji bez autocytowań: -

3. Indeks Hirscha

##### Web of Science

Indeks Hirscha: 3

Liczba indeksowanych prac w bazie Web of Science: 9

##### Scopus

Indeks Hirscha: 5

Liczba indeksowanych prac w bazie Scopus: 13

##### Google Scholar

Indeks Hirscha: 5

Liczba indeksowanych prac w bazie Google Scholar: 15

\_\_\_\_Piotr Grzybowski \_\_\_\_

(podpis wnioskodawcy)