

Autoreferat

dr inż. Joanna Kwiecień

1. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- Doktor nauk technicznych w dyscyplinie Automatyka i Robotyka, Akademia Górniczo-Hutnicza; Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, 2004.
Tytuł rozprawy doktorskiej: *Zastosowanie sieci kolejkowych z wieloma klasami zgłoszeń w zagadnieniach organizacyjnych służby zdrowia.*
Promotor: prof. dr hab. inż. Bogusław Filipowicz.
- Magister inżynier Elektrotechniki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, 1999.

2. Przebieg zatrudnienia

02.2018 – obecnie	starszy wykładowca Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Katedra Automatyki i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza
09.2012 – 01.2018	adiunkt Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej, Akademia Górniczo-Hutnicza
11.2004 – 08.2012	adiunkt Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Automatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza
09.2002 – 10.2004	asystent Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Automatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza
10.1998 – 06.1999	asystent stażysta Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych, Akademia Górniczo-Hutnicza

3. Wskazanie osiągnięcia wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789)

3.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Podstawę wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego stanowi osiągnięcie pt.: „*Adaptacja algorytmów rojowych do wybranych problemów optymalizacji dyskretnej*”.

3.2. Lista prac wchodzących w zakres osiągnięcia

Spośród 40 prac opublikowanych przez Autorkę po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, w tym 8 artykułów z listy filadelfijskiej, wybrano 6 prac stanowiących zwarty cykl tematyczny. Są to 4 artykuły w czasopismach z listy filadelfijskiej, jedna praca w materiałach konferencyjnych międzynarodowej konferencji (indeksowana w bazie Web of Science) oraz jedna monografia.

[JK1] J. Kwiecień [100%], *A swarm-based approach to generate challenging mazes*. Entropy 20(10), 762, 2018, DOI: 10.3390/e20100762 (IF w 2017: 2.305 , 30 pkt.)

[JK2] W. Chmiel, P. Kadłuczka, J. Kwiecień [20%], B. Filipowicz, *A comparison of nature inspired algorithms for the quadratic assignment problem*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences, 65(4), 2017, DOI: 10.1515/bpasts-2017-0056 (IF: 1.361, 20 pkt.)

[JK3] J. Kwiecień [75%], M. Pasięka, *Cockroach swarm optimization algorithm for travel planning*. Entropy 19(5), 213, 2017, DOI: 10.3390/e19050213 (IF: 2.305 , 30 pkt.)

[JK4] J. Kwiecień [100%], *Use of different movement mechanisms in cockroach swarm optimization algorithm for traveling salesman problem*. Lecture Notes in Computer Science, vol. 9693, 2016, DOI: 10.1007/978-3-319-39384-1_42 (15 pkt., praca indeksowana w WoS)

[JK5] J. Kwiecień [100%], *Algorytmy stadne w rozwiązywaniu wybranych zagadnień optymalizacji dyskretnej i kombinatorycznej*, ISBN: 978-83-7464-837-0, Wydawnictwa AGH, 2015 (20 pkt.)

[JK6] J. Kwiecień [90%], B. Filipowicz, *Comparison of firefly and cockroach algorithms in selected discrete and combinatorial problems*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences 62(4), 2014, DOI: 10.2478/bpasts-2014-0087 (IF: 0.914, 25 pkt.)

Sumaryczny *impact factor* wymienionych prac wynosi 6.885, natomiast liczba punktów wg MNiSW – 140 (Tabela 1). Przy każdej pracy zaznaczono procentowy wkład wnioskodawcy. Oświadczenia współautorów o indywidualnym wkładzie znajdują się w odrębnym załączniku.

Tabela 1. Zestawienie publikacji wchodzących w skład cyklu

Oznaczenie	Rok wydania	Udział [%]	IF	Punkty MNiSW
[JK1]	2018	100	2.305	30
[JK2]	2017	20	1.361	20
[JK3]	2017	75	2.305	30
[JK4]	2016	100	-	15
[JK5]	2015	100	-	20
[JK6]	2014	90	0.914	25
Łącznie			6.885	140

3.3 Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników

3.3.1 Wprowadzenie

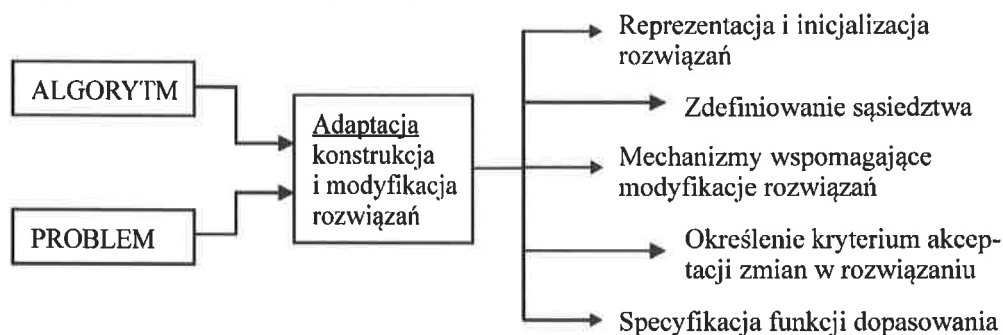
Publikacje będące podstawą wniosku habilitacyjnego dotyczą algorytmów rojowych, nazywanych również w literaturze algorytmami stadnymi. W wielu ośrodkach naukowo-badawczych prowadzone są prace dotyczące optymalizacji problemów dyskretnych, w tym zagadnień generalizujących problemy występujące w automatyce, informatyce, transporcie, logistyce czy administracji. Ciągłe poszukuje się wydajniejszych technik, które pozwolą na znalezienie w skończonym czasie, wprawdzie przybliżonego, ale jednak zadawalającego rozwiązania oraz metod, które pozwolą na sprawne zarządzanie, planowanie i organizację wielu rzeczywistych struktur. Naprzeciw temu wychodzą algorytmy metaheurystyczne, do których zaliczamy grupę algorytmów rojowych wykorzystujących mechanizmy zachodzące w roju insektów, owadów czy w stadzie zwierząt.

Wszystkie algorytmy rojowe należą do grupy metod populacyjnych, bowiem stosują populację rozwiązań aktualnych, które odpowiednio wyselekcjonowane i poddane modyfikacji generują nowe rozwiązania. Populacja rozwiązań kumuluje w sobie „doświadczenie” zebrane w procesie przeszukiwania przestrzeni, ukierunkowując ów proces w najbardziej obiecujące regiony przestrzeni rozwiązań. Dzięki równoczesnemu przetwarzaniu rozwiązań oraz ze względu na łatwość dostosowania się do ograniczeń, niezależnie od liczby zmiennych i rozmiarów przestrzeni rozwiązań, metody te wykorzystywane są do rozwiązywania zagadnień o dużej złożoności obliczeniowej.

Mimo różnic występujących pomiędzy rozpatrywanymi algorytmami, przy ich projektowaniu należy kierować się kilkoma głównymi zasadami, mającymi na celu:

- odpowiednią reprezentację rozwiązania,
- zbadanie sąsiedztwa najlepszych rozwiązań według określonej miary odległości,
- umożliwienie dywersyfikacji rozwiązań, czyli przeprowadzenie eksploracji przestrzeni rozwiązań, często na zasadzie kooperacji osobników lub stosowania różnych struktur sąsiedztwa, w tym różnej liczby ruchów wymaganych do transformacji rozwiązań.

Większość algorytmów rojowych pierwotnie przeznaczona była do optymalizacji problemów ciągłych, dlatego ich zastosowanie do rozpatrywanych problemów optymalizacji dyskretnej wymaga odpowiedniego dostosowania (adaptacji), co przedstawiono m.in. w [JK5, rozdział 2]. Właściwe przedstawienie osobnika, zdefiniowanie sąsiedztwa, odległości czy sposobu poruszania się osobników, określenie jakości dopasowania to główne elementy wymagające dostosowania algorytmu do rozwiązywanego problemu (Rys.1).



Rys. 1. Główne elementy adaptacji algorytmu, źródło: [JK5]

Przy stosowaniu algorytmu, oprócz podjęcia decyzji niezbędnych do określenia jego struktury odpowiedniej do rozwiązania danego problemu, należy także zadbać o dobór wartości parametrów ilościowych i jakościowych charakterystycznych dla rozpatrywanego algorytmu oraz przeprowadzić ocenę jakości algorytmu.

W obszarze algorytmów stadnych oraz w odniesieniu do całej grupy algorytmów inspirowanych naturą można wyróżnić kilka podstawowych kierunków badawczych:

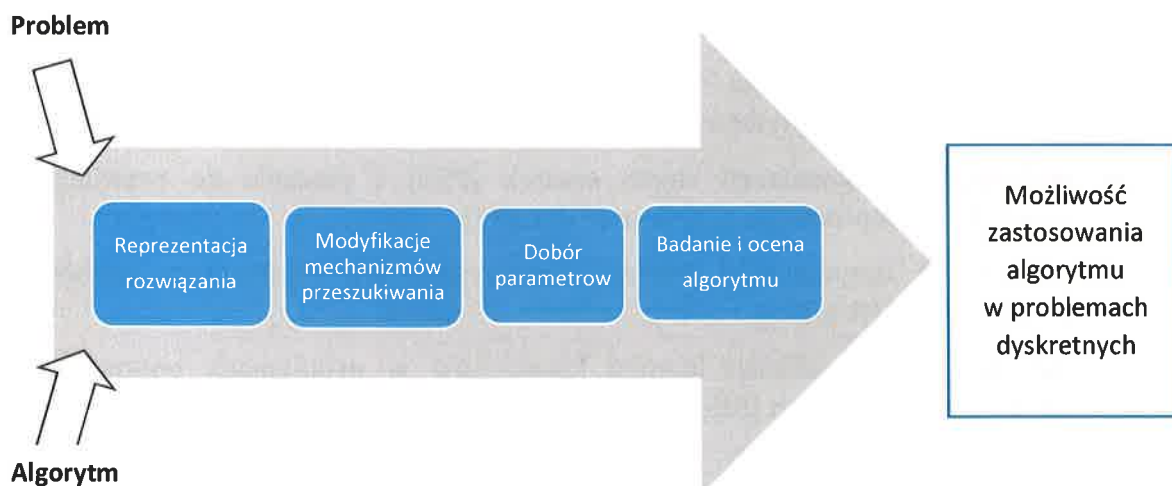
- Modele algorytmów – obszar badawczy, w którym główną pozycję zajmują prace związane z opracowaniem i przedstawieniem zasad działania oraz architektury algorytmów. Obejmuje on również charakterystykę metod zaawansowanych, w tym metod hybrydowych.
- Badanie własności algorytmów – w tym obszarze prowadzone prace badawcze dotyczą określonych mechanizmów istniejących w algorytmach stadnych, ich adaptacji do rozwiązania danych zagadnień, doboru parametrów, oszacowania i analizy zbieżności.
- Zastosowania praktyczne – w tym obszarze mieszczą się prace uwzględniające między innymi projektowanie eksperymentów dotyczących wsparcia procesów optymalizacji oraz analizę statystyczną wyników.

Tematyka związana z zastosowaniami algorytmów rojowych, ich własnościami oraz współczesnymi problemami badawczymi była prezentowana przez Autorkę w New University of Lisbon (Department of Electrical Engineering), podczas zorganizowanego w tym celu przez stronę portugalską seminarium.

3.3.2 Cele naukowe podjętych badań oraz osiągnięte wyniki

Celem naukowym prowadzonych badań było opracowanie adaptacji umożliwiających zastosowanie algorytmów rojowych w wybranych problemach optymalizacji oraz zbadanie własności tych algorytmów. Opracowano adaptacje wybranych algorytmów,

do rozwiązania znanych zagadnień, takich jak problem komiwojażera [JK4, JK5], kwadratowy problem przydziału [JK2, JK5], przepływowy problem szeregowania zadań [JK5, JK6], których niewątpliwą zaletą jest istnienie bibliotek instancji testowych z dostępnymi rozwiązaniami referencyjnymi. Pozwoliło to zbadać jakość zaimplementowanych metod rozwiązujących dane zagadnienie. Ponadto należy podkreślić, że dla tych zagadnień funkcja celu jest multimodalna i nieróżniczkowalna. Oprócz zastosowań algorytmów rojowych do różnych problemów rozwiązywanych dotychczas w literaturze, w pracach zawartych w przedstawionym cyklu publikacji, zaproponowano również ich nowe zastosowania, takie jak optymalizacja strukturalna systemów i sieci kolejkowych BCMP [JK5, JK6], wyznaczenie optymalnej dyscypliny kolejki [JK5], planowanie podróży środkami komunikacji miejskiej [JK3] oraz generowanie labiryntów dwuwymiarowych o większej złożoności [JK1]. Dla wybranych algorytmów dokonano analizy elementów wpływających na jakość otrzymywanych wyników oraz zaproponowano wykorzystanie modyfikacji, dzięki którym możliwe stało się zastosowanie danego algorytmu lub uzyskano poprawę wyników. Na rysunku 2 przedstawiono etapy adaptacji algorytmu rojowego do rozwiązania problemu dyskretnego.



Rys. 2. Etapy adaptacji algorytmu

Wybierając problemy, w których stosowane były omawiane algorytmy kierowano się ich różnorodnością i potencjałem aplikacyjnym. Podstawowym problemem przy adaptacji algorytmów rojowych do problemów optymalizacji dyskretnej jest odpowiednie zdefiniowanie rozwiązania oraz wynikająca z niego modyfikacja sposobu wykonania ruchu osobników. Należy podkreślić, że rozwiązania zakodowane w postaci zmiennych rzeczywistych dotyczące chociażby położenia cząstek w algorytmie optymalizacji rojem cząstek, pozycji osobników w algorytmie świetlika czy w algorytmie optymalizacji kolonią karaluchów nie oddają natury rozpatrywanych problemów. Dlatego też opracowano i zrealizowano różne adaptacje algorytmów rojowych, w zależności od specyfiki problemu i cech algorytmu.

Prace obejmowały także opracowanie i przebadanie modyfikacji mechanizmów istniejących w algorytmach rojowych (np. sposób generowania populacji początkowej,

mechanizm przeszukiwania sąsiedztwa) oraz dobór parametrów tych algorytmów, w celu lepszej eksploracji i eksploatacji przestrzeni rozwiązań.

Wpływ ustawień poszczególnych parametrów badanych algorytmów na jakość otrzymanych wyników przeanalizowano na podstawie przeprowadzonych eksperymentów obliczeniowych, w trakcie których sprawdzono działanie algorytmu przy wybranych, ustalonych parametrach i porównywano osiągnięte rezultaty z najlepszymi, dotychczas znanymi rozwiązaniami. W przypadku braku biblioteki instancji testowych badanego zagadnienia, testy wykonano na skonstruowanych autorskich zagadnieniach testowych, charakteryzujących się określonymi własnościami. Taka sytuacja miała miejsce między innymi w przypadku problemów optymalizacji systemów i sieci kolejkowych [JK5, JK6], problemu planowania podróży [JK3]. Ponadto zastosowano metody oceny statystycznej do zbadania wpływu ustawień parametrów algorytmu na jakość uzyskanych wyników, np. w [JK3] zastosowano w tym celu metodę analizy wariancji (ANOVA). Należy podkreślić, że dzięki ujednocionej metodyce stosowanej w opisie i ocenie mechanizmów wykorzystanych w algorytmach stadnych możliwe jest prognozowanie jakości algorytmów dla poszczególnych zagadnień w zależności od ich parametrów sterujących.

Zrealizowano i zbadano następujące algorytmy:

- pszczele (BA), świetlika (FA) i optymalizacji kolonią karaluchów (CSO) do rozwiązywania przepływowego problemu szeregowania zadań [JK5, JK6],
- mrówkowe, optymalizacji rojem cząstek (PSO) i pszczele do rozwiązywania kwadratowego problemu przydziału [JK2, JK5],
- świetlika i optymalizacji kolonią karaluchów do rozwiązywania problemu komiwojażera [JK4, JK5],
- świetlika i optymalizacji kolonią karaluchów w problemach optymalizacji systemów kolejkowych [JK5, JK6],
- świetlika i kukułki (CS) w problemie optymalizacji wieloklasowych sieci kolejkowych [JK5],
- świetlika w problemie szeregowania zadań w sieci kolejkowej [JK5],
- optymalizacji kolonią karaluchów do planowania podróży [JK3],
- optymalizacji kolonią karaluchów do generowania labiryntów dwuwymiarowych o większej złożoności [JK1].

W każdym z przypadków, dla których przeprowadzono badania, dokładnie opisano propozycję rozwiązania rozważanego problemu tak, aby umożliwić użytkownikowi łatwą implementację, a tym samym praktyczne zastosowanie poszczególnych algorytmów.

3.3.2.1 Reprezentacja rozwiązania i sposoby wykonania ruchu

Zagadnieniem mającym istotne znaczenie przy stosowaniu algorytmów rojowych jest sposób reprezentacji rozwiązania, pociągający za sobą odmienne mechanizmy wykonywania ruchu osobników. Przykładem może być problem szeregowania zadań typu przepływowego. W trakcie działania większości rozpatrywanych algorytmów

otrzymuje się wektor liczb rzeczywistych, który trudno właściwie zinterpretować. Zatem wygodniej jest zakodować permutację w formie macierzy prawdopodobieństw rankingowych (macierz $n \times n$, gdzie n jest liczbą zadań). Przykładem mogą być prace [JK5 – rozdział 3, JK6], dotyczące zastosowania algorytmów świetlika i optymalizacji kolonią karaluchów do rozwiązania problemu *flow shop*. W wyniku działania tych algorytmów, w macierzy prawdopodobieństw mogą wystąpić liczby rzeczywiste spoza zakresu $[0, 1]$, dlatego konieczna jest ich normalizacja za pomocą odpowiednio zdefiniowanych przekształceń, co pokazano w pracy [JK6].

W przypadku algorytmu CSO prowadzono również badania zaproponowanej w monografii [JK5] zmodyfikowanej wersji algorytmu (algorytm *mod_CS0*), w której rozwiązaniem problemu jest kolejność zadań wykonywanych przez maszyny, przedstawiona w postaci wektora zawierającego permutację n zadań. Podstawowym aspektem w adaptacji algorytmu optymalizacji kolonią karaluchów jest zdefiniowanie zakresu widzialności oraz ruchu. Reprezentacja rozwiązania w postaci wektora zawierającego kolejność wykonywanych zadań wymagała zdefiniowania widzialności oraz ruchu w sposób odmienny niż w przypadku reprezentacji rozwiązania poprzez macierz prawdopodobieństw. Założono więc, że parametr *visual* określa maksymalną liczbę kroków, jaką może wykonać jeden karaluch w kierunku drugiego, by upodobnić się do rozwiązania docelowego. Zatem przy ustalonym parametrze *visual* osobnik i jest w zasięgu pola widzenia osobnika j tylko wtedy, gdy liczba zamian, jakie musi wykonać osobnik j w swoim wektorze rozwiązań, upodabniając się do osobnika i jest mniejsza lub równa *visual*. W przypadku rozwiązywanego problemu przyjęto, że wykonanie kroku w procedurze podążania w roju polega na zamianie miejscami dwóch zadań w permutacji, którą chcemy upodobnić do lepszego rozwiązania. Zamiana zadań dokonywana jest na pozycjach różniących się w tych dwóch wskazanych permutacjach. Wykonanie kroku w procedurze rozpraszania polega na zamianie miejscami dwóch dowolnych zadań w permutacji.

Wykorzystując podobny zapis rozwiązania, w algorytmie świetlika należy w inny sposób zdefiniować ruch osobnika. Problem ten został szczegółowo opisany w pracy [JK5] na przykładzie problemu komiwojażera. W tym wypadku wektor rozwiązania zawiera kolejno odwiedzane miejsca. Przyjęto, że przesunięcie osobnika w kierunku jaśniejszego świetlika polega na zmniejszeniu odległości Hamminga (d_H) między permutacjami. Zaproponowano wykonanie ruchu świetlika w stronę jaśniejszego osobnika, poprzez losową liczbę zamian różniących się pozycji. Dla każdego świetlika liczba wykonanych kroków (zamian elementów różniących się) jest wartością losową z przedziału od 1 do $\beta \cdot d_H$, gdzie β oznacza atrakcyjność świetlika. Ponieważ o ruchu świetlika decyduje nie tylko jego atrakcyjność, ale także pewien element losowości, wprowadzono go także w omawianym problemie dyskretnym. Osiągnięto to poprzez wykonanie losowej liczby zamian par elementów zgodnych w obu permutacjach, zależnej od parametru losowości. Warto zauważyć, że podczas wykonywania algorytmu możliwa jest sytuacja, w której wszystkie osobniki w populacji mają takie same wartości na pewnych pozycjach permutacji. Jeśli liczba takich pozycji jest znacząca, to przestrzeń poszukiwań jest mocno ograniczona, co zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia przedwczesnej zbieżności. Zatem wprowadzenie tak określonego elementu losowości jest w pełni uzasadnione. Jeśli dla danego świetlika nie istnieje osobnik jaśniejszy, to nastąpi jego przesunięcie

w losowym kierunku, polegające na wprowadzeniu losowej zmiany w permutacji. W tym celu wykorzystano znane operatory sąsiedztwa powodujące stosunkowo niewielkie zmiany pozycji świetlika [JK5].

Kolejnym przykładem dostosowania procedur wykorzystujących ruch osobników (w algorytmie bazującym na CSO) do sposobu zapisu rozwiązania jest problem generowania złożonych labiryntów, opisany w [JK1]. W procedurze podążania w roju, ruch określony został poprzez częściową wymianę ścieżki tworzącej rozwiązanie danego labiryntu, przy czym ścieżka zapisana jest w postaci wektora zawierającego numery tworzących ją wierzchołków. Podczas procedury podążania w roju określane są najpierw punkty wspólne w obydwu wektorach. Pomiedzy dwoma losowo wybranymi punktami wspólnymi, w wektorze odpowiadającym słabszemu osobnikowi, następuje wymiana elementów na te z wektora odpowiadającego mocniejszemu osobnikowi. W zmienianym labiryncie uzupełniane są także korytarze dochodzące do wymienionego elementu ścieżki. Po dokonaniu tych operacji sprawdzane jest czy nie powstały odcięte elementy korytarzy (łączone są z najbliższym korytarzem) oraz skupiska wypełnione ścianami lub pustymi przestrzeniami (losowo tworzone są korytarze). W efekcie takiej wymiany części ścieżki i korytarzy może dojść do sytuacji, gdy rozwiązań jest więcej niż jedno. Jeśli tak się stanie, wszystkie korytarze tworzące rozwiązania (oprócz zdefiniowanej ścieżki) są przerywane. Założono, że parametr *visual* oznacza minimalną liczbę punktów wspólnych w wektorach ścieżek jaką muszą mieć dwa osobniki, aby być dla siebie widoczne. W procedurze rozpraszania każdy osobnik przesuwany jest w stronę tymczasowo wygenerowanego osobnika.

Zupełnie innego sposobu zapisu rozwiązania i dostosowanego do niego sposobu wykonania ruchu wymaga problem planowania podróży kilkoma środkami komunikacji miejskiej z wykorzystaniem modelu grafu rozszerzonego w czasie (*time-expanded*). Analizie praktycznego zastosowania algorytmu stadnego poświęcono pracę [JK3], w której pokazano możliwość wykorzystania algorytmu optymalizacji kolonią karaluchów do rozwiązania tego problemu. Już na etapie generowania populacji początkowej konieczne było wprowadzenie określonych procedur, zapewniających dozwolone ruchy osobników. Począwszy od węzła startowego, poszukiwane były kolejne węzły leżące w sąsiedztwie i należące do tej samej linii, aż do uzyskania węzła końcowego. Jeżeli nie znaleziono węzła w sąsiedztwie węzła bieżącego w ramach tej samej linii, wtedy następowało przerwanie tworzenia rozwiązania (jeżeli został osiągnięty limit liczby kroków) lub następował losowy wybór nowej linii spośród wszystkich dostępnych w węźle bieżącym. Następnie poszukiwano nowego węzła w sąsiedztwie w ramach nowej linii. Jeśli nie można było znaleźć nowego węzła ani zmienić linii na inną, procedura była zakończona bez zwrócenia prawidłowego rozwiązania. Z kolei proces tworzenia nowego rozwiązania powstałego podczas procedury podążania w roju rozpoczynał się od losowego wybrania jednej ze wspólnych krawędzi (e_n) dla słabszego i mocniejszego karalucha. Następnie do nowego rozwiązania kopiowane były krawędzie od pierwszej do e_n ze słabszego karalucha oraz r (r jest losowo wybraną liczbą) krawędzi następujących po e_n z mocniejszego karalucha. Jeżeli w wyniku tej operacji nie osiągnięto węzła końcowego to brakujące krawędzie były tworzone tak jak w procesie generowania rozwiązania początkowego. Parametr widzialności oznaczał minimalną liczbę wspólnych węzłów.

W niniejszym podrozdziale przedstawiono tylko kilka wybranych przykładów dotyczących omawianego zagadnienia. Więcej opisano np. w monografii [JK5], w której przedstawiono kompleksowe rozwiązanie kilku problemów optymalizacji dyskretnej.

3.3.2.2 Wybrane modyfikacje mechanizmów przeszukiwania przestrzeni rozwiązań

Po opracowaniu autorskich adaptacji algorytmów rojowych wynikających ze sposobu reprezentacji rozwiązania, wprowadzono dalsze modyfikacje tych algorytmów pozwalające na poprawę jakości uzyskiwanych wyników, co pokazano w pracach [JK4, JK5]. Niniejszy podrozdział przedstawia tylko kilka modyfikacji algorytmów wybranych spośród rozwiązań zaproponowanych przez Autorkę i omówionych w cyklu publikacji składających się na prezentowane osiągnięcie naukowe.

Zapis rozwiązania w postaci permutacji wymaga odpowiedniego zdefiniowania ruchu, co pokazano w rozdziale 3.3.2.1 na przykładzie algorytmu CSO w problemie flow shop i algorytmu FA w problemie TSP. Wykorzystując przedstawione tam założenia opracowano modyfikację procedury rozpraszania osobników w algorytmie CSO zastosowanym do rozwiązania problemu TSP. W pracy [JK5] zaproponowano zmodyfikowany algorytm *2-opt* w procedurze dyspersji. Opracowana modyfikacja polegała na redukcji zbioru par kandydujących krawędzi, ponieważ wymieniane mogą być tylko wybrane krawędzie. Wybór krawędzi do wymiany dokonywany jest losowo, przy założeniu, że każda z krawędzi w grafie wymieniana jest przynajmniej z jedną losowo wybraną krawędzią. Jeżeli nowe rozwiązanie, uzyskane w wyniku wymiany krawędzi jest lepsze od dotychczasowego, zostaje ono zapisane jako rozwiązanie bieżące.

Ponadto, w kolejnej pracy cyklu habilitacyjnego [JK4], zaproponowano modyfikację procedury podążania w roju w algorytmie CSO, mającą na celu poprawę jakości rozwiązania problemu komiwojażera. Wprowadzono operatory krzyżowania (PMX – krzyżowanie z częściowym odwzorowaniem, OX – krzyżowanie porządkowe, SCX – krzyżowanie sekwencyjne) w rozpatrywanej procedurze oraz przeanalizowano wpływ tych operatorów na jakość uzyskanych wyników. Dzięki zastosowaniu operatora SCX oraz zaproponowanej w pracy [JK5] modyfikacji procedury dyspersji opartej o ruchy *2-opt*, udało się zminimalizować uzyskane błędy wyników.

Algorytmy z autorskimi adaptacjami zostały przetestowane pod kątem jakości uzyskanych wyników (rezultaty badań eksperymentalnych omówiono w dalszej części autoreferatu).

3.3.2.3 Dobór parametrów

Wszystkie rozpatrywane algorytmy są zależne od określonych parametrów, dlatego ich ustawienia wpływają na wydajność algorytmu. W tabeli 2 zestawiono kluczowe parametry algorytmów, występujących w przedstawionym cyklu publikacji.

Tabela 2. Parametry algorytmów wymagające odpowiednich ustawień

Algorytm	Kluczowe parametry
mrówkowy	współczynnik wyparowywania feromonu, dla systemu mrówkowego (AS): wpływ śladu feromonowego, wpływ informacji heurystycznej; dla MMAS (system mrówkowy max-min): poziom feromonu
optymalizacji rojem cząstek	współczynnik inercji, parametry kognitywne
pszczeli	śledztwo i jego rozmiar, liczba rozwiązań dobrych i elitarnych, liczba pszczół przydzielona do przeszukiwania danego obszaru
światlika	współczynnik absorpcji, parametr losowości
kukułki	wielkość kroku, prawdopodobieństwo porzucania rozwiązań słabych
optymalizacji kolonią karaluchów	krok, zakres widzialności, współczynnik inercji

Kwestie doboru wybranych parametrów przedstawiono w monografii [JK5]. Często ustalenie najlepszych wartości parametrów wymaga przeprowadzenia trudnego etapu ich strojenia. O ile dla standardowych zestawów funkcji można w literaturze spotkać optymalne ustawienia wartości niektórych współczynników, to jednak w przypadku problemów złożonych najczęściej podane wartości nie zapewniają osiągnięcia dobrych wyników. W takich problemach może być konieczna modyfikacja oparta chociażby na dynamicznej zmianie parametrów. Przykładami są:

- uzależnienie zmiany współczynnika inercji od jego wartości uzyskanej w poprzedniej iteracji w algorytmie PSO (zastosowano do rozwiązania kwadratowego problemu przydziału w [JK5]);
- zmiana parametru losowości z określonym krokiem w trakcie wykonywania kolejnych iteracji algorytmu FA (zastosowano do znalezienia optymalnej struktury sieci kolejkowych w [JK5]).

Najpowszechniejszą praktyką jest „ręczne” ustawienie wartości parametrów, jednak zagadnienia przedstawienia całego etapu doboru parametrów w przejrzysty sposób oraz przeprowadzenia eksperymentów dotyczących ustawień parametrów i ich wpływu na jakość rozwiązań są często pomijane w literaturze. Oczywiście dobór optymalnych nastaw parametrów zależy od typu oraz złożoności rozwiązywanego problemu. Poprzez badania, których wyniki przedstawiono m.in. w monografii [JK5] starano się częściowo wypełnić tę lukę.

W pracy [JK3] wykorzystano analizę wariancji (ANOVA) do sprawdzenia wpływu dwóch parametrów algorytmu optymalizacji kolonią karaluchów (rozmiaru populacji oraz zakresu widzialności) na zmienną zawierającą poszukiwany czas podróży. W zależności od instancji testowej analiza wykazała istotny wpływ lub brak istotnego wpływu zakresu widzialności, natomiast dla każdej instancji testowej istniała istotna zależność zmiennej zawierającej otrzymany czas podróży od rozmiaru populacji.

3.3.2.4 Badanie i ocena algorytmów rojowych w wybranych problemach optymalizacji

W przypadku każdego analizowanego problemu przedstawiono rezultaty przeprowadzonych badań mających na celu przetestowanie mechanizmów oraz ocenę proponowanych modyfikacji poprawiających jakość algorytmów lub umożliwiających ich zastosowanie. Na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych wskazano, która z przedstawionych autorskich adaptacji algorytmów sprawdza się najlepiej w rozwiązaniu danego problemu.

Szeregowanie zadań typy flow shop

Do rozwiązania permutacyjnego przepływowego problemu szeregowania zadań wykorzystano algorytmy: pszczele, świetlika i optymalizacji kolonią karaluchów. W przypadku tego ostatniego algorytmu wprowadzono i przetestowano dwa sposoby reprezentacji rozwiązania oraz wykonania ruchu. Zagadnienia te zostały omówione w [JK5, JK6]. Algorytmy BA, FA i CSO zostały poddane wielu testom w celu zbadania ich przydatności. We wszystkich eksperymentach obliczeniowych zostały wykorzystane powszechnie stosowane instancje testowe Taillarda. Ponadto wyniki badań poddano ocenie testem Wilcoxon, aby sprawdzić czy różnice w wynikach uzyskiwanych za pomocą różnych algorytmów (dla tych samych zadań/ instancji testowych) są istotne statystycznie. We wszystkich przedstawionych przypadkach rezultaty algorytmu mod_CS0 były statystycznie istotnie różne od wyników uzyskanych innymi algorytmami. Istotne różnice wystąpiły również w badaniach pary algorytmów świetlika i pszczelego. Spośród omawianych algorytmów: BA, FA, CS0 i mod_CS0, najlepszy okazał się algorytm mod_CS0. Porównując otrzymane wyniki z danymi literaturowymi, np. wynikami dla tych samych instancji testowych rozwiązanych za pomocą algorytmu symulowanego wyżarzania można zauważyć przewagę autorskich wersji tych algorytmów.

Kwadratowy problem przydziału

W ramach badań dotyczących kwadratowego problemu przydziału zastosowano algorytmy mrówkowe, optymalizacji rojem cząstek i pszczele [JK2, JK5]. Wszystkie algorytmy zostały przetestowane na instancjach testowych z ogólnodostępnej biblioteki QAPLIB, w której zawarte są rzeczywiste i wygenerowane problemy QAP. Przeanalizowano wpływ parametrów każdego algorytmu, w tym liczby iteracji i liczności populacji osobników na jakość otrzymanych rozwiązań. W ramach testów sprawdzono działanie każdego algorytmu przy wybranych, ustalonych parametrach i porównano osiągnięte wyniki z najlepszymi, dotychczas znanymi rozwiązaniami.

W przypadku algorytmu mrówkowego lepszą jakość otrzymano dla systemu mrówkowego ze strategią max-min (MMAS), stąd w [JK5] ograniczono się do zaprezentowania wyników badań eksperymentalnych dotyczących tylko tego algorytmu. Część badań podstawowej wersji systemu mrówkowego MMAS dotyczyła wyznaczenia najlepszej wartości współczynnika wyparowywania feromonu. W przypadku algorytmu BA przeprowadzono również badania dotyczące wpływu głównych parametrów oraz sposobu generowania sąsiedztwa za pomocą operatorów typu zamiana (*swap*), inwersja i przesunięcie, na jakość uzyskiwanych wyników [JK5].

Przeprowadzone testy wskazały, że kluczowym elementem wpływającym na jakość wyników jest liczba miejsc do przeszukania i rozmiar sąsiedztwa, zaś wielkość populacji nie wpływa znacząco na jakość algorytmu.

Badania algorytmów mrówkowych, optymalizacji rojem cząstek i pszczelego wskazały, że najlepsze wyniki uzyskano algorytmami BA i MMAS z lokalnym przeszukiwaniem, które w wielu przypadkach znajdowały rozwiązanie bliskie najlepszemu znanemu rozwiązaniu. Ponadto, w celu zbadania występowania istotnych różnic w jakości algorytmów wykonano test Wilcoxon'a i przedstawiono jego wyniki. Z przeprowadzonego testu okazało się, że badana para algorytmów BA i MMAS z lokalnym przeszukiwaniem nie wykazały istotnych różnic w otrzymywanych wynikach.

Jak pokazano w [JK2], wyniki algorytmów można poprawić poprzez wprowadzenie np. zmiennego prawdopodobieństwa wyboru rozwiązań w procedurze aktualizacji feromonu w algorytmie MMAS.

Problem komiwożera

Do rozwiązania problemu komiwożera zaadaptowano algorytmy świetlika oraz optymalizacji kolonią karaluchów. Algorytmy te przetestowano na kilku instancjach testowych z biblioteki TSPLIB. Sposoby adaptacji wybranych algorytmów oraz wyniki eksperymentów przedstawiono w [JK4, JK5].

We wszystkich adaptacjach, ze względu na łatwość implementacji przyjęto reprezentację rozwiązań za pomocą permutacji zbioru n miast. Początkowe pozycje osobników generowane były losowo lub z wykorzystaniem heurystyki najbliższego sąsiada (NN). Pierwszy sposób, chociaż nie zapewnia inicjalizacji populacji dobrze rokujących rozwiązań, to zapobiega utknięciu w lokalnym optimum. Z kolei wprowadzenie chociaż jednego dobrego rozwiązania może przyczynić się do szybszego znalezienia lokalnego optimum, co jednak prowadzi do gorszej eksploracji przestrzeni rozwiązań. Porównując wyniki otrzymane za pomocą algorytmu świetlika z wynikami otrzymanymi za pomocą algorytmu CSO można zauważyć przewagę tego drugiego.

Głównym celem badań modyfikacji algorytmu CSO w problemie komiwożera było określenie wpływu różnych sposobów wykonania ruchu w procedurach podążania w roju i dyspersji osobników, na jakość uzyskanych wyników i ocena przydatności zaproponowanej metody. Analizując uzyskane wyniki, stwierdzono, że najlepszy rezultat przy losowej populacji początkowej i losowej dyspersji uzyskano dla sekwencyjnego krzyżowania (SCX) w procedurze podążania w roju. Średnia wartość odchylenia od wartości referencyjnej wynosiła 9,01 % dla przykładowej instancji z biblioteki TSPLIB zawierającej 51 miast, tj. *eil51*. Z kolei, analizując wyniki uzyskane przy różnych sposobach rozpraszania osobników i różnych sposobach generowania populacji początkowej, lecz stałej procedurze podążania w roju (kilkukrotna zamiana dwóch różniących się elementów w permutacjach), stwierdzono, że najlepszy rezultat osiągnięto dla losowej populacji początkowej karaluchów i rozpraszania z wykorzystaniem ruchów *2-opt*. W większości analizowanych przypadków testowych, średnie wartości odchylenia od wartości referencyjnych nie przekraczały 3%, co wskazuje na potencjalne możliwości zastosowania algorytmu CSO w problemie komiwożera.

Po przeprowadzeniu testów okazało się także, że wprowadzenie operatora SCX w procedurze podążania w roju wraz ze zmodyfikowaną procedurą dyspersji (wykorzystującą ruchy 2-opt) pozwoliło znacznie poprawić wyniki. Średnia wartość odchylenia od wartości referencyjnej spadła do 1,59% dla instancji *eil51*.

Planowanie podróży komunikacją publiczną

Do rozwiązania problemu planowania podróży różnymi środkami komunikacji publicznej zaadaptowano algorytm optymalizacji kolonią karaluchów, z uwzględnieniem odpowiedniej reprezentacji rozwiązania i sposobu poruszania się w przestrzeni rozwiązań. Przygotowano kilka własnych instancji testowych z wygenerowanymi rozkładami jazdy, na których testowano algorytm. Do konstruowania grafu komunikacji publicznej wykorzystano model grafu rozszerzonego w czasie. Możliwe rozwiązania zakodowane w postaci zmiennych rzeczywistych dotyczące chociażby pozycji osobników w algorytmie CSO nie oddają natury problemu, stąd konieczne było wprowadzenie kilku modyfikacji dotyczących generowania rozwiązań początkowych, sposobu wykonywania ruchu w poszczególnych procedurach, tj. podążaniu w roju i rozpraszaniu oraz odpowiednim zdefiniowaniu określonych parametrów [JK3].

Do zbadania wpływu wybranych parametrów na jakość otrzymanych rozwiązań, wykorzystano metodę ANOVA. Sprawdzono jak na zmienną zawierającą otrzymany czas podróży wpływał rozmiar populacji oraz współczynnik widzialności. W większości przypadków wartość parametru widzialności nie miała istotnego wpływu na otrzymany czas podróży. Natomiast dla każdej instancji testowej istniała istotna zależność zmiennej zawierającej otrzymany czas podróży od rozmiaru populacji. Nie występowały natomiast interakcje pomiędzy czynnikami widzialności i rozmiaru populacji. Przetestowano również drugi algorytm stadny - algorytm optymalizacji rojem cząstek. We wszystkich analizowanych przypadkach widoczna była przewaga algorytmu CSO nad PSO.

Teoria kolejek

W badaniach dotyczących zastosowania algorytmów rojowych w teorii kolejek, przedstawiono wyniki optymalizacji wybranych modeli kolejkowych. Badania dotyczące optymalizacji strukturalnej polegały na wyznaczeniu optymalnej liczby kanałów obsługi w systemach istniejących samodzielnie, jak i budujących strukturę sieciową.

Do optymalizacji systemów kolejkowych [JK5, JK6] zastosowano algorytmy świetlika i optymalizacji kolonią karaluchów. Skupiono się głównie na systemie kolejkowym ze stratami, systemie z ograniczoną liczbą miejsc w poczekalni z niecierpliwymi zgłoszeniami, zamkniętym systemie kolejkowym. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły skuteczność algorytmów.

Kolejne zagadnienie dotyczyło zastosowania algorytmu stadnego w optymalizacji struktury sieci kolejkowej [JK5]. Zadanie optymalizacji polegało na znalezieniu takiej liczby kanałów obsługi w poszczególnych systemach, dla których koszty pracy sieci były najmniejsze lub czasy oczekiwania w kolejce nie przekraczały zadanej wartości, przy pozostałych znanych parametrach sieci, tj. stałych współczynnikach obsługi zgłoszeń, ustalonej liczbie zgłoszeń i ich stałej marszrucie. Zakładając poszukiwanie

optymalnej liczby kanałów obsługi w dwóch systemach, proponowany algorytm pozwalający przeprowadzić proces optymalizacji sieci kolejkowych BCMP łączył algorytm aproksymacyjny i algorytm kukułki. Na jakość wyników uzyskanych za pomocą proponowanego algorytmu optymalizacji wpływały przede wszystkim takie parametry algorytmu kukułki, jak wartość prawdopodobieństwa porzucania słabych rozwiązań oraz liczebność populacji. Dodatkowo zbadano możliwość wykorzystania algorytmu świetlika do optymalizacji rozpatrywanego modelu. Początkowo eksperymenty wykonano dla parametru losowości dobieranego „ręcznie”, jednak w dalszych badaniach wprowadzono dynamiczną jego zmianę. Dodatkowo konieczne było zwiększenie zakresu ruchów osobników. Dynamiczna zmiana parametrów poprawiła jakość algorytmu świetlika i zwiększyła tempo zbieżności do rozwiązania optymalnego [JK5].

Badania dotyczyły również zastosowania algorytmu świetlika w problematyce szeregowania zgłoszeń w węzłach sieci kolejkowej [JK5]. Celem było zwiększenie efektywności przepływu zgłoszeń przez sieć, pozwalające skrócić czas przebywania zgłoszeń w sieci, przy założeniu, że w każdym węźle występuje etap szeregowania zastępujący dyscyplinę likwidacji kolejki (typu FIFO). Przeprowadzono badania eksperymentalne dotyczące efektywności algorytmu FA ze względu na wartości wybranych parametrów dla kilku przygotowanych problemów testowych, różniących się liczebnością zgłoszeń i systemów. Wykorzystanie algorytmu FA poprawiło efektywność sieci kolejkowej. Dla wszystkich ustawień parametrów uzyskano poprawę wyników na poziomie kilku procent w porównaniu z modelem FIFO.

Optymalizacja złożoności labiryntów

Kolejnym problemem, jaki postanowiono rozwiązać było generowanie labiryntów o dużej złożoności, uzależnionej od całkowitej złożoności ścieżki i istniejących korytarzy [JK1]. O ile algorytmy eksploracji labiryntu są przedmiotem wielu prac badawczych, to jednak problem generowania labiryntów z uwzględnieniem maksymalizacji złożoności za pomocą algorytmów rojowych nie był wcześniej rozwiązywany. Należy podkreślić, że kluczowym zagadnieniem dotyczącym realizacji algorytmu było zapewnienie uniwersalności zastosowania algorytmu optymalizacji kolonią karaluchów, z uwzględnieniem zakresu akceptowalnych ruchów. Jako pożądany wynik przyjęto możliwość realizacji algorytmu CSO w taki sposób, aby można było wygenerować labirynty dwuwymiarowe o większej złożoności, uwzględniającej całkowitą złożoność ścieżki oraz ślepych korytarzy.

Ze względu na specyfikę problemu, jakim jest modyfikacja labiryntu opracowano metodykę pozwalającą na wykonanie różnego rodzaju ruchów osobników w populacji, takich jak zbliżanie do najlepszego osobnika w zakresie widzialności oraz losowe przemieszczanie się.

W trakcie badań eksperymentalnych uzyskano widoczny wzrost złożoności labiryntów, co wskazuje na potencjalną możliwość wykorzystania, opracowanej w pracy [JK1], metody do generowania coraz to trudniejszych labiryntów dwuwymiarowych.

3.3.3 Podsumowanie

Tak szeroki zakres badań pozwolił na uzyskanie wielu informacji odnośnie sposobów rozwiązania rozpatrywanych problemów. Wykazano, że przy odpowiedniej adaptacji algorytmy te można z powodzeniem zastosować w wielu problemach. Jednocześnie pokazano, że sposób modyfikacji algorytmu wpływa na jakość otrzymywanych wyników. Na podstawie przeprowadzonych badań wskazano, które ze zmodyfikowanych algorytmów pozwalają osiągnąć najlepsze wyniki w danym problemie. Wskazano także, które elementy mają największy wpływ na jakość otrzymywanych wyników. Przeprowadzone badania, mające aspekt poznawczy, mogą stanowić punkt odniesienia do wyciągnięcia wniosków w optymalizacji szerokiej klasy problemów. Kompleksowa analiza, zaproponowanie określonych modyfikacji i zaleceń dotyczących stosowania algorytmów rojowych stanowią istotny wkład w aktualny stan wiedzy w zakresie algorytmów optymalizacji.

Oryginalnym wkładem w rozwój dyscypliny naukowej, udokumentowanym przedstawionym cyklem publikacji jest:

- Zidentyfikowanie problemów występujących przy adaptacji algorytmów rojowych i realizacja spójnego aparatu badawczego dla określonej grupy problemów, mających duży potencjał aplikacyjny.
- Zaproponowanie nowych modyfikacji wybranych algorytmów rojowych pozwalających na ich zastosowanie w omawianych problemach.
- Analiza, badanie i weryfikacja istniejących oraz zaproponowanych rozwiązań, poprzez zaimplementowanie, testowanie i zbiorcze porównanie wybranych algorytmów.
- Przetestowanie i zbadanie wpływu określonych parametrów na jakość otrzymanych wyników, w tym wykorzystanie dynamicznej zmiany parametrów.
- Nowatorskie zastosowania (zaproponowanie i zaprojektowanie rozwiązań):
 - Zaproponowanie i opracowanie algorytmu rojowego (wzorowanego na CSO) do budowania labiryntów o zwiększonym stopniu złożoności. Wyniki eksperymentów dowodzą, że zastosowanie opracowanej metody umożliwia zwiększenie złożoności labiryntów.
 - Zaproponowanie i opracowanie algorytmu optymalizacji kolonią karaluchów do rozwiązania problemu planowania podróży środkami komunikacji miejskiej.
 - Zaproponowanie i opracowanie algorytmów stadnych do optymalizacji strukturalnej systemów i sieci kolejkowych BCMP.
 - Zaproponowanie i opracowanie synergicznego wykorzystania algorytmu świetlika i problemów szeregowania do wyznaczenia optymalnej dyscypliny likwidacji kolejki.

4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

W pracy naukowej, oprócz zagadnień związanych z głównym osiągnięciem habilitacyjnym, Autorka zajmowała się m.in.: modelowaniem systemów z wykorzystaniem teorii kolejek, zastosowaniem innych algorytmów z grupy algorytmów przybliżonych w problemach optymalizacji. Z działalnością naukową w tym zakresie wiążą się np. następujące artykuły indeksowane w bazie Web of Science:

- B. Filipowicz, J. Kwiecień, *Queueing systems and networks: models and applications*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences 56(4), 379-390, 2008, ISSN 0239-7528
- W. Chmiel, J. Kwiecień, *Quantum-inspired evolutionary approach for the quadratic assignment problem*. Entropy 20(10), 781, 2018, (IF w 2017: 2.305 , 30 pkt.)

4.1. Udział w wybranych projektach badawczych i powstałe w ramach nich publikacje

Autorka jest lub była wykonawcą w kilku projektach badawczych, których wykaz przedstawiono poniżej.

Nazwa projektu *Inteligentny system efektywnej analizy prac diagnostycznych i remontowych urzędzeń przemysłowych z zastosowaniem jednostek mobilnych i zaawansowanej analizy obrazów – INRED.*
Projekt POIR.01.01.01-00-0170/17

Okres pracy w projekcie 02.2018 -obecnie

Rola i zakres pracy Wykonawca: opracowanie wybranych scenariuszy użycia systemu, udział w przygotowaniu analizy wymagań oraz wsparciu prezentacji procedur.

Nazwa projektu *Inteligentne znaki drogowe do adaptacyjnego sterowania ruchem pojazdów, komunikujące się w technologii V2X (INZNAK).* Projekt POIR 04.01.04-00-0089/16 współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

Okres pracy w projekcie 10.2017-obecnie

Rola i zakres pracy Wykonawca: opracowanie m.in. wybranych scenariuszy użycia systemu, analiza dostępnych baz danych.

Nazwa projektu *Inteligentny system predykcji dopuszczalnych prędkości ruchu drogowego - RID-INPREDO.*

Projekt DZP/RID-I-68/14/NCBR/2016

Okres pracy w projekcie 07-12.2017

Rola i zakres pracy Wykonawca: opracowanie modelu ruchu drogowego z zastosowaniem teorii systemów i sieci kolejkowych, udział w opracowaniu reguł ustalania prędkości.

Publikacja	[1] W. Chmiel, A. Dziech, S. Jędrusik, P. Kadłuczka, J. Kwiecień, P. Szwed, Z. Mikrut, G. Rogus, <i>Rule system for speed limit determination on national roads in Poland</i> . MATEC Web of Conferences 231, 02001 (2018). 12 th International Road Safety Conference GAMBIT 2018 - Road Innovations for Safety - The National and Regional Perspective, Gdańsk 2018.
Nazwa projektu	<i>Funkcjonalny model automatu z systemem wizyjnym do skaryfikacji oraz oceny żywotności żołądki na podstawie automatycznego rozpoznawania topografii zmian mumifikacyjnych.</i> Projekt NCBR 2015-2017, nr PBS3/A8/34/2015
Okres pracy w projekcie	2015-2016
Rola i zakres pracy	Wykonawca: analiza ocen przekrojów wykonanych przez ekspertów, zastosowanie i badanie klasyfikatora typu kNN w klasyfikacji żołądki.
Publikacja	[1] Z. Bublński, J. Grabska-Chrzastowska, M. Jabłoński, J. Kwiecień, Z. Mikrut, P. Pawlik, J. Przybyło, R. Tadeusiewicz, P. Tylek, J. Walczyk, <i>Ocena zdrowotności automatycznie skaryfikowanych żołądki za pomocą komputerowej analizy obrazów</i> . Akademska Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2017. [2] J. Grabska-Chrzastowska, J. Kwiecień, M. Drożdż, Z. Bublński, R. Tadeusiewicz, J. Szczepaniak, J. Walczyk, P. Tylek, <i>Comparison of selected classification methods in automated oak seed sorting</i> . Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 62(1), 31-33, 2017.
Nazwa projektu	<i>System inteligentnego monitoringu przestrzeni i obiektów szczególnego znaczenia (SIMPOZ).</i> Projekt badawczo-rozwojowy NCBR nr 0128/R/T00/2010/12
Okres pracy w projekcie	01.2011-03.2013
Rola i zakres pracy	Wykonawca: opracowanie scenariuszy sytuacji uznanych za niebezpieczne oraz typowych zachowań ludzkich nie budzących podejrzeń, określenie wymagań stawianych algorytmom przeznaczonym do wykrywania predefiniowanych scenariuszy cząstkowych, współudział w przygotowaniu bazy filmów testowych i treningowych potrzebnych do realizacji inteligentnego systemu monitoringu wizyjnego.
Publikacja	[1] W. Chmiel, J. Kwiecień, Z. Mikrut <i>Realization of scenarios for video surveillance</i> . Image Processing & Communications; 17(4), 231-240, 2012.

4.2. Współpraca międzynarodowa

- Współpraca w ramach projektu *Foresight on Information Society Technologies in the European Research Area* (FISTERA), IST-2001-37627. Projekt finansowany ze środków 5. Programu Ramowego UE (udział w przygotowaniu opracowania *Framing New Member States and Candidate Countries Information Society Insights*).
- New University of Lisbon (Department of Electrical Engineering) – seminarium w dniu 31.10.2018.

4.3. Nagrody i wyróżnienia po uzyskaniu stopnia doktora

- Indywidualna Nagroda Rektora AGH III stopnia za osiągnięcia naukowe w roku 2004
- Indywidualna Nagroda Rektora AGH III stopnia za osiągnięcia naukowe w roku 2012
- Indywidualna Nagroda Rektora AGH III stopnia za osiągnięcia naukowe w roku 2017

4.4. Recenzowanie artykułów po uzyskaniu stopnia doktora

Recenzowanie artykułów do czasopism, w tym z bazy JCR:

- Control and Cybernetics, 2013 (1 artykuł)
- Symulacja w Badaniach i Rozwoju, 2014 (1 artykuł)
- Journal of Computational Science, 2015 (IF: 1.078) (1 artykuł)
- Image Processing & Communications, 2015 (1 artykuł)
- Information Processing Letters, 2015 (IF: 0.605) (1 artykuł)
- IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2017 (IF: 5.43) (2 artykuły)
- Algorithms, 2017, 2018 (2 artykuły)
- Entropy, 2017 (IF: 2.305) (1 artykuł)
- Journal of Advances in Mathematics and Computer Science, 2017 (1 artykuł)
- Sensors, 2017 (IF: 2.475) (1 artykuł)
- International Journal of Geo-Information, 2018 (IF:1.723 wg 2017) (1 artykuł)
- Sustainability, 2018 (IF: 2.075 wg 2017) (1 artykuł)
- Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences, 2018 (IF:1.361 wg 2017) (1 artykuł)
- Expert Systems with Applications, 2018 (IF: 3.768 wg 2017) (1 artykuł)

Recenzowanie artykułów zgłoszonych na międzynarodowe konferencje:

- IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2014 (1 artykuł)
- International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ICAISC), 2016, 2017, 2019 (3 artykuły)
- International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), 2017 (1 artykuł)

4.5. Statystyki bibliometryczne

Statystyki w dniu 14.03.2019

- Liczba cytowań wg Web of Science: 62
Liczba cytowań bez autocytowań: 52
Indeks h wg Web of Science: 4
- Liczba cytowań wg Scopus: 80
Liczba cytowań bez autocytowań: 67
Indeks h wg Scopus: 4
- Liczba cytowań wg Google Scholar: 161 (140 od 2014 r.)
Indeks h wg Google Scholar: 5

Tabela 3. Łączny *impact factor* wg JCR dla publikacji wchodzących w skład cyklu oraz dla wszystkich publikacji

Publikacje	IF	Punktacja MNiSW
Z cyklu	6.885	140
Wszystkie	11.553	358

5. Działalność dydaktyczna

5.1. Kształcenie kadr

- Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim mgr inż. Klaudii Dziezic w dyscyplinie Automatyka i Robotyka: *Optymalizacja systemów niecałkowitego rzędu z wykorzystaniem algorytmów inspirowanych biologicznie*. Promotorem przewodu jest dr hab. inż. Krzysztof Oprzędkiewicz, prof. AGH.
- Opiekun 16 prac inżynierskich i 16 prac magisterskich, realizowanych na kierunku Automatyka i Robotyka. Ponadto zrecenzowanie kilkunastu prac inżynierskich i magisterskich z kierunków Automatyka i Robotyka oraz Informatyka.

5.2 Prowadzone przedmioty

Prowadzenie zajęć dydaktycznych w roku akademickim 2018/19:

- Informatyczne narzędzia pracy grupowej (ćwiczenia laboratoryjne, kierunek Automatyka i Robotyka, I stopień)
- Matematyczne metody wspomagania decyzji (wykład – współprowadzenie, ćwiczenia laboratoryjne; kierunek Automatyka i Robotyka, I stopień)
- Metody numeryczne (ćwiczenia laboratoryjne; kierunek Automatyka i Robotyka, I stopień)
- Decyzje marketingowe w B2B (wykład, ćwiczenia projektowe; kierunek Automatyka i Robotyka, II stopień)
- Inteligencja obliczeniowa (ćwiczenia laboratoryjne - współprowadzenie; kierunek Automatyka i Robotyka, II stopień)

- Methods of Computational Intelligence (wykład, ćwiczenia laboratoryjne, kierunek Automatyka i Robotyka, II stopień)
- Modele kolejkowe w IT (wykład, ćwiczenia projektowe; kierunek Automatyka i Robotyka, II stopień)

Ponadto prowadzenie zajęć dydaktycznych w ubiegłych latach z następujących przedmiotów:

- Badania operacyjne (wykład, ćwiczenia laboratoryjne; kierunek: Informatyka, I stopień)
- Badania operacyjne i wspomaganie decyzji (wykład - współprowadzenie, ćwiczenia laboratoryjne; kierunek Automatyka i Robotyka, I stopień)
- Metody optymalizacji (wykład; kierunek Elektronika i Telekomunikacja, II stopień)
- Marketing przemysłowy (wykład, ćwiczenia projektowe; kierunek Automatyka i Robotyka, II stopień)
- Systemy i sieci kolejkowe (wykład, ćwiczenia projektowe; kierunek Automatyka i Robotyka, II stopień)

Josna Kucien