



Koszalin, dnia 01.12.2021 r.

dr hab. inż. Adam Słowik, prof. PK
Katedra Inżynierii Komputerowej
Wydział Elektroniki i Informatyki
Politechnika Koszalińska
ul. Śniadeckich 2
75-452 Koszalin
e-mail: adam.slowik@tu.koszalin.pl

**Recenzja jednotematycznego cyklu publikacji
pt. „Algorytmy syntezy modeli programowania
matematycznego z przykładów rozwiązań”
i pozostałej istotnej aktywności naukowej oraz aktywności
dydaktycznej i organizacyjnej dr inż. Tomasza Pawlaka**

Recenzja związana jest z postępowaniem dotyczącym przyznania stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja prowadzonego przez Wydział Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej. Podstawę do opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Dziekana tegoż wydziału, prof. dr hab. inż. Andrzeja Jaskiewicza z dnia 2 listopada 2021 roku skierowane do mnie w wyniku uchwały o numerze 2021-03-048 z dnia 26 października 2021 roku podjętej przez Radę Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Wydziału Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej i powołującej mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Tomasza Pawlaka, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Niniejszą recenzję opracowano na podstawie przedłożonej przez habilitanta dokumentacji postępowania habilitacyjnego obejmującej jednotematyczny cykl 10 publikacji, autoreferat oraz wykaz istotnych osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych.

1 Ogólna sylwetka habilitanta

Pan dr inż. Tomasz Pawlak uzyskał w 2011 roku dyplom magistra inżyniera na Wydziale Informatyki Politechniki Poznańskiej. W roku 2015 na tym samym wydziale uzyskał stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk technicznych i w dyscyplinie informatyka. Od 2015 roku dr inż. Tomasz Pawlak jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Informatyki Politechniki Poznańskiej.

2 Ocena dorobku naukowego

2.1 Ogólna charakterystyka obszaru badawczego

Obszar badawczy habilitanta koncentruje się wokół zagadnień dotyczących budowy algorytmów automatyzujących proces tworzenia modeli programowania matematycznego na podstawie przykładów rozwiązań, odciążając tym samym eksperta i redukując jego rolę do pozyskania przykładów rozwiązań.

słowik

2.2 Ocena jednotematycznego cyklu publikacji

Przedłożony przez habilitanta do oceny jednotematyczny cykl publikacji pt. „Algoritmy syntezy modeli programowania matematycznego z przykładów rozwiązań” składa się z dziesięciu artykułów naukowych opublikowanych w latach 2017–2021. Artykuły te koncentrują się wokół problemu tworzenia i weryfikacji algorytmów dla problemu syntezy ograniczeń. Prace naukowe wchodzące w skład jednotematycznego cyklu publikacji są następujące:

- P01** T.P. Pawlak, M. O’Neill. “Grammatical evolution for constraint synthesis for mixed-integer linear programming”. *Swarm and Evolutionary Computation*, 2021, (in press),
- P02** T.P. Pawlak, B. Litwiniuk. “Ellipsoidal one-class constraint acquisition for quadratically constrained programming. *European Journal of Operational Research*, vol. 293(1), pp. 36-49, 2021,
- P03** M. Karmelita, T.P. Pawlak. “CMA-ES for one-class constraint synthesis” in *Proceedings of GECCO’20: Genetic and Evolutionary Computation Conference*, pp. 859-867, 2020,
- P04** T.P. Pawlak, K. Krawiec. “Synthesis of constraints for mathematical programming with one-class genetic programming”. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 23(1), pp. 117-129, 2019,
- P05** T.P. Pawlak. “Synthesis of mathematical programming with one-class evolutionary strategies”. *Swarm and Evolutionary Computation*, vol. 44, pp. 335-348, 2019,
- P06** D. Sroka, T.P. Pawlak. “One-class constraint acquisition with local search” in *Proceedings of GECCO’18: Genetic and Evolutionary Computation Conference*, pp. 363-370, 2018,
- P07** T.P. Pawlak. “Performance improvements for evolutionary strategy-based one-class constraint synthesis” in *Proceedings of GECCO’18: Genetic and Evolutionary Computation Conference*, pp. 873-880, 2018,
- P08** P. Kudła, T.P. Pawlak. “One-class synthesis for constraints for mixed-integer linear programming with C4.5 decision trees”. *Applied Soft Computing*, vol. 68, pp. 1-12, 2018,
- P09** T.P. Pawlak, K. Krawiec. “Automatic synthesis of constraints from examples using mixed integer linear programming”. *European Journal of Operational Research*, vol. 261(3), pp. 1141-1157, 2017,
- P10** T.P. Pawlak, K. Krawiec. “Synthesis of Mathematical Programming constraints with genetic programming” in *Proceedings of Genetic Programming: 20th European Conference EuroGP*, pp. 178-193, 2017.

W artykule **P01** przedstawiono sposób syntezy modeli mieszanego całkowitoliczbowego programowania liniowego z wykorzystaniem wysokopoziomowego języka modelowania ZIMPL. Algorytm przedstawiony w tej pracy i nazwany GECS przeszukuje przy użyciu ewolucji gramatycznej przestrzeń modeli w języku ZIMPL. Algorytm GECS przetestowano na 18 różnych problemach testowych, a uzyskane wyniki okazały się lepsze od wyników przedstawionych w pracach od **P02** do **P10**. Dodatkowo zweryfikowano eksperymentalnie odporność algorytmu GECS na kłutwą wymiarowość uzyskując odpowiednie wyniki do liczby 729 zmiennych. Jednak

zwiększenie liczby zmiennych z 5-7 (jak to jest zawarte w pracach od **P02** do **P10**) wynika raczej z połączenia algorytmu optymalizacji przestrzeni modeli w języku ZIMPL z generowaniem tych modeli w tymże języku. Tym samym proces syntezy jest po stronie języka ZIMPL, a wkład habilitanta polega na optymalizacji rozwiązań uzyskanych we wcześniej wspomnianym języku. Uważam jednak, że idea przedstawiona w pracy jest ciekawa i wnosi znaczny wkład w dyscyplinę informatyka techniczna i telekomunikacja. Umożliwia ona bowiem tworzenie modeli o bardzo dużej liczbie zmiennych w realcji do wcześniej opracowanych metod.

W pracy **P02** przedstawiono algorytm EOCCA dla syntezy modeli mieszanego całkowitoliczbowego programowania kwadratowego z przykładów rozwiązań dopuszczalnych. Algorytm ten w przeciwieństwie do wcześniejszych nie przeszukuje przestrzeni ograniczeń, ale tworzy je w oparciu o przykłady. Modele programowania kwadratowego tworzone tym algorytmem są rozwiązywalne w czasie wielomianowym. Wadą algorytmu EOCCA jest jego podatność na kłutwę wymiarowości, która przejawia się już dla 6 lub 7 zmiennych. Uważam, że praca **P02** w której opisano algorytm EOCCA stanowi wartościową pozycję literaturową związaną z algorytmami syntezy modeli mieszanego całkowitoliczbowego programowania kwadratowego.

W artykule **P03** przedstawiono próbę zastąpienia algorytmu strategii ewolucyjnej z pracy **P05** algorytmem CMA-ES (Covariance Matrix Adaptation - Evolutionary Strategy), który obecnie reprezentuje jeden z najbardziej efektywnych algorytmów optymalizacji. W wyniku tego zastąpienia powstał algorytm CMAESOCSS dla syntezy ograniczeń mieszanego całkowitoliczbowego programowania liniowego z przykładów rozwiązań dopuszczalnych. Algorytm ten przetestowano przy użyciu problemów syntetycznych, a praktyczne jego użycie ukazano dla problemu syntezy modelu dla farmy ryżu. Uzyskane wyniki były porównywalne do wyników uzyskanych innymi metodami. Przedstawioną koncepcję uważam jako interesującą, a modyfikacja algorytmu z pracy **P05** jest wartościowa.

W artykule **P04** ukazano algorytm GOCCS, który stanowi rozwinięcie algorytmu z pracy **P10** w kierunku jednoklasowego problemu syntezy ograniczeń. W pracy **P04** autorzy przedstawiają nowatorskie podejście do estymacji rozkładu rozwiązań niedopuszczalnych wykorzystując te dane do sterowania ewolucją w hybrydzie programowania genetycznego i algorytmu NSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II). Przedstawiony algorytm GOCCS może być stosowany, kiedy zbiór przykładów niedopuszczalnych jest niedostępny lub niereprezentatywny. Efektywność tego algorytmu została wykazana między innymi na realnym problemie związanym z modelem kompozycji czerwonego wina. Modele uzyskane algorytmem GOCCS są mniejsze i łatwiejsze w interpretacji niż modele tworzone algorytmem CSC4.5, który został przedstawiony w pracy **P08**.

W pracy **P05** przedstawiono algorytm ESOCCS, którego głównym zadaniem jest tworzenie dowolnych modeli programowania matematycznego związanych z programowaniem liniowym i programowaniem kwadratowym w oparciu o jednoklasowy zbiór przykładów rozwiązań dopuszczalnych. Opisany algorytm ESOCCS wykorzystuje technikę strategii ewolucyjnych do strojenia wag w ograniczeniach. W relacji do algorytmu zaproponowanego w pracy **P04**, ESOCCS osiąga lepsze rezultaty jednak jest to związane z tworzeniem większych modeli wykorzystujących więcej termów. Generalnie w przyszłych pracach można skoncentrować się na optymaliza-

cji wielokryterialnej w sensie Pareto, gdzie akurat w tym przykładzie optymalizacji podlegała by dokładność otrzymanego modelu (kryterium maksymalizowane) oraz liczba termów (kryterium minimalizowane). W rezultacie otrzymany by został zbiór rozwiązań dopuszczalnych i niezdominowanych, a użytkownik sam by decydował, które rozwiązanie z jego punktu widzenia należy wybrać jako ostateczny rezultat działania algorytmu.

W artykule **P06** zaproponowano algorytm OCCALS, którego głównym zadaniem jest tworzenie modeli mieszanych całkowitoliczbowego programowania liniowego. W relacji do wcześniej opracowanych algorytmów takich jak: CMAESOCCS (praca **P03**) oraz GOCCS (praca **P04**) algorytm OCCALS tworzy modele w krótszym czasie, które są lepiej dopasowane i bardziej precyzyjne. Ideę przedstawioną w tej pracy uważam za wartościową i wnoszącą znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja.

W pracy **P07** ukazano rozwinięcie metody ESOCCS (przedstawionej w pracy **P05**) o pięć udoskonaleń, których głównym celem było zwiększenie jej efektywności w typowych problemach programowania matematycznego.

W artykule **P08** opisano algorytm CSC4.5. Jego główną ideą jest wykorzystanie algorytmów takich jak: Expectation-Maximization oraz C4.5 do budowy jednoklasowego drzewa decyzyjnego. Utworzone drzewo decyzyjne w następnym kroku jest tłumaczone na hierarchię ograniczeń mieszanego całkowitoliczbowego programowania liniowego. Przedstawione testy eksperymentalne ukazały, że algorytm CSC4.5 osiąga wysokie dopasowanie, precyzję i generalizację, ale tylko dla liczby zmiennych nie przekraczające wartości 5. Dodatkowo w pracy **P08** wykorzystano algorytm CSC4.5 do syntezy modelu oceny jakości wina na podstawie jego 11 właściwości fizyko-chemicznych. Otrzymane wyniki okazały się lepsze od rezultatów otrzymanych algorytmem naiwnym.

W pracy **P09** przedstawiono algorytm dokładny dla syntezy ograniczeń dowolnej klasy np. programowania liniowego lub pogramowania kwadratowego. Ograniczenia te są tworzone z przykładów dopuszczalnych i niedopuszczalnych w formie mieszanego całkowitoliczbowego modelu programowania liniowego. Główną wadą algorytmu naiwnego jest wysoki koszt obliczeniowy i brak odporności na szum w przykładach uczących.

W artykule **P10** zaprezentowano algorytm GenetiCS. Głównym celem tego algorytmu jest przeszukiwanie heurystyczne przestrzeni struktur ograniczeń liniowych i wielomianowych z wykorzystaniem algorytmu programowania genetycznego i przykładów rozwiązań dopuszczalnych i niedopuszczalnych. Algorytm GenetiCS osiąga dobre rezultaty jednak tylko gdy liczba zmiennych jest niewielka i nie przekracza wartości 4.

2.3 Podsumowanie oceny cyklu publikacji

Podsumowując ocenę cyklu publikacji należy stwierdzić, że przedstawione w nich idee wnoszą znaczący wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja, a w szczególności w rozwój metod związanych z tworzeniem ograniczeń w programowaniu liniowym i programowaniu kwadratowym w oparciu o zbiór przykładów. Przedstawiony cykl publikacji bardzo dobrze odzwierciedla ewolucję rozwiązań proponowanych przez habilitanta. Począwszy od algorytmu naiwnego z pracy

P10, który posiada duży koszt obliczeniowy i generuje dobre wyniki tylko kiedy liczba zmiennych nie przekracza wartości 4, a kończąc na algorytmie z pracy **P01**, który otrzymuje zadowalające rezultaty gdy liczba zmiennych nie przekracza wartości 729. Warto także wspomnieć, że publikacja **P06** opisująca algorytm OCCALS została nominowana do nagrody za najlepszą pracę na konferencji Genetic and Evolutionary Computation Conference 2018 (GECCO'18).

Przedstawione przez habilitanta oryginalne idee i wyniki zawarte w cyklu wysokopunktowanych publikacji wskazują na jego wszechstronną wiedzę z zakresu tworzenia modeli programowania liniowego, programowania kwadratowego oraz mieszanego całkowitoliczbowego programowania liniowego i programowania kwadratowego, stanowiąc tym samym wystarczający dorobek do uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Dodatkowo w przedstawionym cyklu publikacji znajdują się dwie samodzielne publikacje habilitanta. Jedna z nich została opublikowana w czasopiśmie *Swarm and Evolutionary Computation* (140 punktów według listy Ministerialnej; Impact Factor = 6.912) a druga w materiałach konferencyjnych z konferencji GECCO 2018 (140 punktów według listy Ministerialnej; ranking CORE: A). Te dwie samodzielne publikacje dodatkowo wskazują, że habilitant może być tzw. samodzielnym pracownikiem nauki.

3 Ocena pozostałej istotnej aktywności naukowej oraz aktywności dydaktycznej i organizacyjnej

Pozostała istotna aktywność naukowa habilitanta mieści się w obszarze programowania genetycznego. Poza 10 publikacjami wskazanymi w jednotematycznym cyklu publikacji, habilitant w autoreferacie wskazał również 4 dodatkowe prace opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Artykuły te są następujące:

- P11** T.P. Pawlak, K. Krawiec. "Competent geometric semantic genetic programming for symbolic regression and boolean function synthesis". *Evolutionary Computation*, vol. 26(2), pp. 177-212, MIT Press, 2018,
- P12** T.P. Pawlak, K. Krawiec. "Progress properties and fitness bounds for geometric semantic search operators". *Genetic Programming and Evolvable Machines*, vol. 17(1), pp. 5-23, Springer, 2016,
- P13** T.P. Pawlak. "Geometric semantic genetic programming is overkill" in *Proceedings of 19th European Conference on Genetic Programming, EuroGP 2016*, LNCS vol. 9594, pp. 246-260, Springer, 2016,
- P14** T.P. Pawlak, K. Krawiec. "Semantic geometric initialization" in *Proceedings of 19th European Conference on Genetic Programming, EuroGP 2016*, LNCS vol. 9594, pp. 261-277, Springer, 2016.

W pracach tych habilitant koncentrował się głównie na usprawnieniu działania algorytmu programowania genetycznego. Wprowadził w tych artykułach szereg operatorów przeszukiwania np. praca **P11**, selekcji np. praca **P11** i inicjalizacji np. prace **P11** i **P14**. W pracy **P13**, habilitant wykazał, że popularny w ostatnich latach wariant geometrycznego semantycznego programowania genetycznego jest niczym innym jak nieukierunkowanym tworzeniem liniowych kombinacji losowych fragmentów programów.

Cztery dodatkowe prace od P11 do P14 opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora i wymienione w autoreferacie opublikowano w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej (prace P11 i P12) oraz na tematycznej konferencji międzynarodowej EuroGP 2016 (prace P13 i P14).

Dodatkowo habilitant prowadził badania osobiście i z wykorzystaniem narzędzi pracy na odległość w University College Dublin, School of Business w okresie od września 2018r. do stycznia 2021r. Również w tym samym ośrodku habilitant odbył staż naukowy w okresie od 24.09.2018r. do 05.10.2018r. W okresie po doktoracie czterokrotnie uczestniczył w tematycznych konferencjach naukowych, które odbywały się poza granicami Polski oraz dziewięciokrotnie był członkiem komitetów programowych konferencji międzynarodowych. Brał udział w pięciu projektach badawczych finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz przez Narodowe Centrum Nauki - dwukrotnie jako kierownik projektu i trzykrotnie jako wykonawca. Dodatkowo był także dwukrotnie kierownikiem projektów wewnętrznych finansowanych przez Politechnikę Poznańską. Habilitant w okresie po doktoracie wykonał około 55 recenzji dla czasopism międzynarodowych i dla konferencji międzynarodowych. Dr inż. Tomasz Pawlak jest ekspertem w Fundacji na rzecz Nauki Polskiej oraz członkiem Polskiego Stowarzyszenia Sztucznej Inteligencji. Dwukrotnie wdrożył opracowane technologie do przemysłu.

Sumaryczny impact factor prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 42.490 (z czego 37.507 przypada na dziesięć artykułów wchodzących w skład monotematycznego cyklu publikacji, które przedstawiono w sekcji 2.2 niniejszej recenzji). Jest to wartość duża i świadcząca o tym, że publikowane prace ukazały się w czasopismach o znacznej wartości współczynnika wpływu. Według bazy Web of Science (stan na dzień 29.11.2021 roku) liczba zaindeksowanych prac habilitanta wynosi 23, liczba cytowań wynosi 193 (142 bez autocytowań). Indeks Hirscha dla prac habilitanta wynosi 8. Wszystkie te wartości są na dobrym poziomie i spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Z osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych habilitanta w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora należy wymienić:

- prowadzenie pięciu przedmiotów takich jak: Eksploracja procesów (wykład i laboratorium – studia II stopnia), Systemy internetowe (wykład i laboratorium – studia II stopnia), Biznesowe systemy rozproszone (wykład i laboratorium – studia II stopnia), Metody inteligencji obliczeniowej (wykład i laboratorium – studia II stopnia), Informatyka w medycynie (laboratorium – studia I stopnia),
- wysokie oceny wystawione przez studentów odnośnie zajęć prowadzonych przez habilitanta,
- wypromowanie 14 prac magisterskich,
- otrzymanie nagrody Rektora Politechniki Poznańskiej za wyniki pracy dydaktycznej w roku akademickim 2018/2019,
- utworzenie i administracja gridem obliczeniowym,
- udział w Radzie Wydziału Informatyki Politechniki Poznańskiej jako przedstawiciel adiunktów,
- opracowanie systemu informatycznego analizującego osiągnięcia pracowników i optymalizującego ich sposób prezentacji względem kryteriów ewaluacji.

Generalnie aktywność dydaktyczna i organizacyjna habilitanta jest na bardzo dobrym poziomie. Dodatkowo można jeszcze wspomnieć, że habilitant po uzyskaniu stopnia naukowego doktora otrzymał wyróżnienie Polskiego Stowarzyszenia Sztucznej Inteligencji w konkursie na najlepszą rozprawę, ze sztucznej inteligencji. Dr inż. Tomasz Pawlak otrzymał także stypendium naukowe miasta Poznania, stypendium START Fundacji na rzecz Nauki Polskiej oraz dwukrotnie został nagrodzony przez Rektora Politechniki Poznańskiej za swoją działalność naukową.

4 Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę dokonaną ocenę jednotematycznego cyklu publikacji a także ocenę pozostałej istotnej aktywności naukowej oraz aktywności dydaktycznej i organizacyjnej habilitanta stwierdzam, że dorobek naukowy uzyskany przez dr inż. Tomasza Pawlaka po otrzymaniu stopnia naukowego doktora wskazuje na znaczący wkład habilitanta w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Dodatkowo inne znaczące osiągnięcia naukowe, realizowane projekty oraz wdrożenia opracowanych przez habilitanta metod również wnoszą znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Osiągnięcie naukowe wskazane i opisane w dokumentacji habilitacyjnej może stanowić podstawę do rozpatrzenia wniosku dr inż. Tomasza Pawlaka o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Podsumowując stwierdzam, że dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny habilitanta spełnia w pełni wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja i tym samym wnoszę o dopuszczenie dr inż. Tomasza Pawlaka do dalszych faz przewodu habilitacyjnego.

