

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Krawiec
Instytut Informatyki
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 2
60-965 Poznań

Poznań, 24.09.2021

Recenzja dorobku habilitacyjnego

dr inż. Karola Romualda Opary

Niniejszą recenzję przygotowałem w związku z powołaniem mnie przez Radę Dyscypliny Instytutu Badań Systemowych PAN na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Karola Opary. Recenzję dzielę na ocenę osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej i organizacyjnej Habilitanta.

1 Ocena osiągnięcia naukowego

Dr Opara przedłożył osiągnięcie naukowe w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji pod tytułem *Modelowanie mechanizmów optymalizacji w algorytmach ewolucyjnych*. Cykl składa się z 6 artykułów, z czego 4 pierwsze to pozycje czasopismowe (1x200 punktów MNiSW, 3x140 pkt.) a 2 to publikacje w recenzowanych materiałach konferencji GECCO. Jedna praca w cyklu (A5) jest samodzielnym przyczynkiem Habilitanta; pozostałe to prace współautorskie (dwuautorskie, za wyjątkiem A6). Habilitant jest pierwszym autorem pięciu z tych publikacji.

Wśród publikacji wchodzących w skład cyklu jedna wyceniona jest na 200 punktów w punktacji ministerialnej, a trzy na 140 pkt, co daje w sumie 620 pkt. dla całego cyklu; prace te ukazały się w poważanych periodykach. Dwie pozostałe publikacje (A5 i A6) prezentowane były co prawda na dobrze rozpoznawanej konferencji GECCO (140pkt), niemniej w wolumenie 'Companion' zbierającym prace z posterów i warsztatów (po objętości tych prac wnoszę że były to postery konferencyjne, których ranga jest wyższa od prezentacji na warsztatach). Warto podkreślić że wszystkie te publikacje ukazały się w ciągu zaledwie 3 lat: 2018-2020. Profil publikacyjny tego cyklu oceniam zatem bardzo wysoko.

Przedmiotem badań opisanych w pracach wchodzących w skład cyklu są metaheurystyczne populacyjne algorytmy optymalizacyjne, w szczególności algorytmy ewolucyjne. Zdecydowana większość prac [A1-A5] dotyczy ewolucji różnicowej (ang. differential evolution, DE), tj. klasy algorytmów heurystycznej optymalizacji ciągłej stanowiącej jeden z lepiej rozpoznawalnych nurtów badań w obliczeniach ewolucyjnych. Wyróżniającymi cechami algorytmów ewolucji różnicowej są (i) konstruowanie rozwiązań potomnych jako kombinacji liniowych wektorów rozwiązań z bieżącej populacji, w tym w szczególności

wektorów rozpiętych na parach takich rozwiązań, oraz (ii) bezpośrednie konkurowanie rozwiązań potomnych z rodzicielskimi. Ten relatywnie prosty zabieg skłania algorytm do eksploracji regionów w przestrzeni rozwiązań podyktowanych rozkładem bieżącej populacji. Ewolucja różnicowa sprawdziła się w wielu zastosowaniach praktycznych, natomiast, podobnie jak w wielu działach algorytmów metaheurystycznych, cierpi na pewien niedosyt prac teoretycznych i porządkujących. Przedłożony cykl publikacji stanowi odpowiedź na tę potrzebę.

Algorytmy metaheurystyczne stanowią od kilku dekad istotny podobszar badań prowadzonych w teorii i praktyce optymalizacji, badaniach operacyjnych, oraz sztucznej inteligencji, co pozwala mi stwierdzić że badania prowadzone przez dr Oparę **wpisują się w dyscyplinę Informatyka Techniczna i Telekomunikacja**.

1.1 Analiza zawartości cyklu

W tej części recenzji omawiam przyczynki poszczególnych prac włączonych przez Habilitanta w przedłożony cykl.

W pracy **A1** Habilitant podjął się gruntownego przebadania teoretycznego różnych wariantów operatorów mutacji zaproponowanych w przeszłości dla ewolucji różnicowej. Wywód artykułu poprowadzony jest w kategoriach charakteryzacji parametrów rozkładu rozwiązań w populacji, a dokładniej pierwszych dwóch momentów: wektora wartości oczekiwanych oraz macierzy kowariancji (co stanowi wyczerpującą charakterystykę, z racji tego iż populacja DE dąży w granicy do rozkładu normalnego). Najistotniejszym wynikiem pracy jest wykazanie, że wiele wariantów operatorów mutacji, pozornie odmiennych z racji wykorzystywania różnych formuł (a także różnego doboru rozwiązań rodzicielskich), różni się jedynie skalą (siłą) mutacji, a zatem da się sprowadzić do jednego uniwersalnego operatora poprzez odpowiednie skalowanie. Autorzy pracy wyprowadzili formuły dla wartości współczynników skalowania dla poszczególnych operatorów mutacji, zilustrowali charakterystyki operatorów graficznie, a także potwierdzili empirycznie otrzymane wyniki w obszernym eksperymencie obliczeniowym przeprowadzonym na znanej kolekcji 28 benchmarków (CEC'13).

Praca **A2** ma charakter przeglądowo-porządkujący i dokonuje systematycznego zebrania najważniejszych wyników teoretycznych otrzymanych dla ewolucji różnicowej od jej zaproponowania przez Price'a i Storn'a w 1995 roku. Praca zawiera uniwersalną formalizację DE, a zawarte w niej rozważania pokrywają praktycznie wszystkie istotne zagadnienia, w tym złożoność obliczeniową, zbieżność, niezmienniczości ze względu na transformacje funkcji oceny, analizę różnorodności populacji (tj. estymację parametrów rozkładu rozwiązań po zaaplikowaniu operatorów przeszukiwania), obszary krytyczne w przestrzeni hiperparametrów metody, zachowanie operatorów, uogólnione współczynniki skalowania (wprowadzone przez Habilitanta ze współautorami w A1), oraz dynamikę populacji (m.in. jej charakteryzację przy pomocy równań różniczkowych i metodą Lapunowa). Pracę zamyka dyskusja stanu badań oraz interesujące wskazówki dla przyszłych kierunków prac. Praca A2 stanowi moim zdaniem znakomity tutorial dla osób zainteresowanych aktualnym stanem wiedzy o DE.

W pracy **A3** Habilitant skupił się na zjawisku 'contour fitting', polegającym na obserwowanych empirycznie zmianach rozkładu rozwiązań w populacji. Autorzy definiują to zjawisko formalnie jako zbieżność wartości oczekiwanej populacji osobników do optimum przy jednoczesnej zbieżności (modulo stała) macierzy kowariancji populacji do macierzy kowariancji Gausowskiej funkcji oceny (do której zawężają swoje rozważania). Analizy przeprowadzone zostały dla uproszczonego wariantu DE, wykorzystującego jedynie mutację różnicową (bez krzyżowania), i obejmują wyprowadzenie formuły dla rozkładu próbkowania, rozkład osobników w populacji, zbieżność w granicy wartości oczekiwanej i macierzy kowariancji populacji, wartości krytycznej współczynnika skalowania, oraz analizę szczególnego przypadku skończonej populacji. Ten aparat pojęciowy jest następnie wykorzystany w dyskusji obejmującej m.in. precyzję estymacji położenia optimum, dywersyfikację populacji, oraz zdolność pokonywania przez algorytm punktów siodłowych. Pozostała część pracy poświęcona jest eksperymentom obliczeniowym dla skończonych populacji (oraz dla wybranych szczególnych wariantów DE), na potrzeby których Habilitant zaproponował też dobrze ugruntowane metryki. Ich wyniki potwierdzają obserwacje teoretyczne, w szczególności wskazują na jakość przybliżeń dla skończonych populacji, w zależności m.in. od wymiarowości przestrzeni rozwiązań.

Kolejna praca cyklu, **A4**, dotyczy różnorodności/zróżnicowania populacji (population diversity), która jest istotnym wymogiem dla podtrzymywania skutecznej eksploracji przestrzeni rozwiązań, w szczególności w obecności wielomodalnych funkcji oceny. Autorzy dokonują przeglądu ujęć różnorodności populacji dostępnych w literaturze, wskazują na ich słabości, i koncentrują się na przypadku w których 'dziedziczenie jakości' (inheritance of quality) jest nieobecne, tj. w obecności silnego komponentu szumu w funkcji oceny. Celem jest wyprowadzenie formuł estymujących różnorodność „genetyczną” (tj. w kategoriach zmiennych problemu) w kolejnych iteracjach procesu optymalizacji w funkcji parametrów algorytmu. Po przedstawieniu motywującego przykładu empirycznego i prezentacji miar charakteryzujących dynamikę populacji (m.in. korelacja oceny rozwiązań rodzicielskich i potomnych oraz wariancja populacji), autorzy wyróżniają trzy fazy pseudo-stabilności oraz koncentrują się na pierwszej i trzeciej z nich (gdzie trzecia charakteryzuje zbieżność populacji do lokalnego optimum). Dalej autorzy prezentują wariant algorytmu poddawanego analizie oraz wyprowadzają formuły na genetyczną różnorodność rozwiązań otrzymanych w wyniku selekcji, potomków, oraz całych populacji. Dalsza część pracy skupia się na wyznaczeniu prawdopodobieństwa wspólnego rozwiązania rodzicielskiego (Common parent probability) dla kilku popularnych metod selekcji. W części empirycznej autorzy weryfikują otrzymane wyniki teoretyczne, w szczególności badając czułość jakości predykcji różnorodności na obecność operatora krzyżowania, wybór metody selekcji, rozmiar populacji oraz wymiarowość przestrzeni rozwiązań.

W pracy **A5** Habilitant zaproponował formalny model dynamiki populacji algorytmu DE dla wybranej klasy funkcji oceny o symetrii kołowej. Przy spełnieniu założeń, model ten pozwala na alternatywne wyznaczenie wyniku algorytmu DE bez potrzeby jego uruchamiania, tj. poprzez iteracyjne przeliczanie wyprowadzonych formuł bez czynnika losowego (za wyjątkiem potencjalnie losowej populacji początkowej). Model pokazuje też jak zbieżność algorytmu zależy od współczynnika skalowania, prawdopodobieństwa

krzyżowania i wymiarowości przestrzeni rozwiązań. Choć rozpatrywana klasa funkcji oceny jest wąska i raczej rzadko spotykana w praktyce, przedstawiona analiza jest interesująca i może wspomóc konstrukcję analogicznych wywodów przy mniej restrykcyjnych założeniach.

Praca **A6** ma charakter metodologiczny: Habilitant proponuje w niej uogólnienie popularnej kolekcji benchmarków (CEC'17) poprzez zaaplikowanie do wykorzystywanych w nich funkcji oceny transformacji afinicznych: translacji, skalowania, obrotu i „ścianania” (shear). Autorzy opisują procedurę parametryzacji oraz ilustrują ją na klasycznej ewolucji różnicowej, modelując zależność wskaźnika skuteczności (opartego na teście Wilcozona zaaplikowanego do porównania algorytmu z algorytmem referencyjnym) od (binarnych) parametrów benchmarków. Otrzymany model zależności wskazuje m.in. na znaczny wpływ transformacji obrotu.

1.2 Ocena cyklu

Prace zebrane w cyklu uważam za bardzo interesujące i w znacznej części nowatorskie. Ich redakcja i czytelność są w mojej ocenie także bez zarzutu.

Do najistotniejszych oryginalnych przyczynków przedłożonego cyklu zaliczam:

1. Wykazanie ekwiwalentności (modulo skalowanie) wielu operatorów mutacji stosowanych w DE [A1],
2. Systematyczne uporządkowanie stanu wiedzy teoretycznej o DE, ze wskazaniem potencjalnie interesujących kierunków prac [A2].
3. Teoretyczną analizę zjawiska contour fitting, poprzedzoną jego formalnym zdefiniowaniem [A3].
4. Propozycje formalnych modeli dla zróżnicowania populacji, zbudowane na gruntownej analizie dynamiki algorytmów populacyjnych [A4].
5. Model dynamiki algorytmu DE dla funkcji przystosowania o symetrii kołowej, umożliwiający znacznie bardziej efektywną realizację obliczeń [A5].
6. Propozycję generalizacji zestawów problemów testowych (benchmarków) poprzez ich parametryzację, pozwalającą na bardziej systematyczne badanie podatności algorytmów optymalizacyjnych na transformacje przestrzeni rozwiązań (a zatem pośrednio także na charakterystykę problemu) [A6].

Warto też podkreślić iż otrzymane wyniki (zwłaszcza w pracach A1 i A2) mają szansę przyczynić się do uporządkowania obszaru badań ewolucji różnicowej (a zatem pośrednio także obliczeń ewolucyjnych), w tym pozwolić uniknąć redundantnych badań (np. proponowanie pozornie nowych operatorów przeszukiwania). Prace ukazały się w dobrych i bardzo dobrych periodykach i konferencjach, gdzie w szczególności *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* i konferencja GECCO to przysłowiowa najwyższa półka. Dodatkowo na uwagę zasługuje również przemyślana weryfikacja empiryczna wielu z wyżej

wymienionych wyników, przekładająca się na konkretne rekomendacje dot. stosowania algorytmów ewolucyjnych w praktyce.

Z drobnych uwag polemicznych pozwolę sobie jedynie zauważyć że wiele z wyników przedstawionych w cyklu uzyskanych zostało przy stosunkowo silnych założeniach (np. Gausowska funkcja oceny w A4 czy w pełni losowa funkcja oceny w A4), które odbiegają od rzeczywistych scenariuszy użycia DE. Jest to jednak zrozumiałe – bez tych założeń przeprowadzenie wywodu formalnego stawałoby się niemożliwe, lub prowadziło do skomplikowanych i niekoniecznie interesujących czy konkluzyjnych wyników. Uwagi te nie podważają jednak mojej ogólnie pozytywnej oceny osiągnięcia.

Moja ocena przedłożonego cyklu jest zdecydowanie pozytywna. Zwartość tematyczna cyklu sygnalizuje konsekwencję Habilitanta w studiowaniu wybranego obszaru zagadnień. Habilitant ma bardzo dobrą znajomość przedmiotu badań, co poznać można m.in. po doborze cytowanych prac i budowaniu na (lub kwestionowaniu) proponowanych tamże rozwiązań. Dr inż. Karol Opara wypracował po doktoracie kilka bardzo wartościowych wyników teoretycznych, poszerzając w ten sposób znacząco naszą wiedzę o charakterystyce tej klasy algorytmów ewolucyjnych. Wyniki te pozwalają m.in. wykryć redundancje pomiędzy proponowanymi w przeszłości wariantami metody, lepiej dobierać parametry algorytmów, i porównywać je ze sobą w bardziej wyczerpujący i konkluzyjny sposób.

Uważam zatem że **przedłożony o przez dr Oparę cykl spełnia zawiązanie on formalne oraz zwyczajowe wymagania stawiane w postępowaniach habilitacyjnych oraz wpisuje się w dyscyplinę Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.**

2 Ocena istotnej aktywności naukowej

2.1 Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

Dr Opara poza przedłużonym cyklem sześciu publikacji jest też autorem 10 prac czasopismowych, z których 8 ukazało się po uzyskaniu przez niego stopnia doktora (od roku 2014). Aż 5 z tych prac ukazało się w wysoko punktowanych czasopiśmie (140 pkt). Poza tematami poruszonymi w przedłożonym cyklu, prace Habilitanta po doktoracie dotyczyły m.in. pomiaru i analizy jakości nawierzchni drogowych (w tym przy pomocy danych zebranych z urządzeń mobilnych typu smartfon), modelowania temperatury nawierzchni dróg bez wykonywania pomiarów bezpośrednich, nowych perspektyw na analizę skupień (reverse clustering), monitorowania stabilności procesów obserwowanych za pośrednictwem szeregów czasowych z silnym komponentem autokorelacyjnym (w tym rozszerzenie znanego modelu predykcji opartego na ważeniu predykcji komitetu modeli), telemedycyny, oraz nowych metod estymacji współczynników korelacji dla danych interwałowych. Zebrany przez Habilitanta dorobek charakteryzuje się zatem wysokim stopniem zróżnicowania, czego ilustracją może być fakt iż dr Opara popełnił też dwie prace dotyczące analizy ilościowej tekstów literackich. Zróżnicowanie tematyki i jakości prac wskazują na bardzo wysoki stopień aktywności naukowej i badawczo-wdrożeniowej

Habilitanta.

2.2 Autorstwo zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego lub technologicznego

Dr Opara jest autorem przynajmniej dwóch osiągnięć projektowo-konstrukcyjnych, dotyczących systemu pomiaru jakości nawierzchni drogowych oraz modułu wspomagającego planowanie (harmonogramowanie) przeprowadzania pomiarów ruchu drogowego. Oba osiągnięcia zostały wdrożone (Niemcy) i są w użyciu do dnia dzisiejszego.

2.3 Udzielone patenty międzynarodowe lub krajowe

Dr Opara nie posiada w swoim dorobku przyznanych patentów, niemniej jest współautorem wniosku patentowego (Polska).

2.4 Wynalazki, wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach

Brak informacji o wynalazkach, wzorach użytkowych i przemysłowych w przedłożonej dokumentacji.

2.5 Autorstwo lub współautorstwo monografii, publikacji naukowych w czasopiśmie międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazach lub na liście, o których mowa w § 3 Rozporządzenia, dla danego obszaru wiedzy

Dr Opara jest współautorem monografii (wraz z czterema współautorami) która ukaże się w 2021 roku w wydawnictwie Springer.

2.6 Autorstwo lub współautorstwo odpowiednio dla danego obszaru: opracowań zbiorowych, katalogów zbiorów, dokumentacji prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych

Dr Opara jest autorem 4 artykułów które ukazały się w prasie branżowej (tematyka: utrzymanie dróg), z których 2 ukazały się po uzyskaniu stopnia doktora.

2.7 Sumaryczny impact factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania

Sumaryczny impact factor prac Habilitanta po doktoracie (zgłoszony do dorobku habilitacyjnego) wynosi 50.3, z tego dla prac wchodzących w skład cyklu to 31.9. W sumie, tj. łącznie z okresem przed doktoratem, dr Opara opublikował prace z łącznym IF 51.1. Są to w mojej ocenie bardzo dobre wskaźniki; szczególnie dobre wrażenie sprawia wysoki średni IF prac.

2.8 Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)

Prace dr Opara były łącznie cytowane 107 razy wg bazy WoS. Po wyłączeniu autocytowań liczba ta spada stosunkowo nieznacznie, do 90. Jest to dobry wynik, uwarunkowany stosunkowo wąskim obszarem tematycznym aktywności Habilitanta, a także tym iż najlepsze (moim zdaniem) z opublikowanych przez niego prac ukazały się bardzo niedawno, głównie w latach 2018-2020. Całkowita liczba cytowań wg Google Scholar to na dzień przygotowania recenzji 334, w zestawieniu z 250 w przedłożonej dokumentacji, co pozwala mi sądzić że także wskaźniki w WoS mogły się w międzyczasie zwiększyć.

2.9 Indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science (WoS)

Indeks Hirscha Habilitanta wg bazy Web of Science wynosi 5, co wg przyjętych standardów zwyczajowych uważam za wartość dobrą, zwłaszcza w kontekście wyżej wymienionych argumentów dot. wąskiego obszaru tematycznego i krótkiego czasu który upłynął od ukazania się najlepszych prac Habilitanta. Analogiczny indeks wg serwisu Google Scholar wynosi 10 (na czas przygotowywania wniosku 9).

2.10 Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach

Po uzyskaniu stopnia doktora, dr Opara uczestniczył lub uczestniczy w 6 projektach badawczych, finansowanych przez Komisję Europejską oraz Europejską Agencję Kosmiczną. W trzech z tych projektów Habilitant pełnił/pełni rolę kierownika.

2.11 Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych

Po uzyskaniu stopnia doktora, dr Opara wygłosił przynajmniej 14 referatów na konferencjach międzynarodowych, w tym prezentował przynajmniej 2 postery (z przedłożonego cyklu).

3 Ocena w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

3.1 Udział w komitetach organizacyjnych konferencji

Dr Opara deklaruje członkostwo w komitetach organizacyjnych czterech konferencji międzynarodowych.

3.2 Otrzymane nagrody i wyróżnienia

Dr Opara po doktoracie otrzymał Stypendium Ministra NiSW dla wybitnych młodych naukowców. Jest także laureatem nagrody zespołowej I stopnia przyznanej przez Rektora

Politechniki Warszawskiej. Był też laureatem kilku nagród przed uzyskaniem stopnia doktora.

3.3 Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

Dr Opara nie jest/był członkiem komitetów redakcyjnych.

3.4 Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

Dr Opara jest członkiem Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych.

3.5 Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki

Dr Opara prowadził zajęcia w ramach 4 przedmiotów realizowanych na wydziałach Politechniki Warszawskiej i innych uczelni, opracował i poprowadził kompletny przedmiot dla Szkoły Doktorskiej Technologii Informacyjnych i Biomedycznych Instytutów PAN, oraz poprowadził kilka szkoleń dla innych instytucji.

Habilitant wygłosił też przynajmniej 5 odczytów zaproszonych, z których część miała wymiar dydaktyczny, a także publikował w prasie branżowej.

3.6 Opieka naukowa nad studentami i lekarzami w toku specjalizacji

Habilitant był promotorem jednej pracy magisterskiej.

3.7 Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego, z podaniem tytułów rozpraw doktorskich

Brak informacji o pełnieniu takich funkcji w przedłożonej dokumentacji, niemniej Habilitant udzielał się w pracach komisji doktorskich i innych aktywnościach organizacyjnych.

3.8 Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

Dr Opara nie odbywał stażów zagranicznych po uzyskaniu stopnia doktora, niemniej odbył trzy takie staże we wcześniejszych latach. Poza tym wykazywał się znaczną aktywnością międzynarodową w działalności wdrożeniowej (wdrożenia systemów wspomagania utrzymania dróg w Niemczech). Poza tym prowadzi obecnie międzynarodową współpracę badawczą z International Institute for Applied System Analysis (Austria), Umea University (Szwecja), oraz University of KwaZulu-Natal (RPA).

3.9 Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

Dr Opara był dwukrotnie członkiem komisji w konkursie na najlepsze prezentacje wygłaszane przez młodego statystyka w ramach konferencji Statystyka Matematyczna.

3.10 Recenzowanie projektów międzynarodowych lub krajowych oraz publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych

Habilitant przygotował przynajmniej 57 recenzji prac naukowych, w tym zdecydowaną większość dla czasopism wysokopunktowanych (140 lub 200 pkt. MNiSW).

3.11 Współpraca z otoczeniem gospodarczym

Poza wyżej wymienionymi projektami o charakterze badawczo-wdrożeniowym, dr Opara jest także autorem kilku wyników technologicznych, dotyczących m.in. zarządzania obiegiem gotówki w bankach oraz statystycznego modelowania poziomu zagrożenia bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Habilitant współpracuje też intensywnie z otoczeniem gospodarczym, angażując się we współpracę z kilkoma przedsiębiorstwami.

4 Konkluzja końcowa

Dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny dr inż. Karola Opara, wypracowany po uzyskaniu stopnia doktora charakteryzuje się wysoką jakością i stanowi wartościowy wkład do informatyki, a zatem zdecydowanie spełnia w mojej ocenie wymagania sformułowane w Ustawie. **Wnoszę zatem o przyjęcie przez Radę Naukową Instytutu Badań Systemowych PAN przedłożonego osiągnięcia naukowego i dopuszczenie dr Karola Opara do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.**



(Krzysztof Krawiec)