

Autoreferat informujący o zainteresowaniach i osiągnięciach w działalności naukowo-badawczej i dydaktycznej

Część I

Działalność naukowo-badawcza

Działalność naukowo-badawczą prowadzę od chwili zatrudnienia w Instytucie Podstaw Informatyki PAN w Warszawie, w roku 1985. Wcześniej, w trakcie pracy w Instytucie Badań Jądrowych w Otwocku (jako programista), przygotowałem, pod kierunkiem prof. Antoniego Mazurkiewicza, rozprawę doktorską zatytułowaną „Regularne języki śladów”, którą obroniłem (z wyróżnieniem) w roku 1986 przed RN IPI PAN. Rozprawa dotyczyła pewnych podzbiorów monoidów śladów.

Lata mojej aktywności twórczej podzielić można na wyraźne trzy etapy. Pierwszy to lata 1985-1997 (habilitacja). Drugi to okres stagnacji 1997-2001, której pozanaukowe powody nie należą do tematyki autoreferatu. Trzeci etap związany jest z podjęciem, w roku 2001, pracy dydaktycznej na Wydziale Matematyki i Informatyki UMK w Toruniu i trwa do dziś.

Od początku do dziś teoria śladów stanowi jeden z dwóch głównych nurtów moich zainteresowań naukowych. Ważniejsze z moich prac w tej dziedzinie to [1,5,10,13,15,16]. Drugim jest teoria sieci Petriego, stanowiąca matematyczny model rzeczywistych systemów współbieżnych. Tutaj do ważniejszych moich prac należą [6,11,14,18,19,22,26,27,28]. Prace [6,11,14,26,27], poświęcone zastosowaniu teorii śladów do badania sieci Petriego, leżą na przecięciu obu tych nurtów.

Pokrótkie omówię moje ważniejsze wyniki naukowe, podzielone na dwa, wyżej wymienione nurty badań. W każdym z nich zaznaczę podział na prace przed i po habilitacji. Te drugie omówię dokładniej, ze względu na przeznaczenie niniejszego autoreferatu. Omawiane ważniejsze prace numeruję zgodnie z numeracją podaną na oddzielnie dołączonej liście wszystkich publikacji.

=== Teoria śladów ===

Teoria śladów, zaproponowana przez Mazurkiewicza w roku 1977 jako algebraiczny model współbieżności, jest matematyczną teorią, uogólniającą klasyczną teorię języków formalnych dla potrzeb teorii współbieżności. Już w pierwszych latach została ona entuzjastycznie przyjęta przez teoretyków i praktyków współbieżności i jest bardzo popularna do dziś. Oprócz zastosowań praktycznych do opisu i analizy sytemów współbieżnych jest ona pasjonującą teorią matematyczną, a wiele czysto matematycznych zagadnień dotyczących monoidów śladów do dziś pozostaje otwartych.

Przed habilitacją badałem przede wszystkim rozpoznawalne języki śladów (prace [1,5,10,13]) oraz półprzemienność (prace [15,16]). Po habilitacji zająłem się (wraz z K. Stawikowską) głównie bezgwiazdkowymi językami śladów.

= Teoria śladów przed habilitacją =

1 Edward Ochmański: *Regular behaviour of concurrent systems*. Bulletin of EATCS 27, pp. 56-67. 1985

Jest to skrócone omówienie mojej rozprawy doktorskiej. W pracy tej wszechstronnie scharakteryzowałem rozpoznawalne podzbiory monoidów śladów. Zdefiniowałem śladowe uogólnienie klasycznej operacji iteracji (zwanej potocznie operacją „gwiazdki”) i z jej pomocą scharakteryzowałem klasę rozpoznawalnych języków śladów, czym obaliłem dość powszechny wtedy „folklorystyczny” pogląd, że wyrażenia regularne nie nadają się do opisu rozpoznawalnych języków śladów. Twierdzenie to jest często nazywane moim nazwiskiem. Ważnym (i do dziś wykorzystywanym) wynikiem tej pracy jest też charakteryzacja rozpoznawalnych języków śladów za pomocą ich leksykograficznych reprezentacji.

5 Edward Ochmański: *On Morphisms of Trace Monoids*. STACS 1988, LNCS 294, pp. 346-355. Springer 1988

Najważniejszym wynikiem tej pracy było scharakteryzowanie morfizmów monoidów śladów, które zachowują rozpoznawalność języków. Pokazałem też kilka twierdzeń o morfizmach kodujących (czyli różnowartościowych) i sformułowałem kilka problemów otwartych dotyczących tych morfizmów.

10 Edward Ochmański: *Notes on a star mystery*. Bulletin of the EATCS 40, pp. 252-256. 1990

W tej pracy sformułowałem problem rozpoznawalności gwiazdki (Czy problem „Czy X^* jest rozpoznawalny?” jest rozstrzygalny dla skończonych X -ów?), który do dziś pozostaje nierozwiązany. Tutaj pokazałem, że jest on rozstrzygalny w monoidach przemiennych. Znalazłem też silny związek tego problemu z problemem skończonej potęgi (*finite power property*), wykorzystywany później w dalszych badaniach.

13 Paul Gastin, Edward Ochmański, Antoine Petit, Brigitte Rozoy: *Decidability of the Star Problem in $A^*\{b\}^*$* . Information Processing Letters 44(2), pp. 65-71. 1992

Wynik bardzo zakakujący w obliczu znanego wcześniej faktu (Gibbons/Rytter), że problem rozpoznawalności jest w tym monoidzie nierozstrzygalny. Wykorzystaliśmy tu związek problemu gwiazdki z problemem skończonej potęgi, zasygnalizowany w pracy [10].

15 Edward Ochmański, Pierre-André Wacrenier: *On Regular Compatibility of Semi-Commutations*. ICALP 1993, LNCS 700, pp. 445-456. Springer 1993

Półprzemienność to niesymetryczne uogólnienie częściowej (czyli prowadzącej do śladów) przemienności. Scharakteryzowaliśmy półprzemienności, zachowujące regularność języków. Tutaj też podałem ciekawy (choć prosty) kontrprzykład, obalający pewne przypuszczenie Hashiguchiego.

16 Volker Diekert, Edward Ochmański, Klaus Reinhardt: *On Confluent Semi-commutations – Decidability and Complexity Results*. Information and Computation 110(1), pp. 164-182. 1994

Pokazaliśmy rozstrzygalność problemu zbieżności (*confluency*) systemów przepisywania (*rewriting systems*) półprzemiennego ($ab:=ba$). Pokazaliśmy, że problem ten jest NP-zupełny.

17 Edward Ochmański: *Recognizable Trace Languages*. Chapter 6 in the monograph “Book of Traces” (eds. Diekert, Rozenberg), pp. 167-204. World Scientific 1995

Rozdział w podstawowej monografii teorii śladów, podsumowujący ówczesny stan wiedzy o rozpoznawalnych językach śladów. Stanowił moją rozprawę habilitacyjną.

= Teoria śladów po habilitacji =

20 Barbara Klunder, Edward Ochmański, Krystyna Stawikowska: *On Star-Connected Flat Languages*. Fundamenta Informaticae 67(1-3), pp. 93-105. IOS Press 2005

Dotychczas, wyrażenia iteracyjnie spójne były badane jedynie jako wyrażenia definiujące języki śladów. Tutaj badamy języki słów, opisane takimi wyrażeniami. Najważniejsze wyniki: każdy język iteracyjnie spójny ma skończony stopień rozproszenia; klasa języków iteracyjnie spójnych nie jest zamknięta względem dopełnienia. Problem otwarty (do dziś): Czy klasa języków iteracyjnie spójnych jest zamknięta względem przecięcia?

23 Edward Ochmański and Krystyna Stawikowska: *Star Free-Star and Trace Languages*. Fundamenta Informaticae 72(1-3), pp. 323-331. IOS Press 2006

Badamy języki bezgwiazdkowe w monoidach wolnych i monoidach śladów. Definiujemy operację bezgwiazdkowej gwiazdki, która okazała się niezwykle silnym narzędziem w badaniu języków bezgwiazdkowych. Pokazujemy, że bezgwiazdkowa gwiazdka (plus suma mnogościowa i złożenie) wystarcza do zbudowania wszystkich bezgwiazdkowych języków słów. Ten wynik pozwolił zastąpić skomplikowany kombinatoryczny dowód twierdzenia Guaiana/Restivo/Salemi (bezwiazdkowe = aperiodyczne w monoidach śladów) prostym dowodem algebraicznym.

25 Edward Ochmański and Krystyna Stawikowska: *A Star Operation for Star-Free Trace Language*. Proc. of 11th Int. Conf. on Developments in Language Theory (DLT’07, Turku, Finland), LNCS 4588, pp. 337-345. Springer 2007

Przedstawiamy nową, efektywną charakteryzację bezgwiazdkowych języków śladów, wykorzystującą bezgwiazdkową gwiazdkę i logiczną charakteryzację języków śladów (wynik Ebinger/Muscholl). Bezwiazdkowa gwiazdka pozwoliła znacznie uprościć istniejące dowody i uzyskać nowe wyniki.

=== Sieci Petriego ===

Sieci Petriego, zaproponowane przez C. A. Petriego w roku 1962 jako ogólny model teoretyczny systemów współbieżnych, zyskały na przełomie lat 60/70 dużą popularność, która trwa do dziś. Ich precyzyjna definicja matematyczna pozwala na ścisłe i formalne badania ich własności (jak pokrywalność, osiągalność, żywość i wiele innych), a przejrzysta reprezentacja graficzna umożliwia ich zastosowanie w modelowaniu systemów rzeczywistych.

Przed habilitacją moje badania dotyczyły głównie „czystej” teorii śladów, stąd niewiele prac o sieciach; tutaj krótko omawiam jedną z nich ([6]). W ostatnich latach badania sieci, głównie dotyczące tzw. „etyki” współbieżności (uczciwość, unikanie spisków, konflikty i ich unikanie, trwałość itp.), prowadzone samodzielnie ([18,19]) oraz wspólnie z doktorantami ([26,27,28]), wysunęły się na plan pierwszy. W niektórych pracach ([26,27]) stosujemy metody teorii śladów, potwierdzając tym samym użyteczność praktyczną tej teorii.

= Sieci Petriego przed habilitacją =

6 Edward Ochmański: *Occurrence Traces – Processes of Elementary Net Systems. Advances in Petri Nets 1988, LNCS 340, pp. 331-342. Springer 1988*

Oryginalnie ślady opisywały zachowania sieci elementarnych jedynie z punktu widzenia tranzycji. Zdefiniowałem pojęcie procesu, modelowanego przez ślad, które uwzględnia zarówno tranzycje, jak i miejsca. Taka definicja procesu jest poprawna dla dowolnej sieci elementarnej, w odróżnieniu od tzw. „sieci wystąpień”, które istnieją jedynie w sieciach bezkontaktowych.

= Sieci Petriego po habilitacji =

18 Edward Ochmański: *Best Fairness Hierarchy in Elementary Nets. Fundamenta Informaticae 60(1-4), pp. 237-250. IOS Press 2004*

Badam pojęcia spisku i hierarchii uczciwości, zaproponowane przez Besta, w kontekście elementarnych sieci Petriego. Wykorzystując pojęcie uczciwości markingowej (Merceron) pokazuję, że w sieciach elementarnych obliczenia uczciwe zarówno tranzycyjnie jak i markingowo są bezspiskowe. Wynik ten pozwolił opracować metodę lokalnej kontroli, zapewniającej bezspiskowe działanie dowolnej sieci elementarnej. Podaję też efektywne kryterium rozstrzygania, czy sieć elementarna jest bezspiskowa oraz charakteryzuję żywe systemy współbieżne wykorzystując pojęcie bezspiskowości.

19 Edward Ochmański: *Covering Fairness against Conspiracies. Proc. of 25th Int. Conf. on Applications and Theory of Petri Nets (ATPN'04, Bologna, Italy), LNCS 3099, pp. 312-330. Springer 2004*

Podobnie jak w pracy poprzedniej, badam uczciwość i spiski, ale w ogólniejszej klasie sieci Petriego, tzw. p/t-sieciach. Pokazuję, że w odróżnieniu od sieci elementarnych, problem bezspiskowości p/t-sieci jest nierozstrzygalny. Definiuję pojęcie uczciwości pokrywającej (uogólnienie uczciwości markingowej) i pokazuję, że jeśli przebieg jest pokrywająco uczciwy, to jest bezspiskowy. Ten wynik pozwolił opracować metodę lokalnej kontroli pracy p/t-sieci, zapewniającą ich bezspiskowe działanie. Bardzo zaskakujący (wobec nierozstrzygalności bezspiskowości w p/t-sieciach) wynik pozytywny, pociągający ciekawe konsekwencje praktyczne.

22 Edward Ochmański and Joanna Pieckowska: *Trace Nets and Conflict-Free Computations*. Fundamenta Informaticae 72(1-3), pp. 311-321. IOS Press 2006

Badamy konflikty i możliwości ich unikania w sieciach, będących uogólnieniem sieci elementarnych (Badouel/Darondeau). Pokazujemy, że w tych sieciach konflikt jest nieuchronny, jeśli startujemy ze stanu konfliktowego (nie jest to prawdą np. w p/t-sieciach). Fakt ten pozwala zbudować podgraf grafu osiągalności, sterujący bezkonfliktowym działaniem sieci.

26 Edward Ochmański and Joanna Pieckowska: *On Ethics of Mazurkiewicz Traces*. Fundamenta Informaticae 80(1-3), pp. 259-272. IOS Press 2007

W pracach [18,19] badałem uczciwość i spiski w podejściu sekwencyjnym. Tutaj badamy te pojęcia z punktu widzenia procesów współbieżnych, modelowanych przez ślady. W tym przypadku struktura hierarchiczna stanowi porządek częściowy (w odróżnieniu od liniowego przy podejściu sekwencyjnym). Badamy hierarchię uczciwości najpierw ogólnie (w dowolnych systemach współbieżnych), potem w podstawowych klasach sieci Petriego – sieciach elementarnych i p/t-sieciach. Pokazujemy, że nieprzeplotowo zdefiniowane klasy uczciwości pokrywają się dokładnie z pewnymi klasami zdefiniowanymi przeplotowo.

27 Joanna Jólkowska and Edward Ochmański: *On Trace-Expressible Behaviour of Petri Nets*. Fundamenta Informaticae 85(1-4), pp. 281-295. IOS Press 2008

Oryginalnie ślady stosowane były do opisu zachowania sieci elementarnych. Definiujemy relację niezależności dla dowolnych systemów tranzycyjnych oraz pojęcie systemu tranzycyjnego o zachowaniu śladowym (w takich systemach ślady oddają w pełni wszystkie aspekty ich działania). Następnie badamy problemy decyzyjne, związane z tymi pojęciami, w podstawowych klasach sieci Petriego i pewnych ich rozszerzeniach. Pokazujemy, że problem śladowości zachowania jest rozstrzygalny w sieciach elementarnych i w p/t-sieciach (tu wykorzystujemy rozstrzygalność problemu osiągalności), jest natomiast nierozstrzygalny w ich rozszerzeniach – sieciach inhibitorowych, czyszczących i przerzucających.

28 Kamila Barylska and Edward Ochmański: *Levels of Persistency in Place/Transition Nets*. Fundamenta Informaticae 93(1-3), pp. 33-43. IOS Press 2009

Pojęcie trwałości, oparte na zasadzie „żadna akcja nie może uniemożliwić innej akcji” jest jednym z klasycznych pojęć teorii współbieżności. W tej pracy proponujemy dwa uogólnienia tego pojęcia: pierwsze, oparte na zasadzie „żadna akcja nie może zabić innej akcji” i drugie, oparte na zasadzie „żadna akcja nie może zabić innej akcji umożliwionej”. Wszystkie trzy pojęcia badamy w kontekście p/t-sieci i pokazujemy, że tworzą one ścisłą hierarchię rosnącą. Następnie dowodzimy, korzystając z rozstrzygalności problemu osiągalności, że wszystkie trzy typy trwałości są rozstrzygalne w klasie p/t-sieci.

Inne osiągnięcia naukowo-badawcze

Współprzewodniczący (z Jerzym Tyszkiewiczem, UW) konferencji MFCS 2008 oraz współredaktor materiałów konferencyjnych:

- Edward Ochmański and Jerzy Tyszkiewicz (eds.): *Proceedings of the 33rd International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science 2008* (MFCS 2008, Toruń, Poland), LNCS 5162. Springer 2008

W dniach 9-11 października 2008 odbył się w Cremonie workshop Developments and New Tracks in Trace Theory (DNTTT 2008), na którym wygłosiłem wykład zaproszony:

- Edward Ochmański (Nicolaus Copernicus University, Toruń, Poland)
[Lights and Darks of the Star-Free Star](#) (joint work with Krystyna Stawikowska)

Moi doktoranci wygłosili tam referaty przyjęte:

- **Joanna Jólkowska (Nicolaus Copernicus University, Toruń, Poland)**
[Traceability and Concurrent Fairness in Petri Nets](#) (joint work with Edward Ochmański)
- **Lukasz Mikulski (Nicolaus Copernicus University, Toruń, Poland)**
[Word Languages from Trace Viewpoint](#) (authors Barbara Klunder and Krystyna Stawikowska)

Slajdy z DNTTT 2008 są dostępne na stronie <http://tracetheory.elet.polimi.it/>

Uwagi dodatkowe – moje pomysły i wyniki źródłem inspiracji

W latach 90-ych pojawiło się szereg prac zainspirowanych moimi wynikami z pracy [1]. Gastin/Petit/Zielonka rozszerzyli je na ślady nieskończone. Droste/Kuske badali ich uogólnienia dla tzw. monoidów ze współbieżnością.

Praca [5] była impulsem do badań kodów w monoidach śladów. Uzyskano szereg wyników w tej dziedzinie (Diekert, Muscholl, Guaiana, Matiyasevich). Najtrudniejszy z problemów sformułowanych w [5] rozwiązał ostatecznie Kunc w roku 2004.

Prace [10, 13] zainspirowały szereg prac o problemie rozpoznawalności gwiazdki i problemie skończonej potęgi w monoidach śladów (Kirsten, Richomme).

Część II

Działalność dydaktyczna

W roku 2001 podjąłem pracę na Wydziale Matematyki i Informatyki UMK w Toruniu. Była to moja pierwsza, pomijając krótki epizod z Lille 1991, praca dydaktyczna. Kontakt z pełną zapałem, uzdolnioną młodzieżą, dał mi nowy, silny impuls twórczy. Wykładałem i prowadziłem badania w zakresie teorii języków formalnych i teorii współbieżności.

- 2 doktoraty:
 - Krystyna Stawikowska – nadany 22.11.2007 przez RW MIMUW (wyróżniony)
 - Języki słów indukujące rozpoznawalne i bezgwiazdkowe języki śladów;
 - Joanna Jółkowska – nadany 18.12.2008 przez RW MIMUW
 - Etyka procesów sieci Petriego w świetle teorii śladów (2008 na UW);
- 2 przewody otwarte – Łukasz Mikulski, czerwiec 2008, Wydział MIMUW
 - Kamila Barylska, kwiecień 2009, IPI PAN
- Wykłady, ćwiczenia i seminaria (magisterskie, doktoranckie i zakładowe) na Wydziale Matematyki i Informatyki UMK w latach 2001-2009. Tematy wykładów: lingwistyka matematyczna (automaty i języki formalne), lingwistyka współbieżności (teoria śladów), sieci Petriego, teoria kodów, modelowanie systemów komputerowych, teoria obliczalności, teoria współbieżności;
- 22 magistrów wypromowanych; aktualnie 9 magistrantów
- Mgr Łukasz Mikulski uznany najlepszym absolwentem Wydziału w 2007;
- Stypendia naukowe przyznane (w drodze konkursu, za osiągnięcia naukowe) dawniej lub aktualnie wszystkim czterem doktorantom;
- Nagroda Zespołowa Rektora UMK za wyniki naukowe w latach 2004-2005
 - zespół E. Ochmański (kier), B. Klunder, J. Pieckowska, K. Stawikowska;
- Nagroda Rektora UMK dla Krystyny Stawikowskiej za wyróżniony doktorat w 2007 r.
- Nagroda Zespołowa Rektora UMK za działalność organizacyjną w roku 2008
 - zespół E. Ochmański (kier), K. Barylska, B. Klunder, Ł. Mikulski, M. Piątkowski;

Granty MNiSW

1. Projekt badawczy promotorski MNiSW Nr **N206 023 31/3744** – **Języki regularne indukujące rozpoznawalne języki śladów** – kierownik: **Edward Ochmański** – realizowany od 13.10.2006 do 12.10.2007, stopień doktora nadany **Krystynie Stawikowskiej** 22.11.2007 przez RW MIMUW, rozprawa wyróżniona;
2. Projekt badawczy promotorski MNiSW Nr **N206 2149 33** – **Etyka procesów sieci Petriego w świetle teorii śladów** – kierownik: **Edward Ochmański** – realizowany od 8.11.2007 do 7.11.2008, stopień doktora nadany **Joannie Jółkowskiej** 18.12.2008 przez RW MIMUW;
3. Projekt badawczy własny MNiSW Nr **N206 258035** – **Matematyczne metody modelowania i analizy systemów współbieżnych** – kierownik: **Edward Ochmański** – 3-letni projekt zespołowy, rozpoczęty 5.11.2008 (do 4.11.2011), umiejscowiony w UMK w Toruniu, realizowany we współpracy z Instytutem Podstaw Informatyki PAN.