

# Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

---

## Dane osobowe

dr inż. Przemysław Korytkowski

## Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

1. Politechnika Szczecińska, Wydział Informatyki  
doktor nauk technicznych w dyscyplinie informatyka, specjalność: modelowanie i symulacja, 2005.  
Temat rozprawy doktorskiej: *Modelowanie i optymalizacja zdolności produkcyjnej w systemach potokowej produkcji niematerialnej*
2. Politechnika Szczecińska, Wydział Informatyki  
magister inżynier informatyki, specjalność: techniki programowania, 2002.  
Temat pracy magisterskiej: *Model optymalizacji konfiguracji systemu kolejkowego w organizacji wirtualnej*

## Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu

- 2007 – obecnie Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Informatyki, Katedra Inżynierii Systemów Informacyjnych, stanowisko: adiunkt, od 2013 kierownik Zakładu Inżynierii Produkcji.
- 2006 – 2012 Stargardzka Szkoła Wyższa Stargardinum  
Wydział Nauk Zespolonych, Katedra Informatyki,  
stanowisko: adiunkt.
- 2005 – 2007 Politechnika Szczecińska,  
Wydział Informatyki, Instytut Systemów Informatycznych,  
stanowisko: asystent.

## Profil naukowy

- Web of Science: H-3621-2012
- SCOPUS Author ID: 23389415000
- ORCID: 0000-0003-3504-7282
- ResearcherID: H-3621-2012
- Google scholar: Przemysław Korytkowski

## Osiągnięcie naukowe

### Modele i algorytmy estymacji wydajności stochastycznych systemów zdarzeniowych

Prace wchodzące w skład cyklu sześciu publikacji powiązanych tematycznie:

- A1 **Korytkowski P.**, T. Wiśniewski, O. Zaikin (2010) Multi-criteria approach to comparison of inspection allocation for a multi- product manufacturing systems in make-to-order sector, *Control and Cybernetics*, **vol. 39 (1)**, 97-116.  
*IF = 0,3, 20 pkt. MNiSW, udział 75%*  
Liczba cytowań: 2 WoS, 3 Scopus, 3 Google Scholar  
Wkład autorski: autor koncepcji i założeń, zbudowanie modelu matematycznego, przygotowanie manuskryptu
- A2 **Korytkowski, P.** (2011) A genetic algorithm with tournament selection for optimizing inspection allocation in multiproduct multistage production systems, *International Journal of Simulation and Process Modelling*, **Vol. 6 (3)**, 238-244.  
*0 pkt. MNiSW,*  
Liczba cytowań: 0 WoS, 0 Scopus, 2 Google Scholar
- A3 **Korytkowski, P.**, T. Wiśniewski, S. Rymaszewski (2013) An evolutionary simulation-based optimization approach for dispatching scheduling, *Simulation Modelling Practice and Theory*, **Vol. 35**, 69-85.  
*IF = 1,05, 25 pkt. MNiSW, udział 70%*  
Liczba cytowań: 8 WoS, 11 Scopus, 15 Google Scholar  
Wkład autorski: autor koncepcji i założeń, opracowanie algorytmu optymalizacyjnego, zbudowanie modelu symulacyjnego, przygotowanie manuskryptu.
- A4 **Korytkowski P.**, S. Rymaszewski , T. Wiśniewski (2013) Ant Colony Optimization for job shop scheduling using multi-attribute dispatching rules, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **Vol. 67**, 231-241.  
*IF = 1,78, 30 pkt. MNiSW, udział 70%*  
Liczba cytowań: 4 WoS, 6 Scopus, 14 Google Scholar  
Wkład autorski: autor koncepcji i założeń, opracowanie algorytmu optymalizacyjnego, zbudowanie modelu symulacyjnego, przygotowanie manuskryptu
- A5 **Korytkowski, P.**, R. Karkoszka (2016) Simulation based efficiency analysis of an in-plant milk-run operator under disturbances, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **Vol. 82 (5)**, 827-837.  
*IF = 1,568, 25 pkt. MNiSW, udział 75%*  
Liczba cytowań: 0 WoS, 2 Scopus, 3 Google Scholar

Wkład autorski: autor koncepcji i założeń, przegląd literatury, analiza wyników eksperymentów, przygotowanie manuskryptu.

- A6 Małachowski, B., **P. Korytkowski** (2016) Competences-based performance model of multi-skilled workers, *Computers & Industrial Engineering*, **Vol. 91**, 165-177.

*IF = 2,086, 35 pkt. MNiSW, udział 50%*

Liczba cytowań: 0 WoS, 1 Scopus, 1 Google Scholar

Wkład autorski: współautor koncepcji i założeń, przegląd literatury, model obliczania wydajności, przygotowanie manuskryptu.

Przedstawiony cykl publikacji powiązanych tematycznie obejmuje pięć artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych z listy Journal Citation Reports oraz artykuł wydany w czasopiśmie nieuwzględnionym w listach MNiSW. Czasopismo *International Journal of Simulation and Process Modeling* wydawane jest przez wydawnictwo naukowe InderScience Publishers i jest indeksowane przez bazę Scopus.

Tabela 1. Wskaźniki bibliometryczne publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

Parametr	Wartość
Sumaryczny IF (wg daty publikacji)	6,784
Suma punktów MNiSW	135
Suma punktów MNiSW ważona wg wkładu autorskiego	88,8

## Działalność naukowa

Początek mojej pracy naukowej związany jest problematyką modeli produkcji niematerialnej obejmującej wytwarzanie produktów w postaci cyfrowej. W ramach rozprawy doktorskiej opracowałem algorytm optymalizacji zdolności produkcyjnej wyznaczający liczbę maszyn i rozmiar buforów między operacyjnymi. Wyniki badań zostały przedstawione w rozprawie doktorskiej pt. „*Modelowanie i optymalizacja zdolności produkcyjnej w systemach potokowej produkcji niematerialnej*”.

Po doktoracie podjąłem badania w zakresie stochastycznych, dyskretnych, zdarzeniowych systemów dynamicznych, w skrócie SDEDS od angielskiej nazwy Stochastic Discrete-Event Dynamic Systems. SDEDS są to dynamiczne systemy asynchroniczne w których zmiany stanu są inicjowane przez zdarzenia, przestrzeń stanów jest dyskretna, a zmienne mają charakter losowy. SDEDS mogą operować w dyskretniej lub ciągłej przestrzeni czasu. SDEDS modeluje się z wykorzystaniem: łańcuchów Markowa, teorii systemów i sieci kolejkowych oraz dyskretniej, zdarzeniowej symulacji komputerowej (Cassandras, Lafortune 2008; Zimmermann 2008). Zadaniem związanym z SDEDS są: modelowanie, analiza, synteza, kontrola, estymacja wydajności i optymalizacja. SDEDS są zazwyczaj wytworami człowieka i charakteryzują się złożoną,

hierarchiczną strukturą. Typowymi przykładami SDEDS są: sieci telekomunikacyjne i komputerowe, systemy produkcyjne, systemy logistyczne i transportowe. Wyniki badań nad SDEDS znajdują zastosowanie w systemach wspomagania decyzji oraz zintegrowanych systemach zarządzania.

### **Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz omówieniem ich wykorzystania**

W latach 2006-2011 prowadziłem badania wieloklasowych SDEDS z nawrotami oraz stochastycznymi strumieniami zadań. Stochastyczność rozumiana jest tutaj jako losowe czasy wejścia zadań do systemu oraz losowy rozmiar zadań skutkujący losowym nakładem pracy wymaganym do ich obsłużenia. Oba wymiary stochastyczności modelowane są z wykorzystaniem rozkładów prawdopodobieństwa. Wieloklasowy system jest to system, w którym przetwarzane są dwa lub więcej typów zadań (np. produktów). Każdy z typów zadań charakteryzuje się inną marszrutą technologiczną. Interesującą naukowo właściwością tej klasy systemów są dodatkowe wewnętrzne przepływy zadań, które pojawiają się na przykład w wyniku realizacji operacji kontrolnych. Te dodatkowe strumienie zadań mogą wytrącić system ze stanu stacjonarnego, w wyniku zwiększonego obciążenia serwerów (stanowisk roboczych) skutkującym nieliniowym wzrostem liczby zadań w buforach.

Idea podjęcia badań pojawiła się w wyniku realizacji projektu dla przedsiębiorstwa z branży montażu precyzyjnego urządzeń elektromechanicznych. W projekcie należało zagwarantować wymaganą jakość wyrobów gotowych przy minimalizacji kosztów kontroli, minimalizacji cyklu produkcyjnego oraz maksymalizacji obciążenia stanowisk roboczych. Jakość końcowa wyrobu uzyskiwana jest w wyniku przeprowadzenia kontroli w punktach kontrolnych, czyli specjalistycznych stanowiskach na których wykonuje się jedną lub kilka operacji kontrolnych. Właściwe rozmieszczenie punktów kontrolnych musi zapewnić spełnienie ograniczenia na minimalny akceptowany poziom jakości AOQL (ang. Average Outgoing Quality Level).

W pierwszym etapie badań opracowałem model matematyczny wieloklasowego (wieloproduktowego) sieciowego (gniazdowego) systemu produkcyjnego ze stanowiskami kontrolnymi wykorzystując aparat otwartej sieci Jacksona (Gross & Harris 1998) oraz dyskretnej, zdarzeniowej symulacji komputerowej (Banks *et al.* 2009). W następnym etapie opracowałem autorskie podejście wykorzystujące wieloklasową, uogólnioną, otwartą sieć Jacksona pozwalającą na syntezę serwerów (węzłów) w postaci systemów kolejkowych klasy GI/G/m.

Problem decyzyjny rozmieszczenia punktów kontrolnych jest problemem całkowitoliczbowym. Charakteryzuje się on dużą liczbą wariantów decyzyjnych  $\prod_{i=1}^t (h_i + 1)!$ , gdzie  $h_i$  jest liczbą operacji, a  $i = 1, 2, 3, \dots, t$  jest indeksem klasy zadania. Jest to problem NP-trudny przy założeniu, że liczba punktów kontrolnych jest dowolna (od 1 do liczby węzłów). Problem ten należy do klasy wielokryterialnego podejmowania

decyzji ze względu na wielość kryteriów: poziom obciążenia stanowisk roboczych, czas trwania cyklu produkcyjnego oraz koszty operacji kontrolnych, na które składają się: koszt testowania, koszt napraw, koszt złomowania oraz koszt błędnych decyzji kontrolnych. Kryteria mają strukturę hierarchiczną, sam problem należy do kategorii wyboru najlepszego wariantu spośród skończonego zbioru wariantów dopuszczalnych. Z wykorzystaniem metody AHP (Saaty 2005) wykonałem identyfikację modelu preferencji decydenta oraz ranking wariantów decyzyjnych.

Zadanie wyznaczenia optymalnej struktury systemu (rozmszczenia punktów kontrolnych) zostało wykonane z użyciem opracowanego algorytmu ewolucyjnego. Ze względu na dużą liczbę wariantów decyzyjnych niecelowe jest enumeratywne wypisanie pełnego zbioru wariantów, obliczenie dla każdego z nich wartości funkcji kryterialnych oraz wyznaczenie rankingu. Wyniki badań SDEDS z nawrotami oraz stochastycznymi strumieniami zadań zostały przedstawione w ośmiu publikacjach naukowych [12, 14, 16, 17, 24, 37, 40, 41]<sup>1</sup>.

W latach 2011-2013 pracowałem nad problemem dynamicznego szeregowania zadań w wieloklasowym SDEDS z synchronizacją zadań. Szeregowanie dynamiczne jest to algorytm planowania krótkoterminowego, w którym następane zadanie do obsłużenia wybiera się spośród oczekujących na podstawie zadanej reguły priorytetowej w chwili zwolnienia zasobu (serwer, stanowisko, maszynę). Szeregowanie dynamiczne przypisuje zadania do procesorów podczas wykonania programów (ang. at run-time). Szeregowanie dynamiczne nazywane jest również równoważeniem obciążeń procesorów (ang. load balancing). Celem szeregowania dynamicznego jest autonomiczne dostosowanie do zmieniającej się w czasie sytuacji decyzyjnej. Szeregowanie dynamiczne wykorzystywane jest ze względu na szybkość wyznaczenia następnego zadania do obsługi (Dolgui & Proth 2010). W literaturze znane jest ponad sto jedno i wieloatrybutowych reguł priorytetowych, jak np. FIFO, EDD, SPT, LPT, MOR, LOR, S/RPT, PT + WINQ + SL. Przeprowadzone przeze mnie badania wykazały, że wykorzystywane w praktyce oraz przedstawiane w literaturze algorytmy szeregowania dynamicznego nie dawały zadowalających rezultatów, to jest istnieje przypisanie reguł do serwerów, które pozwala na polepszenie parametrów systemu, takich jak: łączny czas przetwarzania, liczba opóźnionych zadań.

Ze względu na złożoność analizowanego systemu aparat łańcuchów Markowa oraz teorii systemów kolejkowych nie są wystarczające do odzwierciedlenia zdarzeń zachodzących w tej klasy systemach, w szczególności problemem jest modelowanie: operacji podziału zadań, synchronizacji podzielonych zadań, nawroty oraz przezbrojenia. Jako metodę modelowania wybrałem dyskretną, zdarzeniową symulację komputerową.

---

<sup>1</sup> Numeracja zgodna z Wykazem opublikowanych prac naukowych po uzyskaniu stopnia doktora (załącznik 3).

Problem doboru reguł priorytetowych jest zadaniem optymalizacji całkowitoliczbowej. Liczba wariantów decyzyjnych jest równa  $k^m$ , gdzie  $k$  jest mocą zbioru reguł priorytetowych, a  $m$  jest mocą zbioru węzłów (stanowisk roboczych). Jest to problem NP-trudny ze względu na liczbę węzłów. Jest to przesłanka do optymalizacji z wykorzystaniem algorytmów heurystycznych.

Do rozwiązania problemu wykorzystane zostało pośrednie kodowanie, tj. sekwencja wieloatributowych reguł priorytetowych została zapisana w chromosomie dla algorytmu genetycznego lub ścieżce mrówki dla algorytmu mrówkowego, a nie sam harmonogram, jak ma to miejsce w podejściu bezpośrednim. Jest to metoda pozwalająca na redukcję przestrzeni poszukiwań. Zamiast operować zadaniami przechodzimy na poziom reguł priorytetowych. Przy kodowaniu bezpośrednim algorytm musiałby pracować praktycznie w czasie rzeczywistym. Przy kodowaniu pośrednim algorytm optymalizacyjny musi być uruchamiany tylko przy zmianie intensywności strumieni zadań lub zmianie marszrut technologicznych.

W ramach badań opracowałem algorytm sterowania SDEDS przez algorytmy ewolucyjne. Algorytm optymalizacyjny podaje nastawy do modułu symulatora, w którym wykonywane są obliczenia przy założonych: czasach przedbiegu, czasach przebiegu symulacyjnego oraz liczbie niezależnych losowo powtórzeń. Po analizie statystycznej wyniki z modułu symulatora zwracane są do modułu algorytmu, który generuje kolejne nastawy, aż do wystąpienia warunku stop. Wyniki prac w obszarze szeregowania dynamicznego SDEDS zostały opublikowane w dziewięciu publikacjach [7, 8, 19, 20, 21, 33, 34, 35, 36].

Modele i algorytmy opracowane dla problemu dynamicznego szeregowania zadań w wieloklasowym SDEDS zostały wdrożone w drukarni Print Group na potrzeby produkcji niskonakładowych książek na żądanie w ramach projektu współfinansowanego przez PARP.

W latach 2012-2013 byłem kierownikiem projektu badawczego zleconego przez Cargotec w Stargardzie, którego celem była optymalizacja procesów logistycznych z wykorzystaniem SDEDS na terenie jednej z fabryk. W tym samym czasie odbyłem półtoramiesięczny staż naukowy finansowany przez Rząd Francji w École des Mines de Saint-Étienne (Francja) w grupie DEMO – Décision en Entreprise: Modélisation, Optimisation. W trakcie stażu oraz w związku z realizacją projektu przemysłowego pojawiła się idea przebadania złożonego SDEDS składającego się z asynchronicznie powiązanych ze sobą systemów produkcyjnych i logistycznych. Był to ciekawy naukowo problem ze względu na wymagania, które niesie ze sobą wdrożone w firmie zarządzanie odchudzone (ang. lean management) (Ohno 1988; Liker & Meier 2006). Zarządzanie odchudzone zakłada: pracę według zasady dostawy na czas (ang. just-in-time), minimalne stany buforów międzyoperacyjnych przy ciągłej dostępności półproduktów. W związku z tym krytyczne jest zapewnienie nieprzerwanego działania

systemu produkcyjnego i logistyki wewnętrznej przy braku możliwości dostaw z wyprzedzeniem. Wyniki pracy zostały opublikowane w czterech artykułach naukowych [2, 18, 26, 32].

Od 2014 roku pracuję nad problemem uwzględnienia czynnika ludzkiego w estymacji wydajności SDEDS. Do tej pory badałem tylko układy techniczne zakładając, że czynnik ludzki nie ma wpływu na ich pracę, niezawodność i wydajność. Obszarem moich badań zostały modele i algorytmy estymacji wydajności pracy operatorów wykonujących powtarzalne prace z uwzględnieniem kompetencji niezbędnych do ich wykonywania. Dotychczasowe modele i algorytmy (modele krzywych nauczania, patrz Anzanello, Fogliatto 2011) opisujące zmianę wydajności pracowników w czasie (lub wraz z liczbą powtórzeń) ignorowały fakt, że część operacji technologicznych jest do siebie podobna (wymaga posiadania podobnych kompetencji). Wydajność osoby wyszkolonej do pracy na jednym stanowisku, po przeniesieniu na inne, które wymaga podobnych kompetencji, będzie o wiele wyższa niż osoby, która nie miała wcześniej doświadczenia w wykonywaniu tego typu operacji. W związku z tym zaproponowałem podejście bazujące na hierarchicznym modelu kompetencji oraz algorytm estymacji wydajności pracownika. Wyniki prac w tym obszarze zostały opublikowane w [3].

Rozwiązanie wykorzystujące autorskie podejście z hierarchicznym modelem kompetencji spotkało się z zainteresowaniem ze strony przemysłu. Aktualnie trwają prace nad prototypem oprogramowania do monitorowania i prognozowania wydajności pracowników wykorzystujące opracowane algorytmy. Temat estymacji wydajności pracowników z wykorzystaniem kompetencji ma duży potencjał naukowy i komercjalizacyjny związany m.in. brakiem na rynku narzędzi do planowania pracy pracowników produkcyjnych, które wykorzystywałyby dane o posiadanych przez pracowników kompetencjach.

### **Wkład w rozwój dyscypliny informatyka**

Artykuły **A1** i **A2** są osadzone w nurcie badań nad wieloklasowymi SDEDS z nawrotami oraz stochastycznymi strumieniami zadań. W artykule **A1** został przedstawiony SDEDS w którym stanowiska robocze zostały zamodelowane jako systemy kolejkowe klasy  $M/M/n/\infty/FIFO$ , a cały system jako wieloklasowa otwarta sieć Jacksona. W wyniku realizacji operacji kontrolnych powstają nawroty, tj. strumień zadań, które cofają się o określoną liczbę węzłów. Model uwzględnia niepewny wynik operacji kontrolnej. Rozwiązaniami dopuszczalnymi są te, które spełniają ograniczenie w postaci minimalnego akceptowanego poziomu jakości. Problem decyzyjny rozmieszczenia punktów kontrolnych jest zadaniem wielokryterialnego podejmowania decyzji przy nieliniowych kryteriach i ograniczeniach. Do identyfikacji preferencji decydenta w ramach wielokryterialnej oceny wariantów decyzyjnych wykorzystana została metoda AHP.

Wyniki dalszych badań zostały przedstawione w artykule **A2**, w którym opracowałem algorytm ewolucyjny do rozwiązania NP-trudnego obliczeniowo problemu optymalizacji rozmieszczenia punktów kontrolnych. Opracowałem bardziej uniwersalny model badanego systemu. Stanowisko robocze przedstawiłem jako system kolejkowy GI/G/n/ $\infty$ /FIFO, a cały system produkcyjny był syntezywany w postaci otwartej, wieloklasowej sieci systemów kolejkowych. W artykule zbadałem zbieżność oraz wyznaczyłem optymalne nastawy algorytmu genetycznego.

W stosunku do literatury przedmiotu oryginalność prowadzonych przeze mnie badań polegała na wysokiej uniwersalności modelu. Opracowane przeze mnie modele umożliwiają odwzorowanie wieloklasowej, sieciowej struktury systemu produkcyjnego podczas gdy zdecydowana większość prac poświęcona jest strukturom jednoklasowym i sekwencyjnym. Modele uwzględniają niepewny wynik operacji kontrolnej (wystąpienie błędu I i II typu) oraz ograniczenie na minimalny poziom akceptowanego poziomu jakości.

Artykuły **A3** i **A4** osadzone są w nurcie dynamicznego szeregowania zadań w wieloklasowym SDEDS z synchronizacją podzielonych zadań. Badany SDEDS charakteryzuje się tym, że występuje w nim: operacja podziału zadania na podzadania, synchronizacja i scalenie zlecenia oraz nawroty technologiczne. Po podziale podzadania są przetwarzane niezależnie od siebie i równolegle według odrębnych marszrut technologicznych. Na jednym z ostatnich etapów następuje synchronizacja oraz scalenie składowych zadania. Nawroty są wymuszone przez technologię. Ze względu na wymienione cechy do modelowania SDEDS wykorzystany został aparat dyskretnej, zdarzeniowej symulacji komputerowej.

W artykule **A3** przedstawiona została metoda sterowania modelem SDEDS przez algorytm genetyczny z turniejami. Algorytm ten steruje nastawami modelu symulacyjnego oraz zbiera wyniki eksperymentów. Opracowany algorytm genetyczny wykorzystuje pośrednie kodowanie wieloatrybutowych reguł priorytetowych w chromosomie, dwupunktowe krzyżowanie oraz permutacyjne mutowanie chromosomu. W artykule **A4** przedstawiony został algorytm mrówkowy opracowany dla zadania znalezienia optymalnej sekwencji wieloatrybutowych reguł priorytetowych. W tym algorytmie również zastosowano pośrednie kodowanie. Zamiast kodowania zadań zakodowana została droga w digrafie składającym się ze węzłów (stanowisk produkcyjnych). W algorytmie wykorzystana została pseudolosowa reguła proporcjonalna do budowy sekwencji wg której poruszają się mrówki oraz lokalna i globalna aktualizacja poziomu feromonu. Dzięki tym rozwiązaniom zapewniono, że algorytm zbiega się w zadanym czasie przy niskim ryzyku utknięcia w lokalnym minimum.

Nowością naukową było opracowanie algorytmów ewolucyjnych do rozwiązania NP-trudnego obliczeniowo problemu doboru reguł priorytetowych w celu optymalizacji

wydajności systemu produkcyjnego. Zastosowane algorytmy ewolucyjne pozwalają na znalezienie rozwiązań suboptymalnych w zadanym czasie. Przeprowadzone badania walidacyjne pokazały, że w obu przypadkach opracowane algorytmy ewolucyjne dawały lepsze rezultaty niż optymalizacja metodą Monte-Carlo.

W artykule **A5** przedstawiono analizę wrażliwości złożonego asynchronicznego SDEDS składającego się z dwóch podsystemów: linia montażowa oraz system logistyki wewnętrznej z wykorzystaniem dyskretnej, zdarzeniowej symulacji komputerowej. Linia montażowa zorganizowana jest zgodnie z zasadami zarządzania odchudzonego, tj. pracuje w trybie uzupełniania tylko tych zasobów, które zostały spożytkowane; występuje tylko przepływ jednej sztuki (bez partii produkcyjnych); bufony między operacyjne są na minimalnym poziomie (co najwyżej kilka sztuk półproduktów); liczba i asortyment materiałów na stanowiskach jest ściśle określona. Materiały na linię montażową dostarczane są przez system logistyczny w stałych cyklach, które muszą być zsynchronizowane z systemem produkcyjnym. W związku z tym zakłócenia w jednym i drugim systemie wzajemnie na siebie oddziałują przekładając się na efektywność całego układu. W literaturze nie było do tej pory analizy wzajemnego oddziaływania tego typu podsystemów.

W artykule **A6** przedstawione zostało nowe podejście do estymacji wydajności pracowników wielofunkcyjnych bazujące na opisie kompetencji posiadanych przez pracownika oraz wymaganych na stanowisku roboczym. Zaproponowano algorytm obliczający wydajność na podstawie kompetencji przedstawionych jako acykliczny, ważony graf skierowany. Algorytm aktualizacji kompetencji uruchamiany jest po zakończeniu pracy i aktualizuje on poziomy doświadczenia dla wszystkich wykorzystywanych w czasie ostatniej pracy kompetencji bazowych i składowych. Wyniki algorytmu aktualizacji kompetencji, przekazywane są do algorytmu estymacji wydajności, którego wynikiem działania są estymacje czasów wykonywania pracy, te z kolei przekazywane są do modelu SDEDS.

Przedstawione w ramach cyklu publikacji powiązanych tematycznie pt. *„Modele i algorytmy estymacji wydajności stochastycznych systemów zdarzeniowych”* badania pozwoliły na lepsze poznanie złożonych SDEDS oraz bardziej precyzyjną estymację wydajności systemów technicznych i pracowników na potrzeby algorytmów planowania, szeregowania i optymalizacji. Wyniki te znajdują zastosowanie w systemach wspomagania decyzji, systemach zaawansowanego planowania oraz zintegrowanych systemach zarządzania.

### **Podsumowanie**

Do najważniejszych osiągnięć naukowych mających wkład w rozwój informatyki przedstawionych w cyklu publikacji powiązanych tematycznie należą:

1. Opracowanie autorskiej metody estymacji wydajności wieloklasowych, dyskretnych, zdarzeniowych systemów dynamicznych z nawrotami oraz stochastycznymi strumieniami zadań.
2. Opracowanie algorytmu ewolucyjnego optymalizującego rozmieszczenie punktów kontroli jakości przy zagwarantowaniu minimalnego akceptowanego poziomu jakości.
3. Opracowanie dwóch algorytmów ewolucyjnych (genetycznego i mrówkowego) do rozwiązania zadania optymalnego doboru wieloatrybutowych reguł priorytetowych w celu dynamicznego harmonogramowania złożonych stochastycznych dyskretnych zdarzeniowych systemów dynamicznych.
4. Przeprowadzenie analizy wrażliwości złożonego asynchronicznego systemu składającego się z dwóch podsystemów: linia montażowa oraz logistyka wewnętrzna z wykorzystaniem dyskretnej, zdarzeniowej symulacji komputerowej.
5. Opracowanie oryginalnej koncepcji hierarchicznego modelowania kompetencji pracowników produkcyjnych w celu estymacji ich wydajności.
6. Opracowanie algorytmu estymacji wydajności pracowników wykorzystującego hierarchiczny model kompetencji.

Rezultaty przedstawione w prezentowanym cyklu publikacji powiązanych tematycznie mają wkład w rozwój informatyki, w szczególności w obszarze modelowania i symulacji stochastycznych, dyskretnych, zdarzeniowych systemów dynamicznych, harmonogramowania dynamicznego, modelowania kompetencji, systemów wspomagania decyzji oraz badań systemowych.

#### **Pozostała działalność naukowa**

W latach 2005-2007 prowadziłem badania w obszarze systemów informacyjnych nauczania zdalnego. Byłem wykonawcą w projekcie Unii Europejskiej "e-Quality - quality implementation in open and distance learning in a multicultural European environment", finansowanym z funduszy Socrates/Minerva. W ramach tego tematu opracowałem algorytm sekwencjonowania obiektów nauczania. Wyniki prac zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych z serii Lecture Notes in Computer Science [15] oraz w dwóch rozdziałach monografii [28, 31].

W latach 2012-2014 współpracowałem z zespołem z Uniwersytetu Medycznego w Łodzi w badaniach uwarunkowań epidemii tytoniowej w Polsce. W ramach tej tematyki opracowywałem i analizowałem wielowymiarowe modele regresyjne oraz wykonywałem analizy statystyczne. Wyniki prac zostały przedstawione w pięciu artykułach opublikowanych w czasopismach: BMC Public Health [4, 10], International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health [9], Medycyna Pracy [9] oraz Annals of Agricultural and Environmental Medicine [11].

W 2013 roku współpracowałem z zespołem z ICM Uniwersytetu Warszawskiego przy badaniach pierwszego całokomórkowego komputerowego modelu symulacyjnego żywego organizmu mycoplasma genitalium (Karr *et al.* 2012). Wynik prac został opublikowany w czasopiśmie PLoS Computational Biology [5].

Od 2015 roku prowadzę badania nad wiernym odwzorowaniem kolorów na potrzeby digitalizacji dzieł sztuki z wykorzystaniem metod spektrofotometrycznych i fotograficznych. W ramach tego tematu badawczego uczestniczę w akcji COST, projekt TD1201 Colour and Space in Cultural Heritage – COSCH ([www.cosch.info](http://www.cosch.info)). Wyniki prac zostały opublikowane w czasopiśmie Color Research & Application [1].

## Podsumowanie dorobku naukowego

Jestem autorem 4 oraz współautorem 39 prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, w latach 2006-2016 (załącznik 3). Wśród nich 12 jest opublikowanych w czasopismach należących do bazy Journal Citation Reports (JCR) posiadających wyliczony współczynnik wpływu (Impact Factor) przez Thomson Reuters. Sumaryczny dwuletni współczynnik wpływu IF = 20,729. Suma punktów wg list czasopism punktowanych ogłaszanych przez MNiSW wynosi 444, a uwzględniając procentowy udział suma punktów wynosi 182.

Tabela 2. Wskaźniki bibliometryczne publikacji<sup>2</sup> (po uzyskaniu stopnia doktora)

Typ publikacji naukowej	Sumaryczny IF (2 letni)	Liczba publikacji	Liczba punktów MNiSW	Ważona liczba punktów
Indeksowane w bazie ISI Web of Science (Lista A MNiSW)	20,729	15 <sup>3</sup>	370	133,5
Lista B MNiSW	–	7	50	30,7
Materiały konferencyjne nieindeksowane w ISI WoS	–	13	0	0
Rozdziały w monografiach – j. polski	–	4	12	5,8
Rozdziały w monografiach – j. angielski	–	2	12	12
Zagraniczne czasopisma naukowe spoza list MNiSW	–	2	0	0
<b>Łącznie</b>	<b>20,729</b>	<b>43</b>	<b>444</b>	<b>182</b>

<sup>2</sup> Współczynnik wpływu (IF) oraz liczba punktów MNiSW została podana wg listy aktualnej dla roku publikacji artykułu.

<sup>3</sup> Publikacja w *Color Research & Application* oczekuje na indeksowanie.

Tabela 3. Liczba publikacji indeksowanych przez bazy naukowe oraz liczba cytowań

Baza naukowa	Liczba publikacji	Liczba cytowań	Liczba cytowań bez autocytowań	h-index
Web of Science	18 <sup>3</sup>	42	38	4
Scopus	25 <sup>3</sup>	57	52	4
Google Scholar	43	128	106	6

## Bibliografia

1. Anzanello, M. J., & Fogliatto, F. S. (2011). Learning curve models and applications: Literature review and research directions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(5), 573–583.
2. Banks, J., J.S. Carson II, B.L. Nelson, D.M. Nicol (2009) *Discrete-event system simulation*, Pearson, New York.
3. Cassandras C.G., S. Lafortune (2008) *Introduction to Discrete Event Systems*, Springer, New York.
4. Dolgui, A., and , J.M. Proth (2010) *Supply chain engineering: useful methods and techniques*, Springer, London.
5. Gross, D. & Harris, C.M. (1998). *Fundamentals of Queuing Theory*, Willey, New York.
6. Karr JR, Sanghvi JC, Macklin DN, Gutschow MV, Jacobs JM, et al. (2012) A whole-cell computational model predicts phenotype from genotype. *Cell* 150: 389–401.
7. Liker JK, Meier D (2006) *Toyota way fieldbook*, McGraw-Hill, New York.
8. Ohno T (1988) *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity Press, Cambridge.
9. Saaty, T.L. (2005) The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making. In: J. Figueira, S. Greco and M. Ehrgott, eds., *Multiple Criteria Decision Analysis*. Springer, New York, 345-405.
10. Zimmermann A. (2008) *Stochastic Discrete Event Systems, Modeling, Evaluation, Applications*, Springer, Berlin.

Przemysław Korytkowski