

Autoreferat

Załącznik 2a

dr inż. Jacek Oskarbski

Jacek Oskarbski

SPIS TREŚCI

Spis treści

1.	Imię i nazwisko	3
2.	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	3
3.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4.	Wskazanie osiągnięcia ¹ wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789.)	4
A)	tytuł osiągnięcia naukowego:	4
B)	wykaz prac stanowiących osiągnięcie naukowe (autor/autorzy, rok wydania, tytuł/tytuły publikacji, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy)	4
C)	omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania	6
5.	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych	23
5.1	Działalność naukowo-badawcza	23
5.2	Działalność dydaktyczna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych	36
5.3	Działalność organizacyjna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych	37

1. Imię i nazwisko

Jacek Oskarbski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- | | |
|-------------------------|--|
| 24 stycznia 1994 r. | Uzyskanie stopnia magistra inżyniera na kierunku <i>Budownictwo</i> w zakresie inżynierii komunikacyjnej na Wydziale Budownictwa Lądowego Politechniki Gdańskiej |
| 19 października 2005 r. | Uzyskanie stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie <i>Budownictwo</i> na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej za rozprawę pt. <i>Wpływ struktury sieci ulicznej na sprawność i efektywność funkcjonowania transport drogowego w miastach</i> , Promotor prof. dr hab. inż. Ryszard Krystek, Recenzenci: prof. dr hab. inż. Andrzej Rudnicki, prof. dr hab. inż. Wojciech Suchorzewski. |

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- | | |
|---------------------------|--|
| 1996 r. - 2005 r. | Asystent w Katedrze Inżynierii Drogowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Gdańskiej |
| 2005 r. do chwili obecnej | Adiunkt w Katedrze Inżynierii Drogowej Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej |

4. Wskazanie osiągnięcia¹ wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789.)

A) tytuł osiągnięcia naukowego:

Moim osiągnięciem naukowym uzyskanym po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych, stanowiącym istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Transport* (art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r.), jest cykl publikacji pt. ***Metodyka opracowania i zastosowania modeli systemów transportu w nowoczesnym zarządzaniu ruchem drogowym***, w którym rozwijam i realizuję koncepcję Systemu Planowania Ruchu jako jednego z kluczowych elementów zintegrowanych systemów zarządzania transportem. Wyniki badań naukowych nad integracją modeli systemów transportu w Systemie Planowania Ruchu zostały wdrożone w ramach realizacji Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem TRISTAR w Trójmieście oraz zastosowane w realizowanych przeze mnie projektach badawczych CIVITAS DYN@MO „DYNamic citizens @ctive for sustainable Mobility” (7 Program Ramowy Komisji Europejskiej), FLOW „Furthering Less Congestion by Creating Opportunities For More Walking and Cycling” (HORIZON 2020) oraz RID-4D „Wpływ stosowania usług Inteligentnych Systemów Transportowych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego” (wspólna inicjatywa Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w ramach programu Rozwój Innowacji Drogowych).

B) wykaz prac stanowiących osiągnięcie naukowe (autor/autorzy, rok wydania, tytuł/tytuły publikacji, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy)

- [1] Oskarbski J.: ***Struktura funkcjonalna systemu zarządzania transportem w Trójmieście – TRISTAR***. Przegląd Komunikacyjny, 2011, nr 7-8, s. 26-31. ISSN 0033-2232. Publikacja w czasopiśmie z listy B, udział własny 100%.
- [2] Oskarbski J.: ***Perspectives of Telematics Implementation in Tri-City Transport Systems Management and Planning***. Communications in Computer and Information Science. Modern Transport Telematics, nr 239, 2011, s. 233-240, ISBN 978-3-642-24659-3 - ISSN 1865-0929, 11th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2011, Katowice-Ustroń, Poland, October 19-22, 2011. Publikacja naukowa w czasopiśmie międzynarodowym, indeksowana w bazach Web of Science i Scopus, udział własny 100%.
- [3] Oskarbski J., Jamroz K., Birr K.: ***Application of multi-level transport model for the TRISTAR system***. DTA-5th International Symposium on Dynamic Traffic Assignment. DTA-5th International Symposium on Dynamic Traffic Assignment, June 17th – 19th, 2014 Salerno Italy. DOI: 10.13140/2.1.3760.8481. Referat na konferencji zagranicznej, udział własny 70%.
- [4] Oskarbski J., Zawisza M., Żarski K.: ***The structure of the data flow in integrated urban traffic management systems - the case of TRISTAR system***. Archives of Transport System Telematics. -Vol. 9., iss. 4 (2016), s.12-16. ISSN: 1899-8208. Publikacja w czasopiśmie z listy B, udział własny 60%.
- [5] Oskarbski J., Zawisza M., Żarski K., Jamroz K.: ***Possible directions for development of C-ITS services in cities on the example of the TRISTAR system***. Archives of Transport System Telematics. -Vol. 11., iss. 3 (2018), s.35-42. ISSN: 1899-8208. Publikacja w czasopiśmie z listy B, udział własny 50%.
- [6] Oskarbski J., Miszewski M.: ***Ocena funkcjonowania systemu transportu zbiorowego w Gdyni z wykorzystaniem programu Visum***. Autobusy – Technika, eksploatacja, systemy transportowe, nr 3/2013. ISSN: 1509-5878. Publikacja w czasopiśmie z listy B, udział własny 70%.

- [7] Oskarbski J., Birr K., Miszewski M., Żarski K.: ***Estimating the Average Speed of Public Transport Vehicles Based on Traffic Control System Data***. International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), 2015, IEEE Xplore. ISBN 978-9-6331-3140-4. *Publikacja naukowa w czasopiśmie międzynarodowym, indeksowana w bazach Web of Science i Scopus, udział własny 30%.*
- [8] Oskarbski J.: ***Automatyzacja zarządzania ruchem w warunkach wystąpienia zdarzenia drogowego***. Logistyka, nr. 4 (2014), s.995-1004. ISSN: 1231-5478. *Publikacja w czasopiśmie z listy B, udział własny 100%.*
- [9] Oskarbski, J., Jamroz, K., Smolarek, L., Zawisza, M., Zarski, K.: ***Analysis of possibilities for the use of volume-delay functions in the planning module of the TRISTAR system***. Transport Problems. Volume 12, Issue 1, pp. 39-50, 2017. ISSN: 1896-0596. *Publikacja naukowa w czasopiśmie międzynarodowym, indeksowana w bazach Web of Science i Scopus, udział własny 40%.*
- [10] Oskarbski J., Kaszubowski D.: ***Applying a Mesoscopic Transport Model to Analyse the Effects of Urban Freight Regulatory Measures on Transport Emissions—An Assessment***. SUSTAINABILITY. 2018; Vol. 10 Issue:7, Article numer: 2515, Published: JUL 2018. ISSN: 2071-1050. *Publikacja w czasopiśmie JCR (publikacja indeksowana w Web of Science i SCOPUS), udział własny 50%.*
- [11] Oskarbski, J., Gumińska, L., Żarski, K. ***Influence of toll collection method on motorways on traffic safety and efficiency***. SMART SOLUTIONS IN TODAY'S TRANSPORT. Communications in Computer and Information Science. Volume: 715, pp.142-154, 2018. ISBN 978-3-319-97955-7, https://doi.org/10.1007/978-3-319-97955-7_10. *Publikacja naukowa w czasopiśmie międzynarodowym, indeksowana w bazie Scopus (oczekuje na indeksację w bazie Web of Science), udział własny 60%.*
- [12] Okraszewska R ; Romanowska A ; Wolek M ; Oskarbski J. ; Birr K ; Jamroz, K.: ***Integration of a Multilevel Transport System Model into Sustainable Urban Mobility Planning***, SUSTAINABILITY Vol.10 Issue: 2, Article Number: 479, Published: FEB 2018. ISSN: 2071-1050. *Publikacja w czasopiśmie JCR (publikacja indeksowana w Web of Science i SCOPUS), udział własny 17,5%.*
- [13] Oskarbski J., Gumińska L., Marcinkowski T., Mowiński K., Oskarbska I., Oskarbski G., Zawisza M., Żarski K : ***Methodology of research on the impact of ITS services on the safety and efficiency of road traffic using transport models***. MATEC Web of Conferences Volume 231, 2018, Article number 02008 112th International Road Safety Conference GAMBIT 2018 - "Road Innovations for Safety - The National and Regional Perspective"; Gdansk; Poland. ISSN: 2261-236X. *Publikacja naukowa w czasopiśmie międzynarodowym, indeksowana w bazie Scopus (oczekuje na indeksację w bazie Web of Science), udział własny 65%.*

¹ w przypadku, gdy osiągnięciem tym są prace wspólne, należy przedstawić oświadczenia wszystkich współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w ich powstanie

C) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania**Cel naukowy badań objętych cyklem publikacji [I.B.1-I.B.13]**

Funkcjonowanie i rozwój systemów transportowych miast oraz obszarów zamiejskich przyczynia się do powstawania i intensyfikacji trudnych do rozwiązania problemów, takich jak emisja zanieczyszczeń, hałas, wypadki drogowe, zatłoczenie i straty czasu w transporcie (obniżanie poziomu niezawodności czasowej), zajętość terenu, wyczerpywanie zasobów i związane z powyższymi kwestiami obniżanie jakości życia oraz rosnące koszty zarówno ekonomiczne, jak i społeczne. Szacuje się, że globalnie, do 2050 roku w miastach będzie zamieszkiwało 70% ludności, co może wpłynąć na nawet trzykrotne zwiększenie liczby podróży względem stanu obecnego. Pogodzenie celów związanych z zapewnieniem dostępności obszarów, obiektów oraz mobilności ludności przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnych skutków aktywności transportowej stanowi szczególne wyzwanie dla zarządców ruchu i planistów. Zapewnienie niezawodności funkcjonowania systemu transportu, bezpieczeństwa, poprawa dostępności i integracja transportu oraz zmniejszenie negatywnego oddziaływania transportu na środowisko są priorytetowymi kierunkami polityki transportowej każdego państwa oraz jednostek samorządowych. Kraje i miasta, które najlepiej radzą sobie z tym zadaniem, od lat działają metodycznie i systemowo, opracowując modele systemów transportu, wykorzystujące wiedzę i wyniki badań naukowych, które stanowią ważny element systemu zarządzania transportem.

Planowanie sieci transportowych, podejmowanie decyzji o zmianach w organizacji ruchu, jak również planowanie tymczasowej organizacji ruchu w związku z robotami drogowymi, imprezami masowymi lub zdarzeniami drogowymi wymagają rozwiązania złożonych zagadnień funkcjonowania systemów transportu. Ułatwieniem w procesie podejmowania decyzji planistycznych są wyniki badań, prowadzonych za pomocą różnego rodzaju narzędzi, do których zaliczyć można pakiety programów do prognozowania zmian zachowań transportowych podróżujących. W przypadku systemów transportowych prognozowanie dotyczy najczęściej oszacowania przyszłego (krótko lub długoterminowego) ruchu drogowego, przewozów pasażerskich lub towarowych w istniejącej lub planowanej sieci transportowej. Przedmiotem analiz jest iteracyjne obliczanie wielkości potoków ruchu w zależności od wielkości popytu na transport (wynikającego z rozmieszczenia funkcji zagospodarowania przestrzennego i przypisanych im atrybutów) oraz podaży systemu transportowego (mierzonej najczęściej przepustowością poszczególnych elementów tego systemu). Modelowanie matematyczne potoków podróży i potoków pojazdów było dość silnie rozwijane w drugiej połowie ubiegłego wieku w wyniku czego opracowano wiele pakietów komputerowych, wspomagających opracowywanie modeli systemów transportu w miastach i obszarach zamiejskich. Pakiety te zawierają modele matematyczne i procedury obliczeniowe umożliwiające prognozowanie i symulację wyników prognoz. Narzędzia umożliwiają opracowywanie modeli transportowych, które mogą być wykorzystywane w wielu celach, począwszy od oceny bieżącego funkcjonowania systemu transportu, oceny funkcjonowania w przypadku przekształceń wprowadzanych na większym obszarze (kraju, regionu, miasta) z uwzględnieniem zmian w otoczeniu systemu, do oceny usprawnień, wprowadzanych lokalnie, które jednakże również mogą mieć wpływ na wydajność całego systemu. Wskazany powyżej problem wymaga zastosowania kompleksowego podejścia badawczego, polegającego na wykorzystaniu narzędzi, które umożliwiają prowadzenie analiz o różnym stopniu szczegółowości w odniesieniu do różnych obiektów transportowych. Cel badań i rodzaj analizowanego obiektu (sieć transportowa większego obszaru, ciąg drogowy, skrzyżowanie) determinuje wybór narzędzia, pod względem stopnia szczegółowości prowadzonych analiz (poziom makro, mezo lub mikroskopowy).

Wiele krajów, regionów i miast europejskich opracowało własne modele, jednakże nie zawsze wykorzystują ich możliwości w elementach zarządzania transportem, jakimi są planowanie i działania operacyjne. Jedną z przyczyn niedostatecznego wykorzystywania metod i narzędzi badawczych oraz wyników badań jest brak zrozumienia przez decydentów możliwości, których dostarcza wiedza naukowa. W niektórych modelach transportu brakuje wielopoziomowej struktury. W wielu miastach stosuje się wyłącznie modele makroskopowe, inne używają różnych poziomów (makro, mezo, mikroskopowego), ale nie integrują ich, co uniemożliwia lub znacznie utrudnia wymianę danych ze względu na brak elementów referencyjnych pomiędzy poszczególnymi poziomami modeli. Kolejnym problemem jest brak współpracy pomiędzy podmiotami, które wykorzystują modele w różnych celach, m.in. do planowania, opracowywania zmian w organizacji ruchu lub strategii sterowania ruchem oraz bieżącego zarządzania transportem indywidualnym lub zbiorowym. Przykładem pierwszego w Polsce wdrożenia wyników prac badawczych w postaci wielopoziomowego modelu ruchu jest rozwiązanie opracowane dla miasta Gdyni w ramach zadania, którego byłem liderem. Zadanie badawcze zostało zrealizowane w ramach projektu badawczo-wdrożeniowego CIVITAS DYN@MO. Partnerami Politechniki Gdańskiej w projekcie były m.in. Lund University (Szwecja), RWTH Aachen University i Aachen University of Applied Sciences (Niemcy), University of Balearic Islands (Hiszpania) i Uniwersytet Gdański oraz cztery miasta europejskie: Akwizgran (Niemcy), Gdynia (Polska), Koprivnica (Chorwacja) i Palma de Mallorca (Hiszpania). Jednym z celów projektu było usprawnienie systemu transportu poprzez wdrożenie planów zrównoważonej mobilności miejskiej (Sustainable Urban Transport Plan - SUMP) z zastosowaniem metod i środków inteligentnych systemów transportu (Intelligent Transport Systems – ITS). Wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań było możliwe ze względu na wdrożenie na terenie Trójmiasta jednego z pierwszych i największych w Polsce regionalnych projektów z zakresu inteligentnych systemów transportu pod nazwą TRISTAR. Projekt został zainicjowany pracami Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej, w których uczestniczyłem jako współautor pierwszych prac koncepcyjnych oraz sprawując nadzór merytoryczny nad opracowaniem projektu i wdrożeniem systemu, będąc prekursorem prac badawczych i wdrożeń wyników badań naukowych z obszaru ITS na terenie naszego kraju. Obecnie sprawuję nadzór nad rozwojem systemu. Model wielopoziomowy został zintegrowany z Systemem Zarządzania Ruchem TRISTAR w zakresie pozyskiwania danych z jego układów detekcji i baz danych oraz wykorzystania w Systemie Planowania Ruchu będącego elementem trójmiejskiego rozwiązania ITS.

W opracowanym modelu, obok innych istotnych elementów, wskazano na kluczową rolę systemu oceny efektywności badanych rozwiązań z zakresu zarządzania transportem oraz monitorowania efektów i informowania o wynikach badań, często w formie dialogu społecznego. Model wielopoziomowy umożliwia systematyczne dostarczanie informacji w celu wsparcia procesu podejmowania decyzji długoterminowych (w zakresie planowania systemu transportu) oraz krótkoterminowych działań operacyjnych pozwalających na zmniejszenie ryzyka redukcji poziomu niezawodności systemu i bezpieczeństwa uczestników ruchu, a także łagodzenia skutków zdarzeń niepożądanych i weryfikacji poprawności stosowanych środków profilaktycznych.

Celem naukowym moich badań objętych cyklem publikacji [I.B.1-I.B13] było opracowanie i wdrożenie wielopoziomowego modelu podróży i sieci transportowej, wspierającego zarządzanie transportem w systemach transportowych (dalej zwanego wielopoziomowym modelem systemów transportu) z wykorzystaniem usług oferowanych przez Inteligentne Systemy Transportu. Model stanowić może wsparcie naukowe dla krajowych, regionalnych lub lokalnych administracyjnych jednostek planistycznych i operacyjnych w usprawnieniu systemowego zarządzania ruchem drogowym, w działaniach zmierzających do poprawy poziomu sprawności i bezpieczeństwa w systemach transportowych.

W klasycznym podejściu do zarządzania ruchem drogowym kluczowymi elementami systemu są: instytucje i kadry, narzędzia oddziaływania na elementy systemu, narzędzia wspomagające jego działanie oraz metody zarządzania. W tym aspekcie, realizując cel naukowy cyklu publikacji habilitacyjnych, dążyłem do opracowania Systemu Planowania Ruchu, komplementarnego względem usług ITS, realizowanych za pośrednictwem Centrum Zarządzania Ruchem, wyposażonego w narzędzia wspomagające prawidłowe funkcjonowanie systemu zarządzania ruchem drogowym. W ramach prac badawczych rozwinąłem ponadto metodykę oceny sprawności, bezpieczeństwa ruchu drogowego i jego oddziaływania na środowisko, niezbędną w procesie planowania, monitorowania i prognozowania efektów zarządzania ruchem drogowym, co powinno być jednym z kluczowych zadań realizowanych m.in. w Centrach Zarządzania Ruchem.

Omówienie osiągniętych wyników badań objętych cyklem [I.B.1-I.B.13]

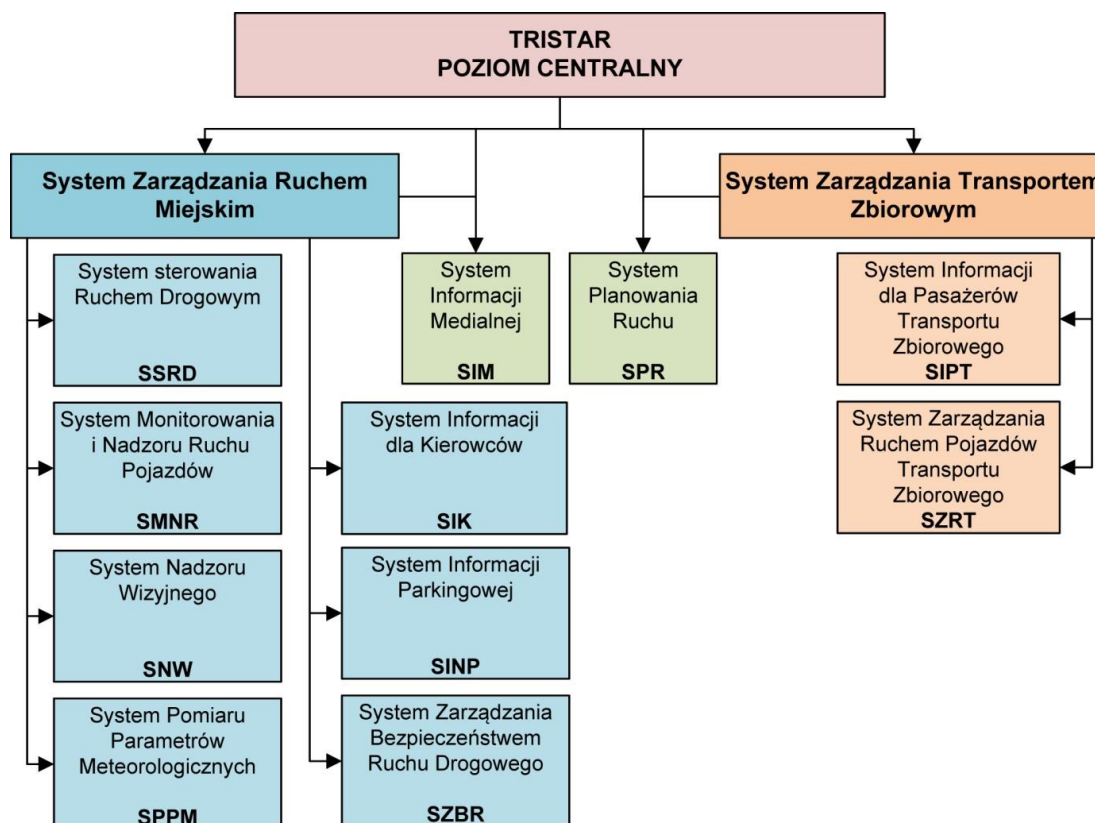
Wstępne pomysły powiązania modeli systemów transportu z możliwością pozyskiwania danych do modelowania z usług ITS pojawiły się w 2002 roku, kiedy uczestniczyłem w pracach badawczych nad strukturą systemu zarządzania ruchem TRISTAR. Powstały wtedy dwie koncepcje - dla Obwodnicy Trójmiasta i dla miasta Gdyni a w kolejnych latach dla miast Sopotu i Gdańska, które opracował Zespół Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej (miałem zaszczyt uczestniczyć w tych pracach jako główny współautor razem z profesorem Kazimierzem Jamrozem).

System Planowania Ruchu w architekturze systemu TRISTAR

Opracowanie koncepcji systemu TRISTAR poprzedziły badania przygotowawcze, w ramach których przeprowadziłem studia literatury z zakresu wdrażania i stosowania metod i środków ITS oraz brałem udział w przygotowaniu diagnozy funkcjonowania systemów transportu w Trójmieście. Podczas przygotowania diagnozy prowadziłem badania m.in. z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania do analiz transportowych (pakietów VISEM/VISUM i SATURN, które zastosowałem w procesie badawczym, jako pierwsza osoba w północnej Polsce). Prowadzone przeze mnie analizy, pozwoliły na zidentyfikowanie głównych problemów transportowych w Trójmieście m. in.: miejsc występowania i poziomu zatłoczenia sieci transportowej, niedoskonałości w sterowaniu ruchem, lokalizacji miejsc koncentracji zdarzeń drogowych i skali utrudnień służb ratowniczych w sprawnym dotarciu do miejsc występowania zdarzeń drogowych, braku wolnych miejsc postojowych, opóźnieniach pojazdów transportu zbiorowego oraz braku informacji o bieżących warunkach ruchu, wolnych miejscach postojowych i czasach odjazdu pojazdów transportu zbiorowego. Przeprowadzone badania naukowe pozwoliły na opracowanie wstępnej struktury zintegrowanego systemu zarządzania ruchem, w którym rozwiązania z obszaru ITS mogłyby pomóc w zniwelowaniu skali zidentyfikowanych problemów. Podczas realizacji prac badawczych w okresie przygotowywania rozprawy doktorskiej jednym z głównych problemów, z którymi się spotkałem była ograniczona możliwość pozyskania danych do opracowania modeli podróży. Usługi ITS umożliwiają dostarczanie obszernych zbiorów danych, które mogą posłużyć jako wkład w opracowanie takich modeli. Możliwość wykorzystania zbiorów danych z różnych przedziałów czasowych jest istotna wobec dynamiki zmian popytu transportowego oraz charakterystyk ruchu w różnych okresach roku, tygodnia, dnia, na co, oprócz czynników demograficznych, ekonomicznych i zachowań transportowych, mają wpływ między innymi warunki atmosferyczne lub występowanie zdarzeń niepożądanych w sieci drogowej. Konieczność uwzględnienia zmienności popytu transportowego jest szczególnie ważna w przypadku planowania działań operacyjnych, np. zaprojektowania tymczasowej organizacji ruchu (w zakresie objazdów, oznakowania dróg oraz sterowania ruchem za pomocą sygnalizacji świetlnej lub znaków zmiennej treści) oraz podczas wystąpienia zdarzeń losowych w sieci

drogowej lub sytuacji kryzysowych. Rozwiązania ITS, poprzez wykorzystanie narzędzi planowania, stanowią ponadto podstawę do wspierania naukowców oraz służb administracyjnych w długoterminowym prognozowaniu przyszłych warunków ruchu, opracowywaniu strategii sterowania, organizacji ruchu i planowaniu rozwoju sieci transportowej. Zakres zrealizowanych przez mnie w tym okresie prac badawczych obejmował określenie miejsca dla narzędzi analitycznych w architekturze regionalnej systemu TRISTAR. Konieczność usystematyzowania i dążenie do interoperacyjności w rozwoju i wdrożeniach rozwiązań ITS przyczynia się do opracowywania architektur ITS, które stanowią koncepcyjne modele, definiujące strukturę i działanie ITS. Architektura przedstawiana jest zazwyczaj w formie formalnego opisu systemu oraz argumentów przemawiających za wykorzystaniem odpowiednich struktur i doбором funkcjonalności. Architektura ITS definiuje ramy strategiczne, które stanowią podstawę skutecznego planowania, projektowania i wdrażania rozwiązań oraz pomagają w podejmowaniu właściwych decyzji inwestycyjnych, mających na celu zapewnienie spójności, otwartości na rozwój i interoperacyjności systemu oraz jego komponentów.

Pierwsza w Polsce, regionalna architektura ITS, której jestem głównym współautorem, wzorowana była na krajowej architekturze amerykańskiej i została opracowana w ramach prac badawczych, służących przygotowaniu koncepcji systemu TRISTAR. W ramach badań, opracowano między innymi architekturę logiczną, funkcjonalną i sprzętową systemu, która mogła być pomocna w projektowaniu uniwersalnej architektury krajowej ITS (dotychczas architektura o zasięgu krajowym została opracowana jedynie dla dróg administrowanych przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad). Mój wkład w prace badawcze nad architekturą systemu obejmował udział w opracowaniu założeń wprowadzenia rozwiązań ITS w Aglomeracji Trójmiejskiej (na podstawie studiów literatury, kluczowych dokumentów strategicznych na poziomie krajowym i regionalnym oraz badań przeprowadzonych z wykorzystaniem m.in. makroskopowego i mezoskopowego modelu podróży), zdefiniowaniu zasięgu obszarowego systemu oraz udział w przygotowaniu architektury ITS (głównie opracowanie struktury funkcjonalnej usług ITS i struktury logicznej w zakresie powiązań poszczególnych elementów systemu), przede wszystkim w zakresie Systemu Zarządzania Ruchem Miejskim i Systemu Zarządzania Ruchem na Obwodnicy Trójmiasta oraz powiązania funkcjonalnego miejskich elementów systemu TRISTAR z planowanymi elementami systemu zarządzaniem ruchem na drogach krajowych oraz zakresu integracji poszczególnych modułów systemu. W ramach prac badawczych dokonałem również oceny efektywności wdrożenia projektu pilotażowego, którego realizację nadzorowałem – systemu sterowania ruchem SCATS/RAPIDS w ciągu ul. Morskiej w Gdyni. Biorąc pod uwagę możliwość wykorzystania modeli transportowych w wielu modułach systemu TRISTAR, ostatecznie postanowiłem wydzielić w systrukturze funkcjonalnej odrębny filar zintegrowany z pozostałymi elementami systemu (w Systemie Zarządzania Ruchem Miejskim, Systemie Zarządzania Transportem Zbiorowym i Systemie Informacji Medialnej) w warstwach wykorzystania danych oraz wsparcia operacyjnego i planistycznego, zakładając konieczność realizacji wielopoziomowego modelu systemów transportu [I.B.1], który wspiera pozostałe elementy funkcjonalne systemu. Podstawową strukturę funkcjonalną systemu TRISTAR przedstawiono na rys. 1. Dzięki zastosowaniu Systemu Planowania Ruchu zmiany zachodzące w systemie transportowym są bardziej przewidywalne i kontrolowane, co może poprawić poziom jego niezawodności np. w ujęciu niezawodności czasowej.



Rys. 1 Podstawowa struktura funkcjonalna systemu TRISTAR (źródło: [I.B.1])

Struktura wielopoziomowego modelu systemów transportu w Systemie Planowania Ruchu

W pierwszych pracach nad trójmiejską architekturą regionalną zakładano powstanie modułów planowania transportu indywidualnego (w zakresie zbioru modeli i komputerowych programów symulacyjnych wspierających strategiczne zarządzanie w sieci ulic) oraz transportu zbiorowego (w zakresie planowania tras i rozkładów jazdy). Modele transportowe z uwagi na możliwości odwzorowywania zachowań podróżnych stanowią cenne wsparcie w zakresie analiz zarówno w ujęciu punktowym (skrzyżowanie, odcinek drogi), jak i sieciowym (wpływ poszczególnych rozwiązań na obszar miasta, powiatu, województwa, kraju). Z tego też powodu modele są z powodzeniem wykorzystywane do analiz transportowych, w tym analiz usług ITS. W pracach badawczych [I.B.2], [I.B.3] dokonałem analizy uwarunkowań możliwości opracowania modelu wielopoziomowego oraz jego integracji w systemie zarządzania ruchem TRISTAR. Wnioski z przeprowadzonych badań naukowych, pozwoliły mi na opracowanie struktury modelu wielopoziomowego oraz przyjęcie założeń jego realizacji (na poziomie lokalnym dla miasta Gdyni w powiązaniu z poziomem regionalnym dla województwa pomorskiego). Dodatkowo w [I.B.2] wskazałem możliwe do zastosowania metody i środki, usprawniające funkcjonowanie systemu transportu (automatyczne wykrywanie zdarzeń drogowych, ważenie pojazdów w ruchu, zmiany organizacji ruchu poprzez wydzielenie dedykowanych pasów dla pojazdów transportu zbiorowego), których zasadność i efektywność wdrożenia badałem w późniejszym okresie, wykorzystując model wielopoziomowy. Założenia do opracowania modelu wielopoziomowego w architekturze systemu TRISTAR dotyczyły struktur funkcjonalnej i logicznej, oprogramowania do budowy narzędzi badawczych oraz zakresu integracji z pozostałymi modułami systemu TRISTAR.

Miasto Gdynia było poligonem badawczym do opracowania i wdrożenia trzypoziomowego modelu systemu transportu zasilanego z hurtowni danych systemu zarządzania ruchem TRISTAR jako narzędzia badawczego, umożliwiającego przeprowadzenie badań w ramach wybranych

projektów pilotażowych w projekcie CIVITAS DYN@MO oraz wspomagającego operacyjne zarządzanie ruchem drogowym i transportem zbiorowym, również w procesie planowania, poprzez dostarczenie możliwości szacowania i prezentowania miar efektywności oraz wizualizacji efektów zakładanych działań planistycznych i operacyjnego zarządzania transportem.

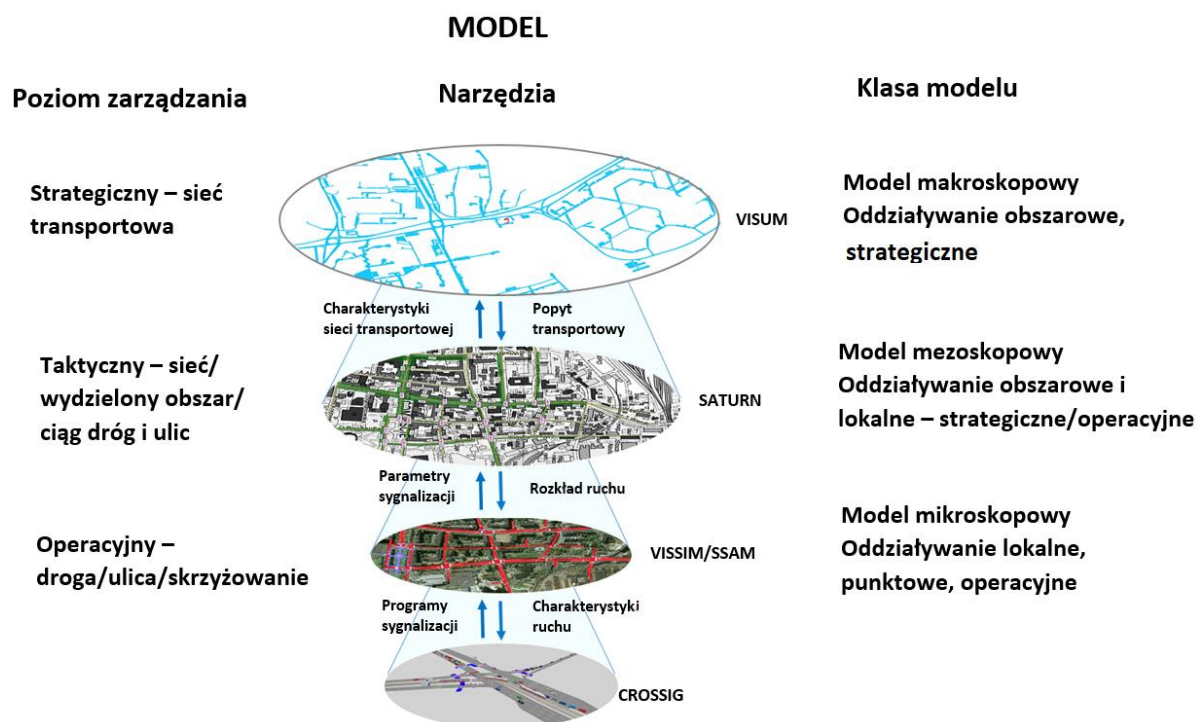
Metodyka badawcza, którą opracowałem obejmowała:

- utworzenie stanowisk badawczych w Katedrze Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej do opracowania modeli,
- przygotowanie baz danych (zebranie dostępnych danych demograficznych, ekonomicznych, socjologicznych, danych związanych z zagospodarowaniem przestrzennym oraz badań ruchu i podróży, wykorzystanie danych pochodzących z badań preferencji transportowych mieszkańców, zebranie danych dotyczących warstwy podaży w modelowaniu, dotyczących parametrów odcinków sieci transportowej, parametrów skrzyżowań, linii i przystanków transportu zbiorowego oraz przeprowadzenie uzupełniających terenowych badań ruchu),
- analizę możliwości wykorzystania systemu zarządzania ruchem TRISTAR do zasilania trzypoziomowego modelu ruchu danymi z hurtowni i baz danych,
- opracowanie metody zasilania modeli danymi z systemu TRISTAR,
- opracowanie założeń budowy i integracji modeli makroskopowych, mezoskopowych i mikroskopowych w zakresie rejonów transportowych, węzłów i odcinków sieci (warstwa podaży) oraz warstwy popytu (macierze podróży), metod budowy modeli oraz szczegółową identyfikację celów, jakim mają służyć,
- przeprowadzenie badań do kalibracji modelu (analizy funkcji oporu przestrzeni, opracowanie i weryfikacja funkcji oporu odcinka w modelu makroskopowym i mezoskopowym, funkcji prędkość-natężenie, weryfikację parametrów symulacyjnych w modelu mikroskopowym, opracowanie do warunków polskich i weryfikację parametrów ruchu np. w zakresie natężenia nasycenia, granicznych luk czasowych na wlotach na skrzyżowania, analizy popytu tłumionego i wzbudzonego, modelowanie systemów intermodalnych),
- budowę modelu makroskopowego (z wykorzystaniem pakietu PTV VISUM),
- budowę modelu mezoskopowego (z wykorzystaniem pakietu SATURN),
- budowę modelu mikroskopowego (z wykorzystaniem pakietu oprogramowania PTV VISSIM),
- zebranie danych dla grupy kontrolnej do weryfikacji modeli (badania terenowe),
- przeprowadzenie kalibracji i weryfikacji opracowanych modeli.
- zastosowanie modelu wielopoziomowego oraz poszczególnych jego komponentów jako narzędzia wsparcia decyzyjnego w wyborze efektywnych rozwiązań transportowych (krótko i długoterminowych), w prowadzeniu dialogu społecznego z mieszkańcami oraz w monitorowaniu efektów wprowadzonych zmian.

Podobną metodykę realizacji badań zaproponowałem w projekcie badawczym RID-4D, w którym wielopoziomowy model systemów transportu posłużył do opracowania wskaźników efektywności funkcjonowania systemu transportu, wykorzystanych w metodzie wielokryterialnej oceny wpływu usług ITS na sprawność i bezpieczeństwo ruchu drogowego na drogach zamieszkiwanych.

Struktura funkcjonalna i logiczna modelu wielopoziomowego

W ramach prowadzonych badań naukowych opracowałem strukturę modelu wielopoziomowego (rys. 2) [I.B.2], [I.B.3]. Wyszczególniłem w niej poziomy zarządzania oraz odpowiadające im warstwy (klasy modeli – makro, mezo i mikroskopowe), określające niezbędny poziom szczegółowości prowadzenia analiz i wykorzystania wyników. Poziomy zarządzania (strategiczny, taktyczny, operacyjny) definiują ponadto umiejscowienie poszczególnych warstw modelu w strukturach organizacyjnych organów administracyjnych odpowiedzialnych za zarządzanie transportem, w zależności od kompetencji, przede wszystkim w jednostkach planistycznych oraz zarządzających ruchem i transportem drogowym.



Rys. 2. Struktura modelu wielopoziomowego (źródło: opracowanie własne na podst. [I.B.2], [I.B.3])

Narzędzia badawcze w modelu wielopoziomowym

W zależności od celu zastosowania oraz poziomu szczegółowości można wyróżnić modele mikro, mezo i makroskopowe. Modele makroskopowe i mezoskopowe umożliwiają oszacowanie typowych miar sprawności sieci transportowej (np. łączny czas podróży pojazdów w sieci, pracę przewoźową, średnią prędkość, natężenie ruchu wynikające z rozkładu w sieci). Modele makroskopowe pozwalają m.in. na zdefiniowanie przepustowości dla różnych typów dróg, prędkości w ruchu swobodnym oraz funkcji oporu (zależności opisujące spadek prędkości wraz ze wzrostem natężenia ruchu) dla poszczególnych odcinków sieci drogowej. W przypadku modelowania sieci transportu publicznego możliwe jest uwzględnienie oporu odcinków ze względu na preferencje podróżującego w wyborze jednego z środków transportu zbiorowego. Modele mezoskopowe pozwalają dodatkowo odzwierciedlić wpływ elementów takich jak typy skrzyżowań, organizacja ruchu na skrzyżowaniach i sterowanie ruchem z wykorzystaniem sygnalizacji świetlnej, dzięki czemu podczas szacowania miar sprawności sieci transportowej brane są pod uwagę kolejki formujące się na skrzyżowaniach oraz straty czasu pojazdów. Modele mezoskopowe opisują większość elementów sieci i parametrów ruchu na wysokim poziomie szczegółowości, charakteryzując jednocześnie ich wzajemne oddziaływanie i zachowania w znacznie mniej szczegółowy sposób niż w przypadku modeli mikroskopowych (np. decyzja o wyborze pasa ruchu przez kierowcę wynika nie tak, jak w przypadku modeli mikroskopowych z wzajemnych oddziaływań między pojazdami a z gęstości ruchu na danym pasie). Z kolei w podejściu mikroskopowym każdy pojazd w sieci analizowany jest na poziomie indywidualnym i podlega stałej kontroli podczas symulacji w zakresie czasu podróży, zmiany prędkości, przyspieszenia, trajektorii ruchu i zatrzymań z uwzględnieniem interakcji z innymi użytkownikami dróg oraz reakcji na bodźce zewnętrzne (np. spowodowane sygnalizacją świetlną lub informacjami wyświetlanymi na znakach zmiennej treści). Modele mikroskopowe zawierają trzy behawioralne składniki, które odpowiadają za ruch pojazdu w sieci, tj. modele jazdy za liderem, zmiany pasa ruchu oraz akceptacji luk czasowych. Techniki mikrosymulacji pozwalają ponadto na oszacowanie

zastępczych miar bezpieczeństwa ruchu np. wykorzystując model oceny miar zastępczych (SSAM - Surrogate Safety Assessment Model).

Ze względu na to, że poszczególne pakiety i programy komputerowe wspomagające budowę modeli systemów transportu posiadają funkcjonalności, które je wyróżniają i czynią użytecznymi dla różnych potrzeb, zasadne jest stosowanie szerokiego wachlarza oprogramowania zintegrowanego, uzupełniającego się oraz umożliwiającego wspomaganie procesu projektowania, planowania i zarządzania operacyjnego. Podczas prac badawczych, obejmujących wybór oprogramowania wspomagającego budowę narzędzi analitycznych (poszczególnych klas modeli), oprócz stopnia zaawansowania pakietów programów, diagnozy ich wykorzystywania przez jednostki naukowe i administracyjne na świecie, dokonałem identyfikacji możliwości przepływu danych, pomiędzy poszczególnymi klasami modeli. Uwzględniono ponadto kryteria doświadczenia lokalnych kadr w zakresie stosowania poszczególnych pakietów komputerowych, dostępność oprogramowania w jednostkach administracyjnych oraz możliwość pozyskania i wykorzystania danych z innych modeli podróży (modelu krajowego, wojewódzkiego i aglomeracyjnego). Ostatecznie do realizacji modelu wielopoziomowego wybrano następujące pakiety oprogramowania: w klasie modeli makroskopowych – VISUM (PTV Group), w klasie modeli mezoskopowych – SATURN (ATKINS and University of Leeds), w klasie modeli mikroskopowych – VISSIM (PTV Group). Zasadne jest również opracowywanie nowych aplikacji, modeli i narzędzi, które pozwolą na usprawnienie i rozszerzenie możliwości zastosowania modelu oraz wykorzystania zakresu danych pozyskanych automatycznie.

Integracja modelu wielopoziomowego w Systemie Planowania Ruchu

Obecnie na świecie jednostki planowania i zarządzania transportem wykorzystują modele systemów transportu, jednakże najczęściej nie są one zintegrowane (pod względem organizacyjnym, logicznym i strukturalnym) w kompozycji wielopoziomowej oraz bezpośrednio z usługami lub będącymi zespołami usług systemami ITS, co wskazuje na innowacyjność rozwiązania wdrożonego w Gdyni. Integracja jest bowiem zadaniem skomplikowanym - zarówno z badawczego, jak i organizacyjnego punktu widzenia, gwarantuje jednak najlepsze rezultaty w postaci trwałej poprawy sprawności zarządzania ruchem w zakresie planowania rozwoju i usprawnień systemu transportu oraz działań operacyjnych.

W ramach badań naukowych rozpoznałem możliwości wykorzystania danych z modułów i urządzeń systemu TRISTAR [I.B.3] w poszczególnych klasach modeli (wyniki badań podsumowałem dodatkowo w tab. 1).

W referacie [I.B.4] przedstawiłem architekturę przepływu danych w zintegrowanym systemie zarządzania ruchem TRISTAR, w której uwzględniłem strukturę gromadzenia i wymiany danych pomiędzy różnymi podsystemami, w tym z Systemem Planowania Ruchu. Zwróciłem również uwagę na możliwość pozyskania dodatkowych zbiorów danych, które mogą być przydatne w modelowaniu systemów transportu, jakimi są dane z pojazdów poruszających się w sieci drogowej. Opisaną ideę rozwinąłem w artykule [I.B.5]. Obserwujemy obecnie intensyfikację rozwoju usług współpracujących C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems), pozwalających na wymianę informacji pomiędzy pojazdem a infrastrukturą lub innymi pojazdami. W artykule wskazałem kierunki działań, które umożliwią dostosowanie systemu TRISTAR do świadczenia usług C-ITS z uwzględnieniem konieczności integracji baz danych z Systemem Planowania Ruchu. Dane pozyskane z usług C-ITS w znaczącym stopniu przyczynią się do podniesienia dokładności analiz prowadzonych z wykorzystaniem wielopoziomowego modelu ruchu oraz będą wspierać procesy kalibracji i weryfikacji modeli.

Tabela. 1. Źródła danych dla poszczególnych klas modeli (źródło: opracowanie własne na podst. [I.B.3])

Makroskopowy (A), Mezoskopowy (B), Mikroskopowy (C)						
	Stacje Pomiaru	DRIVERS	pCoq	Kamera ANPR	Skaner WiFi	Hurtownia Danych
Natężenia ruchu	A,B,C	A,B,C	A,B,C	A,B,C		A,B,C
Struktura rodzajowa potoku ruchu	A,B,C					A,B,C
Średnia prękość w przekroju	A,B,C	A,B,C	A,B,C	A,B,C	A,B,C	A,B,C
Przepustowość/natężenie nasycenia	A,B					A,B
Struktura kierunkowa ruchu	A,B,C	A,B,C				
Czas przejazdu na odcinku drogi			A,B	A,B	A,B	A,B
Długość kolejek		B				B
Parametry sterowania (podział światła zielonego, przesunięcie fazowe, długość cyklu)			B			B
Średnie straty czasu na skrzyżowaniu						B
Straty czasu na wlotach skrzyżowania						B, C
Odstęp między pojazdami	B,C	B,C		B,C		
Prędkość chwilowa	C		C	C	C	
Czasy przejazdu transportem zbiorowym (TZ)						A
Opóźnienia/przyspieszenia pojazdów TZ						A
Czas obsługi pasażerów TZ na przystankach						A

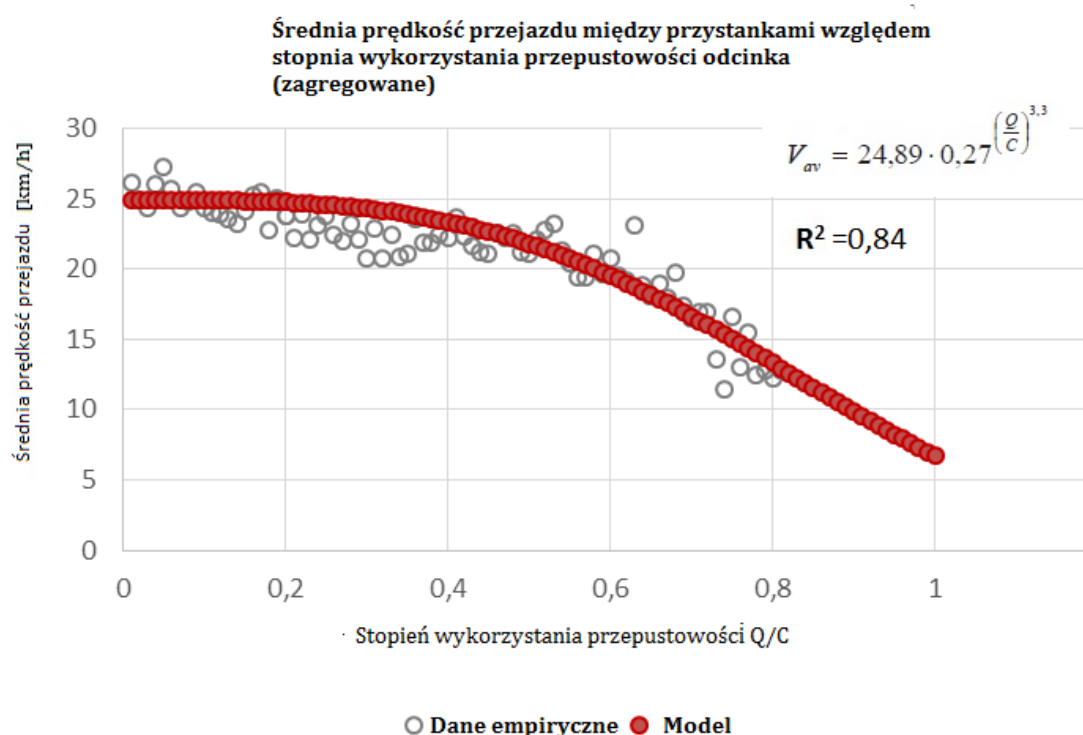
Poziomy zarządzania i klasy modeli w strukturze wielopoziomowej

W kolejnych pracach badawczych zweryfikowałem możliwości wykorzystania narzędzi wielopoziomowego modelu systemów transportu na poszczególnych poziomach zarządzania i w poszczególnych klasach modeli. Jedną z metod oceny wpływu usprawnień systemu transportu na poziom jego sprawności jest zastosowanie modeli opracowanych z wykorzystaniem oprogramowania symulacyjnego, co w wielu przypadkach pozwala na ograniczenie zakresu badań terenowych.

Poziom strategiczny – klasa modeli makroskopowych

Poziom strategiczny obejmuje dostarczanie danych do opracowania polityki transportowej, wykonania prac planistycznych, wykonanie studiów sieciowych. Przewidziano wykorzystanie programu VISUM, gdyż stosowany on jest już w modelu dla dróg krajowych oraz w modelu wojewódzkim i aglomeracyjnym. W pracy [I.B.6] przedstawiłem proces budowy modelu oraz propozycję oceny funkcjonowania transportu zbiorowego z wykorzystaniem modelowania na poziomie makroskopowym. W ramach prowadzonych badań naukowych opracowałem metodykę budowy modelu, biorąc pod uwagę dostępne dane. Razem ze współautorem artykułu opracowaliśmy poszczególne elementy w strukturze czterostopniowej modelu makroskopowego, przeprowadziłem ponadto ocenę wyników badań z wykorzystaniem wskaźników obsługi i miar syntetycznych. Kolejny etap badań dotyczył modelowania charakterystyk ruchu z wykorzystaniem danych

gromadzonych w bazach danych systemu TRISTAR. Opracowane modele i zależności były użyteczne w kalibracji modeli makro i mezoskopowych w strukturze wielopoziomowej Systemu Planowania Ruchu. Usługi ITS są cennym źródłem informacji o charakterystykach ruchu drogowego, zarówno w odniesieniu do transportu indywidualnego, jak i zbiorowego. Niestety, prowadzonych jest niewiele badań mających na celu opracowanie modeli, umożliwiających szacowanie prędkości pojazdów transportu zbiorowego w zależności od warunków ruchu wzdłuż arterii miejskich, jak również modeli czasu podróży pojazdów oraz analiz fundamentalnych zależności parametrów ruchu z wykorzystaniem danych z rozwiązań ITS. W referacie [I.B.7] przedstawiono metodę modelowania prędkości pojazdów transportu zbiorowego na podstawie danych z systemu TRISTAR. W artykule wyjaśniono, w jaki sposób można gromadzić, wykorzystywać i łączyć różne dane w celu opracowania modeli prędkości. Przedstawiono wyniki analiz i zaproponowano model prędkości pojazdów transportu zbiorowego. Opracowany model prędkości dla dróg klasy G (drogi główne) o przekroju 2/2, z uwzględnieniem stopnia wykorzystania przepustowości (rys. 3), może być stosowany w aktualizacji istniejących rozkładów jazdy transportu zbiorowego, jak również został zastosowany podczas kalibracji modeli makroskopowych w modelu wielopoziomowym. Mój wkład w badania obejmował opracowanie metodyki prac badawczych na podstawie studiów literatury, metodyki budowy modeli, nadzór merytoryczny i udział w opracowaniu modeli w zakresie doboru zmiennych pozyskanych z Systemu Planowania Ruchu systemu TRISTAR oraz metodę uwzględnienia wpływu parametrów ruchu drogowego na prędkość pojazdów transportu zbiorowego, interpretację wyników i ich weryfikację.



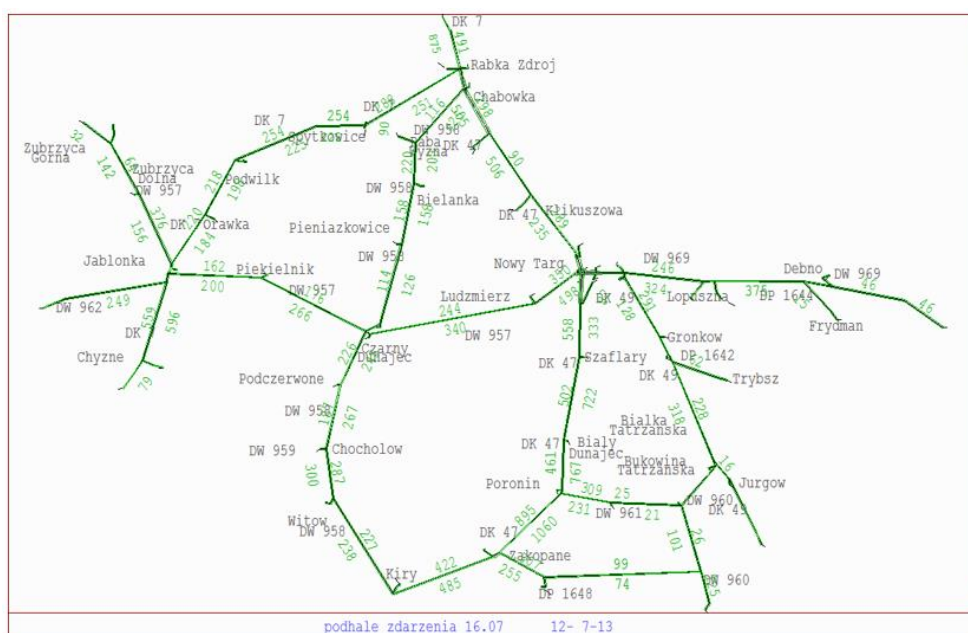
Rys. 3. Średnia prędkość przejazdu między przystankami autobusowymi względem stopnia wykorzystania przepustowości odcinka drogi (źródło: [I.B.7])

Poziom taktyczny – klasa modeli mezoskopowych

Poziom taktyczny obejmuje dostarczanie danych do opracowania materiałów decyzyjnych dotyczących projektów transportowych (studia sieciowe, korytarzowe, studia wykonalności), opracowania projektów organizacji ruchu, strategii i projektów sterowania ruchem oraz oceny

efektywności podejmowanych działań. Obiektem badań jest w tym przypadku sieć transportowa, wydzielony obszar sieci oraz ciąg drogowy lub uliczny. Przewidziano wykorzystanie w pracach badawczych oprogramowania SATURN lub programu VISUM, w zależności od celu badań naukowych i dostępnych danych.

W referacie [I.B.8] zaprezentowałem metodykę badań i wybrane wyniki badań naukowych, mających na celu określenie efektywności wdrożenia Inteligentnego Systemu Sterownia Ruchem Regionu Podhalańskiego (ISSRRP), które prowadziłem na zlecenie Zarządu Dróg Wojewódzkich w Krakowie. W badaniach naukowych wykorzystałem modele mezoskopowe, które opracowałem na podstawie danych o parametrach ruchu z urządzeń detekcji i informacji wyświetlanych na znakach zmiennej treści ISSRRP. Modele zostały skalibrowane z wykorzystaniem danych o natężeniach ruchu i czasach przejazdu trasami alternatywnymi z uwzględnieniem możliwości wyboru trasy przez kierowców na podstawie informacji wyświetlanych na tablicach zmiennej treści. W badaniach rozkładów ruchu w warunkach przekazywania informacji kierowcom o czasach przejazdu trasami alternatywnymi sparametryzowałem i zastosowałem model deterministyczny, który zakłada wiedzę o czasie podróży poszczególnymi trasami, redukując czynnik losowy, jakim jest niepewność w procesie podejmowania decyzji (rys. 4).



Rys. 4 Kartogram natężeń ruchu - zdarzenie w dniu 16.07.2012 godz. 8:50 (źródło: [II.F.6])

W referacie [I.B.9] przedstawiono wyniki pierwszych w Polsce badań naukowych, w których podjęto próby modelowania czasu podróży na podstawie danych z usług ITS wzdłuż arterii miejskich. Wyniki pokazują, że zastosowane modele osiągnęły niesatysfakcjonujący poziom zgodności z wartościami pomierzonymi i dlatego nie powinny być implementowane w modelach ruchu, wspomagających w czasie rzeczywistym systemy sterowania za pomocą sygnalizacji świetlnej. Wiąże się to z nadmiernym uogólnieniem fundamentalnych zależności parametrów ruchu drogowego (natężenie, gęstość, prędkość), które podlegają dynamicznym zmianom w zależności nie tylko od pory dnia, ale także od warunków atmosferycznych lub występowania zdarzeń niepożądanych. Dokładność wyników jest natomiast satysfakcjonująca w przypadku zastosowania wyników badań w kalibracji modelu ruchu dla obiektu, jakim jest odcinek drogi. Mój udział w badaniach naukowych obejmował opracowanie koncepcji prac badawczych na podstawie studiów literatury, określeniu celu pracy i przedstawieniu metodyki budowy modeli. Ponadto nadzorowałem proces badawczy i brałem udział w opracowaniu zależności gęstość-

prędkość-natężenie oraz funkcji VDF w zakresie doboru zmiennych pozyskanych z Systemu Planowania Ruchu systemu TRISTAR, weryfikacji i interpretacji wyników oraz ich walidacji z wykorzystaniem kontrolnego zestawu zmiennych. Rozwiązałem problem badawczy w zakresie opracowania modeli, które zostały wykorzystane w kalibracji makroskopowego i mezoskopowego modelu systemów transportu.

Wielopoziomowy model ruchu (w warstwach makroskopowej i mezoskopowej) posłużył ponadto do realizacji pracy badawczej, w której analizowałem wpływ wyznaczenia dedykowanych miejsc dostaw w pasie drogowym na sprawność systemu transportu miasta Gdyni [I.B.10]. W związku ze specyfiką sposobu obsługi dostaw, która determinuje czasową zajętość pasa drogowego, w metodyce badań, którą opracowałem, wykorzystałem model dynamicznego rozkładu ruchu. W celu uzyskania bardziej wiarygodnych wyników w procesie stochastycznego rozkładu ruchu w sieci zastosowałem model quasi-dynamiczny, w którym formujące się w układzie drogowym kolejki są uwzględniane (kumulują się lub podlegają redukcji) w kolejnych przedziałach czasowych symulacji. Rozkład dynamiczny umożliwia odzwierciedlenie procesu, w którym pojazd dostawczy zatrzymuje się w pasie drogowym przez krótki okres czasu. Model uwzględnia zatem dynamikę zmian warunków ruchu w przypadku zajęcia pasów w wyznaczonych dla pojazdów dostawczych miejscach oraz zmiany parametrów ruchu rozłożone w czasie. W ramach badań przeanalizowałem również wpływ wdrożenia rozwiązania na środowisko naturalne poprzez oszacowanie emisji spalin. Przeprowadzone prace badawcze wpływu wyznaczenia dedykowanych miejsc dostaw na sprawność systemu transportu są pierwszymi w Polsce. Pierwszy etap systemu dedykowanych miejsc dostaw został wprowadzony w ubiegłym roku w obszarach centralnych Gdyni.

Poziom operacyjny – klasa modeli mikroskopowych

Poziom operacyjny obejmuje dostarczanie wyników badań, które stanowią podstawę do opracowania szczegółowych projektów organizacji ruchu, programów sterowania ruchem, projektów obsługi transportowej wybranych obiektów oraz wizualizacji funkcjonowania obiektów transportowych. Obiektem badań jest w tym przypadku ciąg drogowy lub uliczny, odcinek linii transportu zbiorowego lub pojedyncze skrzyżowanie. Przewidziano wykorzystanie w pracach badawczych oprogramowania VISSIM.

W projekcie CIVITAS DYN@MO modele mikroskopowe zostały wykorzystane między innymi do przygotowania symulacji ruchu na wybranych skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną w ramach badań, mających na celu wybór logiki sterowania, która pozwoli na priorytyzację niechronionych użytkowników dróg (rys. 5).



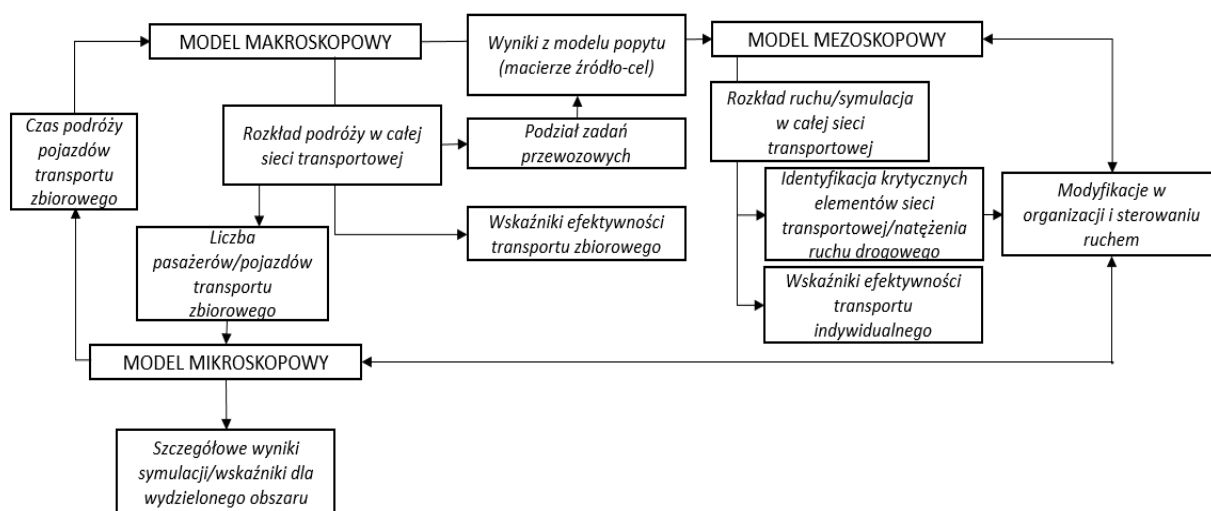
Rys. 5 Mikrosymulacja ruchu pojazdów i pieszych na skrzyżowaniu ulic Derdowskiego i Żeromskiego w Gdyni (źródło: opracowanie własne na podst.[II.J.5])

Metody badań, które opracowałem i zastosowałem podczas przedstawionych w autoteferacie prac, wykorzystałem do przygotowania metodyki analiz badawczych w projekcie RID 4D. Modele mikroskopowe zostały wykorzystane między innymi w zadaniu badawczym, jakim było określenie wpływu wybranych usług ITS (w przedstawionym przykładzie - elektronicznego poboru opłat na wjazdach na autostradę) [I.B.11] na sprawność i bezpieczeństwo ruchu oraz wskazanie możliwości poprawy funkcjonowania obiektu transportowego. Modele mikrosymulacyjne opracowane w ramach projektu umożliwiły uzyskanie informacji na temat trajektorii przemieszczania się każdego pojazdu w ruchu drogowym. W ramach badań przeprowadzono analizy trajektorii, które umożliwiły oszacowanie oczekiwanej liczby konfliktów ruchowych w różnych scenariuszach organizacji i sterowania ruchem. Mój wkład w powstanie tej pracy obejmował kierowanie badaniami naukowymi, opracowanie metodyki badań, nadzór nad prowadzonymi badaniami terenowymi i symulacyjnymi oraz zestawienie, interpretację i weryfikację wyników badań.

Integracja poziomów zarządzania i klas modeli

Struktura wielopoziomowego modelu systemów transportu umożliwia elastyczny wybór i wykorzystanie poszczególnych klas modeli i ich grupowanie w zależności od zdefiniowanego zadania badawczego i celu badań naukowych, opracowanej metodyki analiz oraz dostępnych danych.

Kolejne zastosowanie wielopoziomowego modelu transportu w badaniach, w którym wykorzystano wszystkie klasy modeli, przedstawiłem na przykładzie analiz efektywności wdrożenia wydzielonych pasów dla pojazdów transportu zbiorowego [I.B.12]. W artykule przedstawiłem powiązania poszczególnych warstw modelu wielopoziomowego i metodykę badań z wykorzystaniem modelu (rys .6), którą opracowałem oraz wyniki badań naukowych.



Rys, 6 Metodyka badań z wykorzystaniem modelu wielopoziomowego systemów transportu.
(źródło: [I.B.12])

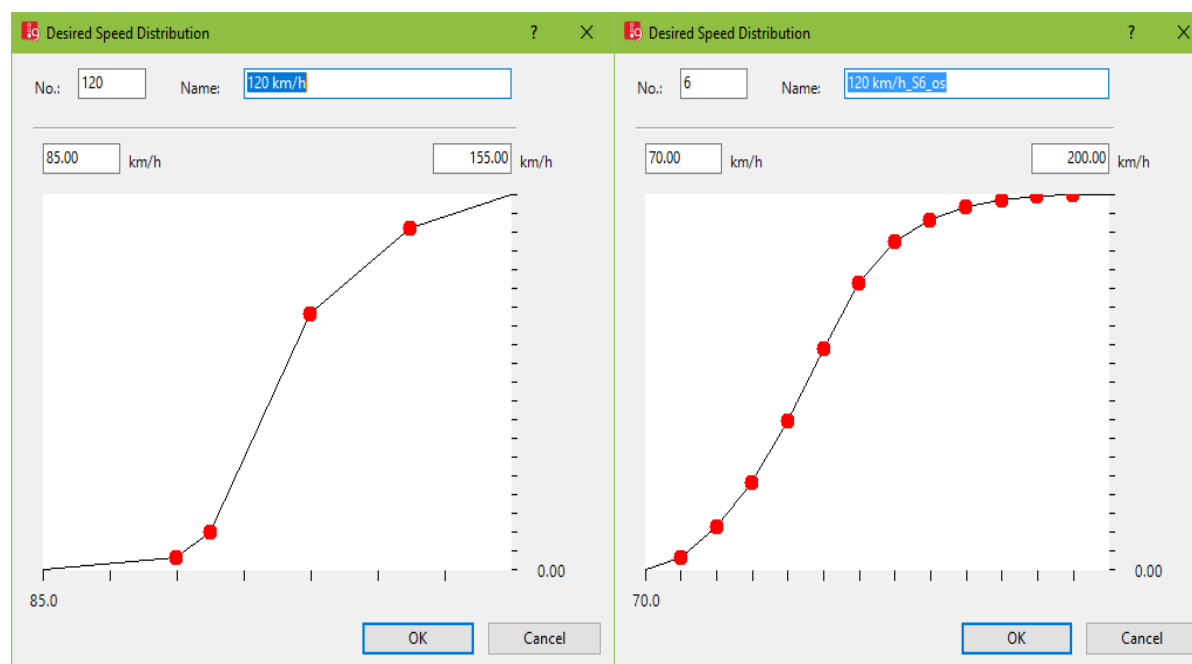
Przepływ danych pomiędzy poszczególnymi poziomami modelu możliwy jest dzięki zastosowaniu odniesień referencyjnych (jednolita numeracja rejonów transportowych, węzłów lub połączeń między węzłami). Model makroskopowy stanowi bazę do badań związanych ze zmiennością popytu transportowego (zmiany w zagospodarowaniu przestrzennym oraz danych socjo-ekonomicznych i demograficznych) oraz podziałem zadań przewozowych pomiędzy poszczególnymi środkami transportu, z uwzględnieniem zmian popytu na transport zbiorowy lub indywidualny na skutek wprowadzanych usprawnień (ze względu na zmiany czasu lub kosztów podróży). Model makroskopowy stanowi ponadto podstawę do wstępnych analiz rozkładu ruchu i podróży odbywanych transportem zbiorowym i indywidualnym. Macierze podróży, obliczone w modelu makroskopowym stanowią podstawę do rozkładu ruchu w modelu mezoskopowym (korekta rozkładu z uwzględnieniem

szczegółowej organizacji ruchu). Model mezoskopowy umożliwia identyfikację krytycznych elementów sieci transportowej pod kątem kolejek na wlotach skrzyżowań z uwzględnieniem blokowania wstecznego oraz analizę możliwych usprawnień organizacji ruchu (organizacja na wlotach skrzyżowań, wstępna korekta programów sygnalizacji, zastosowanie innego typu skrzyżowania, wprowadzenie sygnalizacji itp.), które mogą przyczynić się do poprawy funkcjonowania systemu transportowego (poprawy sprawności lub bezpieczeństwa ruchu). W badaniach uwzględnia się wpływ wprowadzanych usprawnień na całą sieć transportową miasta. Zalecane zmiany organizacji ruchu mogą być uwzględnione w mikrosymulacji, którą zasilają dane z modelu mezoskopowego w odniesieniu do transportu indywidualnego i makroskopowego w odniesieniu do transportu zbiorowego. Model mikroskopowy pozwala na szczegółową analizę wpływu proponowanego usprawnienia na poziomie lokalnym oraz szczegółowe określenie niezbędnych zmian np. w systemie sterowania ruchem (zmiany te można wprowadzić ponownie do modelu mezoskopowego i powtórzyć analizę). W modelach mezoskopowych i mikroskopowych przeprowadza się korektę rozkładu ruchu, czasu podróży poszczególnymi odcinkami sieci transportu indywidualnego i zbiorowego, o które to parametry zostaje uaktualniony model makroskopowy. W modelu makroskopowym przeprowadzony zostaje ponowny rozkład, co pozwala na modyfikację macierzy podróży dla poszczególnych środków transportu z uwzględnieniem zaktualizowanych wyborów podróżujących. W wyniku przeprowadzonych badań otrzymujemy wartości kluczowych wskaźników efektywności systemu transportu zbiorowego, a po przeprowadzeniu ponownego rozkładu w modelu mezoskopowym dla transportu indywidualnego. Porównanie kluczowych wskaźników efektywności pozwala na wybór pożądanego rozwiązania, umożliwiając rozwiązanie problemu badawczego.

Opracowaną metodykę analizy wykorzystałem w badaniach zasadności realizacji wydzielonych pasów i wpływu zmian na sprawność systemu transportowego miasta Gdyni. Wiele z planowanych i analizowanych zmian zostało zrealizowanych. Przedstawiłem ponadto zakres, w jakim wielopoziomowy model systemów transportu został wykorzystany podczas opracowywania Planu Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Gdyni. Model został wykorzystany w procesie podejmowania decyzji i w pracy nad opracowaniem planu oraz podczas konsultacji społecznych, między innymi poprzez prezentację wyników i wizualizację badań na dedykowanym portalu internetowym, dzięki czemu osiągnąłem cel, który wyznaczyłem podczas przygotowywania założeń do realizacji modelu wielopoziomowego systemów transportowych w Systemu Planowania Ruchu.

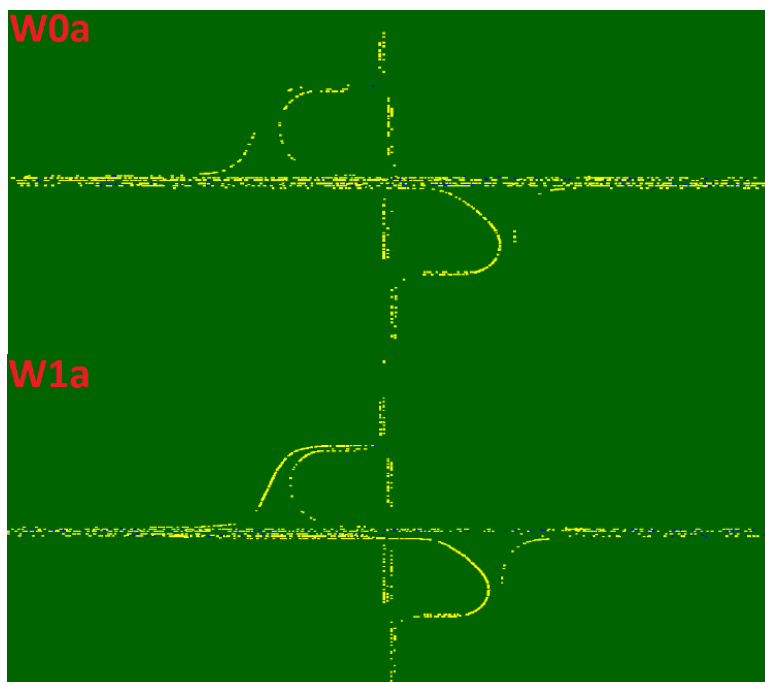
Metody badań, które opracowałem i zastosowałem podczas przedstawionych w autoteferacie prac, wykorzystałem do przygotowania metodyki analiz badawczych w projekcie RID 4D. Przykładowe wyniki przedstawiono dla badań wpływu wybranych usług ITS (elektronicznego poboru opłat na wjazdach na autostradę [I.B.11] oraz zarządzania zdarzeniami niepożądanymi na autostradach i drogach ekspresowych [I.B.13]) na poziom sprawności i bezpieczeństwa ruchu. Na podstawie danych pozyskanych z funkcjonujących na polskich autostradach i drogach ekspresowych rozwiązań ITS (przede wszystkim danych o parametrach ruchu ze stacji pomiaru ruchu, danych pozwalających na wyznaczenie tras pojazdów ciężarowych z systemu ViaToll oraz danych o komunikatach przekazywanych kierowcom za pośrednictwem znaków zmiennej treści) a także informacji o natężeniach ruchu w sieci drogowej z wykorzystaniem Krajowego Modelu Ruchu Drogowego oraz Generalnego Pomiaru Ruchu opracowano modele testowe korytarza obejmującego drogi główne, alternatywne i połączenia między nimi z uwzględnieniem klasy i przekroju drogi głównej, topologii sieci drogowej w korytarzu, typu skrzyżowań i węzłów drogowych oraz intensywności ruchu. Na podstawie modeli testowych zidentyfikowałem i oszacowałem wartości kluczowych wskaźników efektywności systemu transportu. Obliczone wskaźniki stanowiły wkład do zasilania modelu z wykorzystaniem metody AHP (Analytic Hierarchy Process) w celu identyfikacji usług, które mają największy wpływ na efektywność i bezpieczeństwo ruchu. Weryfikację jakości wyników uzyskanych z modeli testowych i poprawności modelu AHP przeprowadziłem z wykorzystaniem modeli rzeczywistych układów drogowych. W badaniach naukowych wykorzystałem ideę wielopoziomowego modelowania ruchu. Innowacyjność

zaproponowanego podejścia polega na uwzględnieniu w modelu tras alternatywnych i przeprowadzeniu badań w korytarzu autostrady i drogi ekspresowej. Do oceny wpływu usług ITS na bezpieczeństwo i efektywność ruchu wykorzystano makroskopowe modele symulacyjne (oprogramowanie VISUM), modele mezoskopowe (SATURN) oraz modele mikroskopowe (PTV VISSIM). Model makroskopowy wykorzystano do uzyskania danych na temat rozkładu ruchu dla modeli mezo i mikroskopowych. Podstawowe analizy przeprowadzono w modelach mezo i mikroskopowych, które zostały skalibrowane danymi z funkcjonujących rozwiązań ITS (rys. 7).



Rys. 7 Porównanie domyślnego rozkładu prędkości pojazdów osobowych w modelu VISSIM (po lewej) i rozkładu empirycznego w warunkach polskich (po prawej) na drodze ekspresowej (źródło: opracowanie własne na podst. [II.F.3.10]).

W badaniach z zakresu oceny bezpieczeństwa ruchu drogowego prowadzonych w projekcie RID 4D wykorzystałem miary zastępcze, po raz pierwszy w Polsce w odniesieniu do usług ITS. Parametry ruchu drogowego i zachowania użytkowników dróg, które umożliwiają identyfikację i ocenę zmian mających wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego określa się jako zastępcze miary bezpieczeństwa. Zastępcze miary bezpieczeństwa mają swoje źródło w konfliktach w ruchu drogowym. Teoria konfliktów jest metodą stosowaną podczas badań terenowych w celu identyfikacji zdarzeń konfliktowych w układzie drogowym poprzez odnotowywanie przypadków nagłego hamowania lub zmiany toru jazdy w celu uniknięcia przez kierowcę zderzenia z innym uczestnikiem ruchu drogowego. Zastępcze miary bezpieczeństwa można również oszacować za pomocą technik mikrosymulacji (rys. 8).



Rys. 8 Lokalizacja konfliktów na drodze ekspresowej (S 2/2 – natężenie ruchu 1700 poj./godz./pas) bez usługi dozowania ruchu na wjazdach (W0a) i z usługą (W1a), (źródło: opracowanie własne na podst. [II.F.3.10]).

Wyniki badań zostały wprowadzone do modelu AHP, umożliwiając uwzględnienie w analizach wielokryterialnych kryterium bezpieczeństwa ruchu. Metodę zastosowałem również w gdyńskim modelu wielopoziomowym, rozwiązując problem badawczy, którym był brak uwzględnienia czynnika bezpieczeństwa ruchu w badaniach rozwiązań organizacji i sterowania ruchem.

Podsumowanie

Przedstawiony dorobek naukowy w zakresie problematyki integracji modeli systemów transportowych z rozwiązaniami z zakresu ITS pochodzi głównie z doświadczeń zebranych w ramach realizacji projektów badawczych CIVITAS DYN@NO, FLOW oraz RID-4D. W projekcie CIVITAS DYN@MO pełniłem funkcję lidera zespołu badawczego, który między innymi opracował i wdrożył wielopoziomowy model systemów transportu miasta Gdyni, integrując narzędzie z Systemem Planowania Ruchu. Opracowany i wdrożony wielopoziomowy model ruchu został wykorzystany podczas przygotowywania strategicznych dokumentów miasta, między innymi Planu Zrównoważonej Mobilności Miejskiej oraz znajduje zastosowanie w szacowaniu wybranych wskaźników monitorowania i ewaluacji realizacji planu. W ramach projektu CIVITAS DYN@MO prowadziłem badania naukowe, w których z wykorzystaniem modelu wielopoziomowego analizowałem wpływ przekształceń układu drogowego i zmian organizacji ruchu (wprowadzenie uspokojenia ruchu lub ruchu współdzielonego na wybranych ulicach miasta), realizacji nowych linii transportu zbiorowego oraz organizacji ruchu pojazdów ciężarowych na sprawność systemu transportowego, których wyniki uwzględniłem w Planie Zrównoważonej Mobilności Miejskiej. W ramach projektu badawczego FLOW, w którym pełniłem funkcję kierownika z ramienia Politechniki Gdańskiej, wielopoziomowy model ruchu w Systemie Planowania Ruchu został rozbudowany o model ruchu rowerowego. W projekcie prowadziłem ponadto badania mające na celu wypracowanie rozwiązań umożliwiających priorytetyzację pieszych i rowerzystów w ruchu drogowym. Przeprowadzone badania naukowe pozwoliły na rozwiązanie problemów badawczych, związanych z wyborem i wdrożeniem najbardziej efektywnych usprawnień w organizacji i sterowaniu ruchem.

Celem naukowym projektu RID 4D, w którym pełniłem funkcję kierownika z ramienia Politechniki Gdańskiej było opracowanie narzędzi umożliwiających ocenę wpływu projektowanych rozwiązań Inteligentnych Systemów Transportowych na bezpieczeństwo ruchu drogowego, w szczególności w kontekście realizacji Krajowego Systemu Zarządzania Ruchem. We współpracy z Politechniką Warszawską, Instytutem Transportu Samochodowego, Instytutem Badawczym Dróg i Mostów oraz Wojskową Akademią Techniczną opracowana została wzorcowa systematyka usług ITS oraz katalog usług o największym znaczeniu dla bezpieczeństwa i efektywności ruchu oraz zostały określone wskaźniki umożliwiające ocenę wpływu projektowanych rozwiązań ITS na bezpieczeństwo ruchu. Wpływ usług określany był przy użyciu wysokiej klasy symulatorów jazdy i oprogramowania symulacyjnego Visum/Saturn/Vissim (model wielopoziomowy) z uwzględnieniem modeli bezpieczeństwa ruchu drogowego. Model wielopoziomowy posłużył do opracowania wielokryterialnych metod oceny wpływu usług ITS na bezpieczeństwo i sprawność ruchu (metody badawczej i uproszczonej metody operacyjnej) oraz wytycznych oceny zmian poziomu bezpieczeństwa ruchu w zależności od przyjętych rozwiązań usług ITS.

W prowadzonych na tym etapie badaniach naukowych wsparcie stanowiły dla mnie doświadczenia praktyczne, które zdobyłem podczas opracowania architektury ITS dla systemu TRISTAR, kierowania zespołem nadzorującym wdrożenie systemu oraz odpowiedzialnym za jego utrzymanie i rozwój. W trakcie opisywanych badań współpracowałem z wieloma ośrodkami naukowymi w Europie i Polsce.

Ponadto wielopoziomowy model ruchu zastosowałem również w ramach badań naukowych w projekcie FLOW dotyczących wyboru rozwiązań, które doprowadzą do poprawy warunków ruchu drogowego i jednocześnie bezpieczeństwa pieszych na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną oraz w ramach projektu CIVITAS DYN@MO do oceny wpływu występowania zdarzeń niepożądanych na sprawność systemu transportu, w symulacjach wykrywania zdarzeń niepożądanych na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną oraz w badaniach związanych z drogowym transportem ładunków (opracowanie metodyki i dokonanie oceny wpływu zastosowania systemu ważenia pojazdów w ruchu w ograniczeniach ruchu ciężkiego na warunki ruchu i emisję spalin). Wielopoziomowy model systemów transportu i dane pozyskane z rozwiązań ITS mogą również znaleźć zastosowanie w systemach zarządzania bezpieczeństwem ruchu. Dzięki wdrożeniu w ostatnich latach nowych usług ITS w polskich miastach i na drogach krajowych możliwe jest usprawnienie systemu zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego na poziomie strategicznym (planowanie) i operacyjnym. Narzędzia Systemu Planowania Ruchu mogą wspomagać opracowywanie strategii zarządzania ruchem podczas wystąpienia zdarzenia niepożądanego lub w przechowywujących duże ilości danych ze zintegrowanych systemów zarządzania transportem. Bazy te powinny być integrowane i udostępniane jako „otwarte dane” w celu poprawy usług i aplikacji ITS, stymulując powstawanie nowych oraz umożliwiając zasilanie modeli transportowych. sytuacjach kryzysowych np. w ramach planów ratowniczych.

Wpisanie wykorzystania modelu wielopoziomowego w struktury administracyjne zarządzania transportem determinuje konsolidację współpracy poszczególnych jednostek, co mogłem zaobserwować na przykładzie miasta Gdyni, gdzie wdrożenie Systemu Planowania Ruchu pozwoliło na intensyfikację i integrację działań komórek planistycznych oraz zespołów zarządzających ruchem drogowym i transportem zbiorowym. Połączenie w jedną strukturę modelu wielopoziomowego z Systemem Planowania Ruchu, który został realizowany w ramach systemu TRISTAR pozwoliło na wykorzystanie danych pochodzących z automatycznych pomiarów ruchu w sferze operacyjnej zarządzania transportem, jak również w analizach planistycznych.

Przeprowadzone badania naukowe potwierdzają, że dane pozyskane z usług ITS mogą być z powodzeniem wykorzystywane do opracowania i weryfikacji modeli systemów transportu oraz kalibrowania ich do warunków lokalnych. Dzięki szerokiemu zakresowi danych gromadzonych

w sposób ciągły, możliwa jest aktualizacja, rozwijanie modeli i opracowywanie nowych. Struktura baz danych w systemach zarządzania ruchem oraz możliwy do pozyskania format danych, ich znaczna liczba oraz stopień agregacji często wymagają dodatkowych zabiegów przetworzenia danych w celu dostosowania zbiorów dla celów badawczych. Należy zwracać uwagę na rzetelność i dokładność pozyskiwanych informacji, które wymagają wstępnej weryfikacji przed wykorzystaniem ich w modelowaniu.

Głównym osiągnięciem wyników zawartych w cyklu wskazanych publikacji jest opracowanie metodyki badawczej budowy i zastosowania modeli systemów transportu w nowoczesnym zarządzaniu ruchem drogowym, wykorzystującym zaawansowane narzędzia planistyczne oraz rozwiązania z obszaru Inteligentnych Systemów Transportu. Wskazane prace zdefiniowały szereg szczegółowych procedur postępowania badawczego oraz sposobu opisu problemów i metod badawczych. Metody te można wykorzystać do rozwiązania różnorodnych, zaawansowanych zagadnień naukowych i inżynierskich. Opracowane algorytmy postępowania, w tym modele matematyczne i symulacyjne, umożliwiły pozyskanie wyników pozwalających na bardzo szczegółowy przegląd parametrów opisujących stan systemu transportu z uwzględnieniem zjawisk statycznych i dynamicznych. Reasumując, przedstawiony dorobek wchodzący w skład osiągnięcia naukowego dotyczy następujących obszarów badawczych:

- aplikacji innowacyjnych i interdyscyplinarnych badań systemów transportowych, wspieranych przez zaawansowane symulacje komputerowe;
- problemów integracji metod badawczych obiektów transportowych, zakładających różne poziomy dokładności badań z uwzględnieniem zastosowania danych z usług Inteligentnych Systemów Transportu,
- wykorzystania technologii pomiarowych i modeli symulacyjnych, jako narzędzia do bezpiecznego i świadomego zarządzania transportem w zakresie planowania, projektowania, transformowania i eksploataowania systemów transportu, w szczególności do oceny i monitorowania stanu sprawności i bezpieczeństwa ruchu oraz jakości funkcjonowania systemów transportowych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

5.1 Działalność naukowo-badawcza

W 1996 roku zostałem zatrudniony w Katedrze Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej na stanowisku asystenta. Od samego początku pracy naukowej moje zainteresowania koncentrowały się wokół inżynierii drogowej, a zwłaszcza planowania i modelowania systemów transportowych oraz bezpieczeństwa ruchu. Głównymi obszarami moich prac były analizy statystyczne i modelowanie podróży, a także prognozowanie ruchu.

Dzięki bliskiej współpracy Katedry Inżynierii Drogowej z administracją rządową i samorządową jako młody naukowiec miałem możliwość zdobywania doświadczeń zawodowych zarówno w wymiarze podejścia teoretycznego, jak i aplikacyjnego. Moje publikacje z tego okresu odnoszą się do analiz możliwości poprawy bezpieczeństwa metodami i środkami organizacji ruchu, planowania przestrzennego oraz usprawnienia organizacji struktur i działań w zakresie ratownictwa drogowego [II.E.c.60], [II.E.c.62], [II.E.c.66], [II.E.c.72], [II.E.c.75-76], [II.E.c.80-83]. Szczególnie problemy badawcze z zakresu Inteligentnych Systemów Transportu, narzędzi modelowania systemów transportu i wykorzystania wyników w procesie prognozowania były obszarem moich szerokich zainteresowań, co umożliwiło mi wzięcie udziału w opracowaniu pierwszych prac koncepcyjnych budowy architektury i planowania wdrożeń rozwiązań ITS w Aglomeracji Trójmiejskiej [III.M.c.4], [III.M.c.6-7]. Efekty prac badawczych, realizowanych w tym zakresie zaprezentowałem w [II.E.c.59], [II.E.c.61], [II.E.c.63], [II.E.c.64-65], [II.E.c.67-71], [II.E.c.73-74], [II.E.c.77-78].

Współpraca z zagranicą zawsze była dla mnie ważnym elementem pracy naukowo-badawczej. W związku z przygotowaniem doktoratu z zakresu modelowania transportu drogowego konsultowałem się z dr Dirck Van Vliet podczas pobytu w Institute for Transport Studies, University of Leeds [III.L.5] oraz wziąłem udział w stażu w VTI - Swedish National Road and Transport Research Institute w ramach „Advanced International Training Program on Traffic Safety Management for Central and Eastern Europe” [III.L.6]. Brałem też udział w międzynarodowych konferencjach organizowanych przez zagraniczne instytucje naukowe, [II.L.a.44] oraz konferencjach międzynarodowych [II.L.a] i krajowych [II.L.b].

Zdobyte doświadczenia, wykorzystałem m.in. w opracowaniu Krajowego Programu Poprawy Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego GAMBIT 2000 [III.M.c.15] oraz programów wojewódzkich i miejskich [III.M.c.10-14]. Uczestniczyłem również w opracowaniu wielu prac studialnych, w których zajmowałem się modelowaniem systemów transportu, prognozowaniem ruchu i analizami ruchu drogowego [III.M.c.1], [III.M.c.3], [III.M.c.8-9], [III.M.c.16-22]. Brałem także udział, jako wykładowca w szkoleniach kadr bezpieczeństwa ruchu drogowego i przygotowywałem materiały szkoleniowe do kursów szkoleniowych z zakresu brd [III.M.c.5], [III.M.d.1-7].

W 1998 roku wziąłem udział we wspólnym przedsięwzięciu, jakim była aktualizacja monografii pt. „Węzły drogowe i autostradowe”, opracowywanej pod redakcją prof. Ryszarda Krystka, w której opublikowałem nowe rozdziały dotyczące komputerowych technik projektowania węzłów [II.E.c.79].

W październiku 2005 roku po obronie rozprawy pt. Wpływ struktury sieci ulicznej na sprawność i efektywność funkcjonowania transport drogowego w miastach uzyskałem stopień naukowy doktora i kontynuowałem pracę w Katedrze Inżynierii Drogowej na stanowisku adiunkta. Po doktoracie moje zainteresowania naukowo-badawcze, oprócz badań z zakresu inżynierii i bezpieczeństwa ruchu drogowego, zaczęły obejmować w większym zakresie również zagadnienia związane z nowoczesnym zarządzaniem ruchem drogowym z wykorzystaniem usług ITS. Prowadzoną przeze mnie działalność naukowo-badawczą można podzielić na cztery główne nurty tematyczne:

- badania, planowanie i aplikacja nowoczesnych metod i środków zarządzania transportem,
- rozwój modeli, metod i narzędzi w operacyjnym zarządzaniu bezpieczeństwem ruchu,
- modelowanie podróży i prognozowanie ruchu,
- planowanie zrównoważonej mobilności miejskiej.

Badania, planowanie i aplikacja nowoczesnych metod i środków zarządzania transportem to bardzo ważny kierunek mojej działalności badawczej, a także wdrożeniowej. Inteligentne Systemy Transportu oferują narzędzia służące wzmocnieniu systemów transportowych w miastach i w zamiejskich sieciach drogowych, poprzez racjonalizację wykorzystania istniejącej infrastruktury, zwiększenie jej niezawodności oraz oddziaływanie na zmiany zachowań transportowych mieszkańców, przy jednoczesnej redukcji kosztów funkcjonowania transportu. Pod pewnymi względami ITS są jak ludzki organizm - elementy i funkcje są tak wzajemnie powiązane, że działania podejmowane w jednym obszarze często wpływają na inny. Dlatego też kluczowe znaczenie ma badanie obiektów i usług ITS zgodnie z przemyślanym i systematycznym podejściem. Architektura ITS pomaga instytucjom w określeniu, jak projekt wpisuje się w szerszy regionalny lub krajowy kontekst zarządzania transportem. W architekturze ITS możemy wyróżnić trzy podstawowe elementy, którymi są usługi dla użytkowników (tworzące grupy usług w złożonych rozwiązaniach ITS, czyli systemach), architektury logicznej (definiującej sposób przepływu informacji pomiędzy poszczególnymi usługami) i architektury fizycznej, będącej wynikiem powiązań obiektów zaangażowanych lub składających się na daną usługę. Usługa ITS stanowi korzyść z perspektywy użytkownika, którym

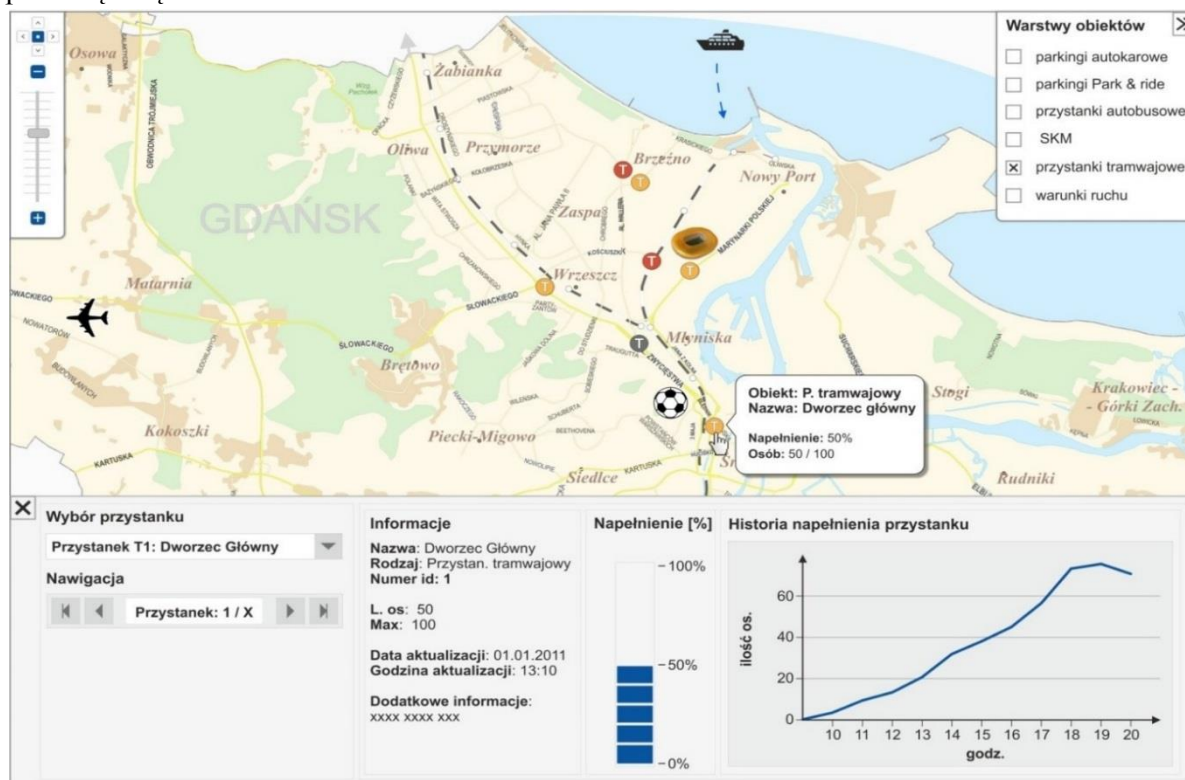
może być ogół społeczeństwa lub operator systemu zawierającego rozwiązania ITS. Główną przyczyną stosowania inteligentnych systemów zarządzania transportem jest konieczność realizacji działań na rzecz ograniczenia negatywnych skutków rozwoju motoryzacji i wzrostu jakości usług przewozowych w warunkach zmiennego popytu transportowego.

Po pierwszych doświadczeniach zdobytych przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora nadal rozwijałem moje zainteresowania związane z projektowaniem i wdrożeniami zintegrowanych systemów zarządzania ruchem, angażując się w projekty realizowane na zamówienie administracji rządowej i samorządowej. W publikacjach z okresu poprzedzającego wdrożenie systemu TRISTAR [I.B.1], [II.E.b.5], [II.E.b.6], [II.E.c.39], [II.E.c.46], [II.E.c.47], [II.E.c.57], [II.E.c.58] koncentrowałem się na badaniach uwarunkowań i założeń do jego realizacji, opracowaniu architektury regionalnej ITS, zdefiniowaniu zakresu obszarowego, oszacowaniu spodziewanych efektów zastosowania nowoczesnych rozwiązań w zarządzaniu ruchem miejskim oraz wskazaniu pojawiających się możliwości integracji systemu transportu drogowego z innymi rodzajami systemów (kolejowym, lotniczym, śródlądowym i morskim). Podczas przygotowywania publikacji korzystałem z doświadczeń zdobytych w trakcie uruchomienia systemu sterowania ruchem SCATS w ciągu ul. Morskiej w Gdyni w roku 2005. Nadzór nad wdrożeniem projektu pilotażowego, obserwacja funkcjonowania systemu po jego realizacji i przeprowadzone badania, pozwoliły na identyfikację problemów badawczych oraz sformułowanie wniosków, które uwzględniłem podczas przygotowań do budowy systemu TRISTAR [II.E.c.49], [II.E.c.50].

W 2008 roku wziąłem udział we wspólnym przedsięwzięciu, jakim była kolejna aktualizacja monografii pt. „Węzły drogowe i autostradowe” opracowywana pod redakcją prof. Ryszarda Krystka, w której byłem współautorem nowego rozdziału, dotyczącego stosowania inteligentnych systemów transportu na drogach szybkiego ruchu [II.E.b.4]. Za tę publikację w 2009 roku otrzymaliśmy wyróżnienie Ministra Infrastruktury [III.D.3].

Doświadczenia w projektowaniu architektur ITS wykorzystałem podczas pełnienia nadzoru meryterocznego nad zespołem, który uruchamiał kolejne elementy zintegrowanego systemu zarządzania ruchem TRISTAR [II.B.1]. Trójmiejskie wdrożenie z zakresu ITS to pierwsze w Polsce rozwiązanie o bardzo wysokim stopniu zawansowania struktury funkcjonalnej, logicznej i fizycznej, umożliwiające w przyszłości integrację różnych rodzajów systemu transportu oraz rozwój idei TMaaS (Traffic Management as a Service – zarządzanie ruchem jako usługa) oraz MasS (Mobility as a Service – mobilność jako usługa) poprzez wykorzystanie danych z systemu oraz powiązanie ich z innymi usługami transportowymi pojawiającymi się w miastach (np. rower miejski, współdzielone samochody) oraz w otoczeniu systemu transportowego obszarów miejskich (np. nowe technologie w dziedzinie przewozu ładunków i pasażerów). Doświadczenie zdobyte podczas uruchamiania poszczególnych modułów systemu TRISTAR przyczyniło się do opracowania kolejnych publikacji, w których poddawałem analizie rolę i możliwości stosowania grup usług ITS w usprawnieniu zarządzania ruchem drogowym. Ze względu na negatywny wpływ rosnącego zatłoczenia sieci drogowych na środowisko naturalne, bezpieczeństwo ruchu i niezawodność czasu podróżowania, zarządcy dróg coraz częściej wprowadzają rozwiązania, które przyczyniają się do redukcji natężenia ruchu samochodowego lub bardziej efektywnego wykorzystania przepustowości sieci drogowej. W publikacjach [II.E.c.14], [II.E.c.17], [II.E.c.23], [II.E.c.26], przedstawiłem metody i środki sterowania ruchem zastosowane między innymi w systemie TRISTAR, które umożliwiają priorytetowy przejazd pojazdów transportu zbiorowego przez skrzyżowania wyposażone w sygnalizację świetlną. Zaprezentowane rozwiązania przyczyniają się do redukcji natężenia ruchu samochodów poprzez wzmocnienie konkurencyjności środków transportu zbiorowego. Do wzrostu natężenia ruchu przyczyniają się między innymi kierowcy, którzy poszukują wolnych miejsc parkingowych. Wdrożenie rozwiązań stosowanych w Systemie Informacji Parkingowej w Trójmieście i analogicznych systemach funkcjonujących

w innych miastach pozwala na redukcję natężenia ruchu oraz racjonalne wykorzystanie wolnych miejsc postojowych [II.E.c.21], Metody i środki zarządzania ruchem, które opracowano w ramach Systemu Informacji dla Kierowców [II.E.a.9], [II.E.c.13] pozwalają na wzrost efektywności wykorzystania przepustowości oraz poprawę poziomu niezawodności czasowej funkcjonowania systemu transportu poprzez przekierowanie i dyspersję ruchu w sieci drogowej. Systemy informacji przyczyniają się ponadto do poprawy stanu bezpieczeństwa poprzez ostrzeganie kierowców o nietypowych warunkach podróżowania lub zdarzeniach na drodze. W wymienionych powyżej publikacjach dotyczących wybranych grup usług ITS wskazywałem na konieczność gromadzenia wybranych danych zebranych z urządzeń detekcji oraz przetworzonych przez moduły systemu TRISTAR w dedykowanych bazach [II.E.c.22]. Odpowiednia struktura baz umożliwia integrację danych oraz ich wykorzystanie przez poszczególne usługi systemu, ze szczególnym uwzględnieniem Systemu Planowania Ruchu, którego rolę przedstawiłem w cyklu publikacji „Metodyka opracowania i zastosowania modeli systemów transportu w nowoczesnym zarządzaniu ruchem drogowym” [I.B1-I.B.13]. Przedstawiona w publikacjach ostateczna, szczegółowa struktura funkcjonalna poszczególnych grup usług ITS systemu TISTAR oraz struktura logiczna w zakresie wykorzystania danych przez poszczególne elementy systemu w znacznym zakresie została opracowana przeze mnie przy wsparciu zespołu, którym kierowałem podczas realizacji przedsięwzięcia.



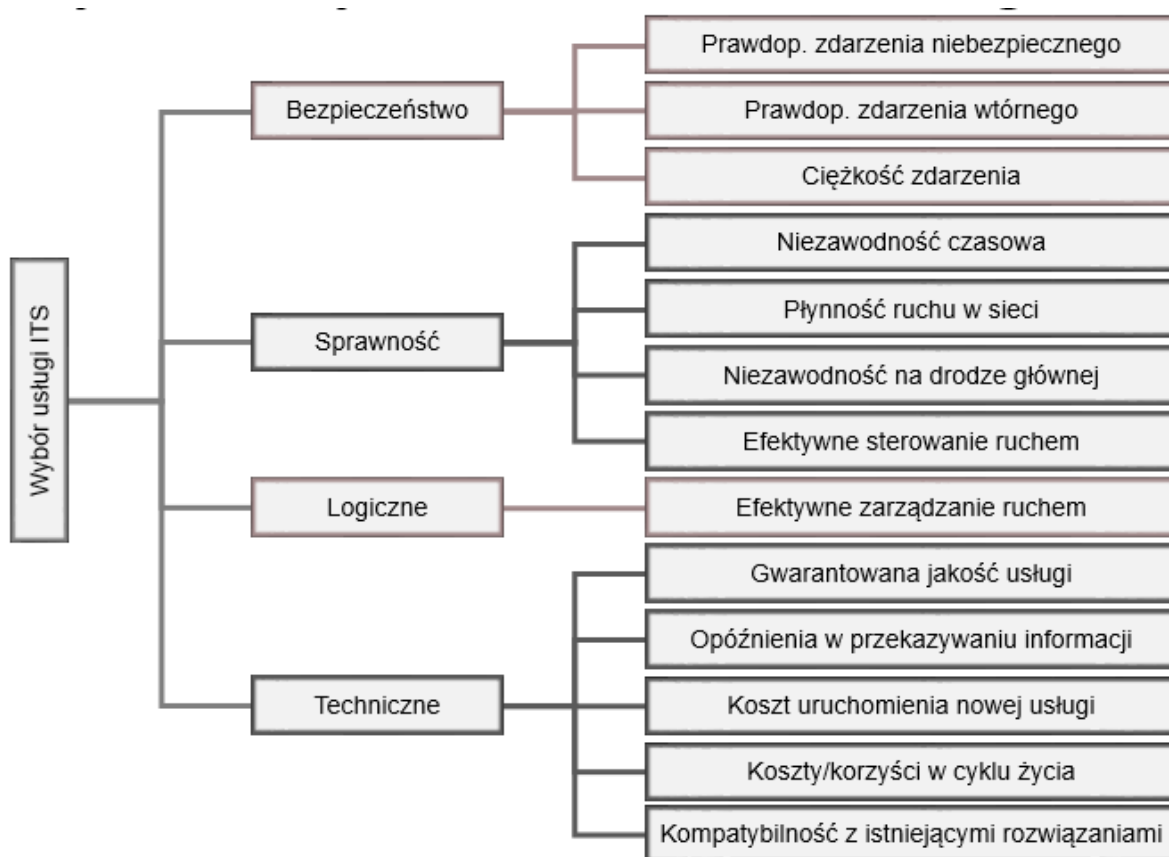
Rys. 9 Propozycja interfejsu użytkownika platformy informacyjnej (źródło: [II.F.7])

Zebrane doświadczenia pozwoliły zespołowi Katedry Inżynierii Drogowej na udział w projekcie badawczym CIVITAS MIMOSA, w ramach którego uczestniczyłem w wykonaniu badań dotyczących zastosowania systemów ITS do zarządzania transportem w czasie organizowania wielkich imprez masowych na przykładzie Gdańska [II.F.7]. Wyniki opracowanych przeze mnie badań uformowały koncepcję platformy informacyjnej (rys. 9), która posłużyła do opracowania rozwiązania wykorzystywanego przez służby miejskie w trakcie imprez masowych w ramach EURO 2012 w Gdańsku przedstawiłem w artykułach [II.E.c.33], [II.E.c.35].

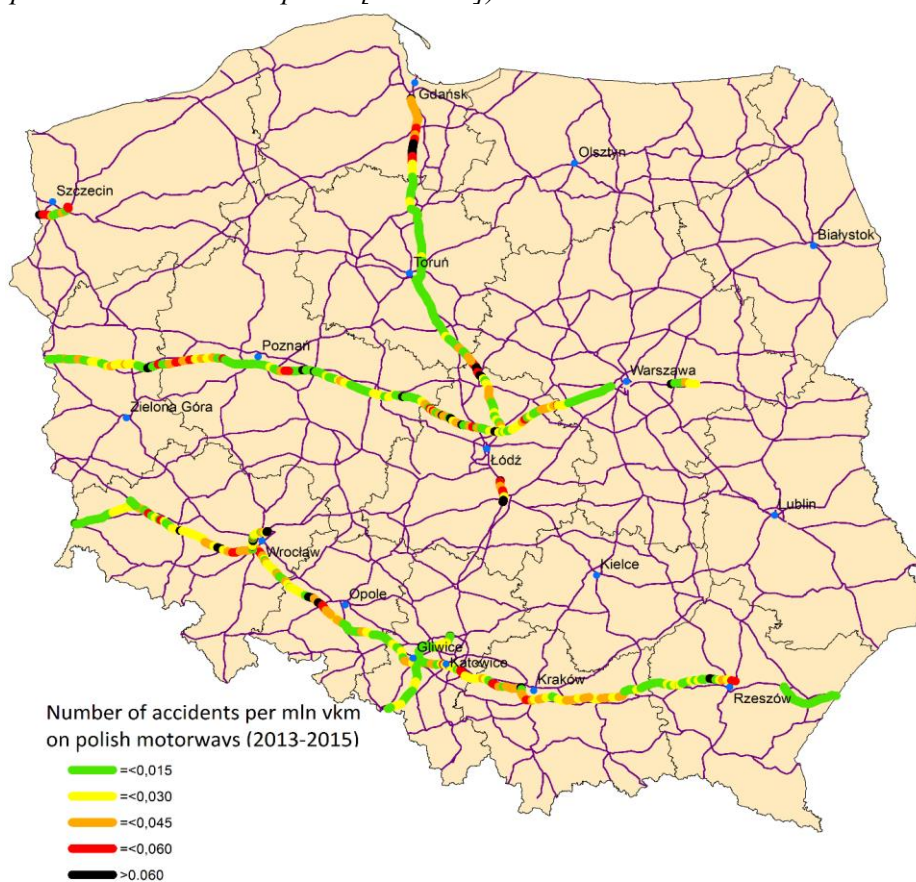
W tym okresie prowadziłem również badania nad sposobami wykorzystania rozwiązań ITS w logistyce miejskiej [II.E.c.38], [II.E.c.42], [II.E.c.45], [II.E.c.48]. W ramach projektu

badawczego CIVITAS DYN@MO (2013-2016), w którym uczestniczył zespół naukowo-badawczy Katedry Inżynierii Drogowej pełniłem funkcję lidera grup badawczych realizujących wybrane zadania [III.F.1]. Opracowany i wdrożony w ramach jednego z tych zadań wielopoziomowy model podróży umożliwił przeprowadzenie wielu analiz w zakresie logistyki miejskiej, ze szczególnym uwzględnieniem ruchu pojazdów dostawczych. W referacie [II.E.a.7] przedstawiłem opracowaną w ramach badań naukowych metodykę i przykład oceny wpływu zastosowania systemu ważenia pojazdów w ruchu (WIM - Weigh-in-Motion) w ograniczeniach ruchu ciężkiego na warunki ruchu i emisję spalin. Zagadnienia związane z przewozem ładunków znalazły kontynuację w publikacji [II.E.a.6], w której wskazałem możliwości wykorzystania modelu wielopoziomowego w badaniach transportu towarowego oraz możliwości wykorzystania danych z pojazdów przewoźników w usprawnianiu i rozwijaniu miejskich usług ITS. Obecnie prace w ramach rozwoju systemu TRISTAR prowadzone są w kierunku dołączania kolejnych elementów infrastruktury (przede wszystkim skrzyżowań z sygnalizacją świetlną i tablic informacji pasażerskiej na przystankach transportu zbiorowego). Planujemy również wdrożenie innowacyjnego rozwiązania, pierwszego w Polsce kontrapasa autobusowego w warunkach zmiennokierunkowej organizacji ruchu. Nadzorowałem ponadto wdrożenie systemu otwartych danych, które są udostępniane w czasie rzeczywistym i mogą posłużyć do opracowania nowych usług i aplikacji wspomagających użytkowników systemu transportowego. Gdyńskie otwarte dane współpracują z Krajowym Punktem Dostępu Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w zakresie automatycznej wymiany informacji o utrudnieniach w ruchu. Zastosowane formaty danych i standardy ich wymiany (między innymi zalecany przez Komisję Europejską DATEX II) dostarczają możliwości rozszerzenia zakresu przesyłanych danych.

Nowoczesne metody i środki zarządzania ruchem znajdują zastosowanie nie tylko w miastach, ale również na drogach zamieszkanych. W 2015 roku wspólnie z innymi naukowcami z Katedry Inżynierii Drogowej aplikowałem o finansowanie badań w konkursie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad pn. Rozwój Innowacji Drogowych (RID). Celem tego przedsięwzięcia było zrealizowanie i wdrożenie wyników projektów badawczych z zakresu poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego i efektywności systemu zarządzania ruchem, a także opracowanie optymalnych norm i standardów planowania, projektowania, technologii oraz budowy i eksploatacji dróg w Polsce. Osiem z dziewięciu projektów, o które aplikowaliśmy uzyskało finansowanie. W ramach projektu RID 4D „Wpływ stosowania usług Inteligentnych Systemów Transportowych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego“ (2016-2018) zespół, którym kierowałem z ramienia Politechniki Gdańskiej przeprowadził badania stosowanych na drogach krajowych usług i grup usług (systemów) ITS, wykorzystywanych w zarządzaniu ruchem drogowym. Badania naukowe prowadzone były w kontekście trwających wdrożeń z zakresu Krajowego Systemu Zarządzania Ruchem [II.E.c.15]. Jako jeden z głównych autorów wniosku aplikacyjnego opracowałem metodykę prowadzenia badań, w szczególności w zakresie przeprowadzenia analiz z wykorzystaniem modeli systemów transportu oraz opracowania metody wielokryterialnej AHP (rys. 10) oceny wpływu usług ITS na poziom sprawności i bezpieczeństwo ruchu [II.E.a.3.], [II.E.c.10]. W ramach prac badawczych wraz z zespołem opracowałem między innymi diagnozę stanu rozwoju usług ITS na drogach krajowych w Polsce [II.E.c.4] (na podstawie danych pozyskanych z funkcjonujących rozwiązań ITS) oraz katalog wpływu poszczególnych usług ITS na sprawność i bezpieczeństwo ruchu (rys.11) [II.E.a.5], [II.E.c.1], [II.E.c.5] (na podstawie studiów literatury oraz ankiet przeprowadzonych pośród zarządców transportu oraz instytucji związanych z ratownictwem na drogach). Jednym z kluczowych zadań badawczych było opracowanie polskiej systematyki usług ITS [II.E.a.4], w której dokonaliśmy klasyfikacji rozwiązań z zakresu ITS stwarzając podstawy do przeprowadzenia badań ankietowych i przygotowania katalogu. Wyniki badań prezentowałem na wielu konferencjach naukowych, krajowych i międzynarodowych [II.L].



Rys. 10 Kryteria wyboru zalecanego scenariusza wdrożeń usług ITS przyjęte w metodzie AHP (źródło: opracowanie własne na podst. [II.F.3.11]).



Rys. 11 Liczba wypadków na milion pojkm na polskich autostradach (lata 2013-2015), (źródło: [II.E.c.2]).

Oprócz prac związanych z badaniami, planowaniem i aplikacją nowoczesnych metod i środków zarządzania transportem w celu poprawy poziomu sprawności systemów transportu, moje główne zainteresowania objęły również **rozwój modeli, metod i narzędzi w operacyjnym zarządzaniu bezpieczeństwem ruchu**. W roku 2000 zespół pod kierownictwem profesora Ryszarda Krystka opracował GAMBIT 2000 - Krajowy Program Poprawy Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego [III.M.c.15]. Celem programu było ukierunkowanie działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. W roku 2004, na zlecenie Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, wspólnie z Katedrą Inżynierii Drogowej opracowaliśmy aktualizację programu rządowego, dostosowując go do nowych realiów i celów, jakie wiązały się z wejściem Polski do Unii Europejskiej. W ten sposób powstał Krajowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2005-2007-2013, któremu nadano akronim GAMBIT 2005 [III.M.c.2]. W tym okresie byłem współautorem kolejnych programów bezpieczeństwa ruchu drogowego wdrażanych na szczeblu samorządowym – GAMBIT Warmińsko-Mazurski, GAMBIT Lubelski, GAMBIT Olsztyński [III.M.c.10-14]. Podczas opracowywania programów poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego na poziomie lokalnym, regionalnym lub krajowym zajmowałem się zagadnieniami badawczymi związanymi z organizacją i funkcjonowaniem ratownictwa drogowego oraz zastosowaniem rozwiązań ITS w zarządzaniu bezpieczeństwem ruchu [II.E.c.55], [II.E.c.60]. Powyższe prace, realizowane przed obroną rozprawy doktorskiej pozwoliły na zdobycie doświadczeń, które wykorzystałem podczas realizacji projektu badawczego pt. Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu ZEUS [II.J.7]. Celem badawczym tego projektu było opracowanie modelu zintegrowanego systemu bezpieczeństwa transportu dla naszego kraju. Cel ten realizowany był przez konsorcjum czterech uczelni odpowiedzialnych za cztery gałęzie transportu. W ramach projektu prowadziłem prace badawcze w zakresie funkcjonowania systemu ratownictwa na drogach oraz zastosowania usług ITS w poprawie bezpieczeństwa ruchu drogowego [II.F.9], Wyniki badań przeprowadzonych w ramach projektu opublikowałem w monografiach [II.E.b.1], [II.E.b.2]. W publikacjach [II.E.c.30], [II.E.c.40], [II.E.c.52] wskazałem przesłanki do wdrożenia rozwiązań z zakresu ITS użytecznych w zarządzaniu bezpieczeństwem ruchu oraz ich lokalizację w architekturze systemu TRISTAR i jego strukturze funkcjonalnej. Zdarzenia niepożądane na drodze wpływają na obniżenie poziomu niezawodności systemów transportu oraz bezpieczeństwa ruchu. W artykule [II.E.a.11] przedstawiłem możliwości podniesienia poziomu niezawodności i bezpieczeństwa transportu w sieci ulicznej poprzez zastosowanie rozwiązań z zakresu Inteligentnych Systemów Transportu. Systemy zarządzania ruchem i ratownictwem na drogach, wykorzystujące m.in. automatyczną detekcję, nadzór wizyjny, technologie komunikacyjne oraz rozwiązania instytucjonalne, usprawniają organizację pracy poszczególnych służb biorących udział w zarządzaniu zdarzeniami. Automatyzacja zarządzania zdarzeniami przyczynia się do skrócenia czasu akcji ratowniczej, jak również czasu normalizacji przepływu ruchu po jej zakończeniu, co wpływa również na zmniejszenie ryzyka wystąpienia zdarzeń wtórnych oraz przyczynia się do zmniejszenia ciężkości wypadków. Rozwój usług Inteligentnych Systemów Transportu jako uzupełnienie środków długofalowej polityki transportowej stwarza możliwości rozwiązywania pojawiających się problemów, w tym problemu bezpieczeństwa w transporcie. Beneficjentami usług ITS są nie tylko służby drogowe. Nowe rozwiązania dotyczące oprogramowania i urządzeń stosowane są również w instytucjach uczestniczących w działaniach ratowniczych (służby medyczne, jednostki straży pożarnej) oraz prewencyjnych (np. związanych z kontrolą prędkości). Rozwiązania ITS wykorzystywane przez zarządy dróg oraz służby ratownicze i służby prewencyjne dostarczają danych szczegółowych na temat zdarzeń drogowych oraz innych dużych zbiorów danych (ang. big data), które mogą być wykorzystywane w sferze planistycznej i operacyjnej zarządzania bezpieczeństwem [II.E.a.11]. Dane te stanowią również potencjalne źródło mogące być podstawą do prowadzenia badań naukowych służących usprawnianiu i rozwijaniu nowych metod i środków poprawy bezpieczeństwa ruchu. Zachodzące dzięki rozwojowi technologicznemu zmiany, które przejawiają się w coraz szerszym zastosowaniu

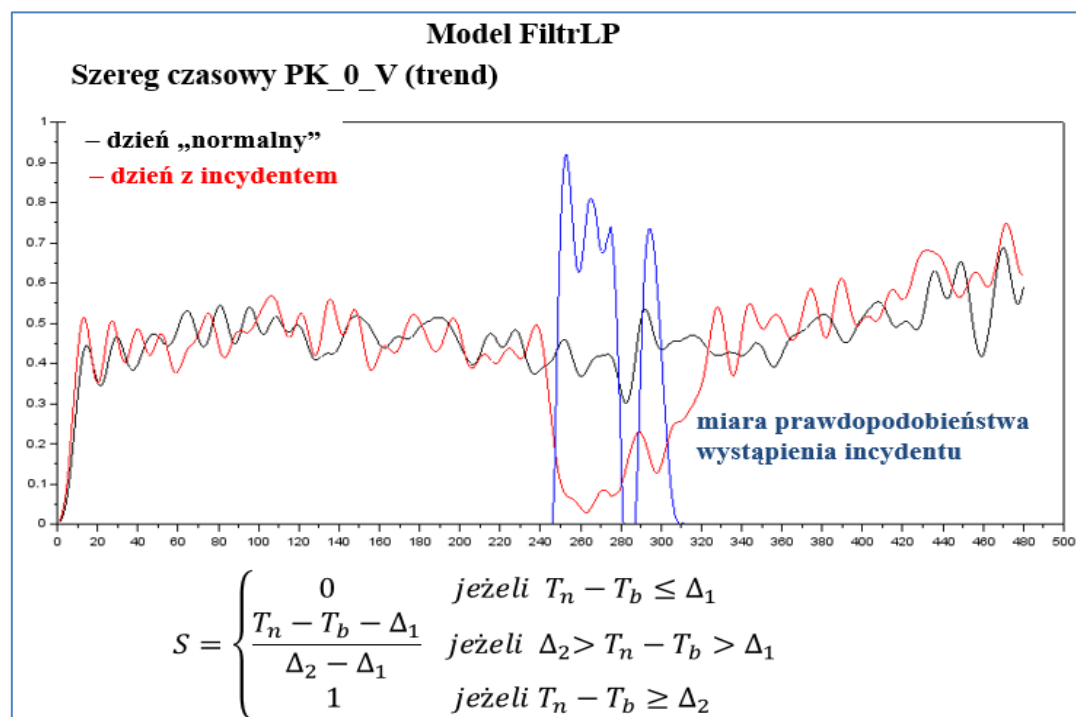
automatyzacji w procesach transportowych, uzasadniają weryfikację dotychczasowego podejścia do zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego w celu wzmocnienia integracji służb i rozwinięcia procedur ich współpracy. Celem działań operacyjnych jest maksymalne skrócenie czasu trwania czterech etapów procesu zarządzania zdarzeniami (wykrycie i weryfikacja zdarzenia, rozpoczęcie akcji ratowniczej oraz zarządzania ruchem w odpowiedzi na zdarzenie, usunięcie skutków zdarzenia tzn. przeprowadzenie akcji ratowniczej i odholowanie pojazdów oraz przywrócenie normalnych warunków ruchu) w celu zmniejszenia ciężkości wypadku, zminimalizowania czasu narażenia na ryzyko wystąpienia zdarzeń wtórnych oraz strat czasu podróży. Cel, jakim jest skrócenie czasu trwania zakłóceń spowodowanych zdarzeniem można osiągnąć poprzez zastosowanie rozwiązań ITS. Organizacja procesu zarządzania zdarzeniami (współpraca i skuteczne procedury komunikacji i podziału zadań między zaangażowanymi stronami - administracjami drogowymi i służbami ratowniczymi) jest równie ważna w poprawie skuteczności działań jak wykorzystanie zaawansowanych technologii.

Wczesne wykrycie zdarzenia przyczynia się do skrócenia czasu jego trwania oraz skrócenia czasu potrzebnego na udzielenie pomocy poszkodowanym. Wskazuje się na korzyści wynikające z redukcji zdarzeń seryjnych i wtórnych (do 29%), redukcję czasu pracy kierowców, redukcję zużycia paliwa i emisji spalin. Na podstawie wyników badań europejskich szacuje się, że stosowanie usług ITS może zmniejszyć czas reakcji i interwencji służb ratowniczych nawet o 30%. W literaturze wskazano korzyści z wykorzystania środków Inteligentnych Systemów Transportu, jakimi są redukcja zdarzeń wtórnych (15 – 38%), redukcja wypadków rodzaju „najechanie na tył pojazdu” (4-30%) oraz redukcja ciężkości zdarzeń wtórnych (21-43%). Jednym z najważniejszych przedsięwzięć, które pozwolą na znaczne zmniejszenie skutków wypadków będzie powszechne wprowadzenie ogółouropejskiego systemu szybkiego powiadamiania o wypadkach drogowych – eCall. Wdrożenie systemu eCall niewątpliwie przyczyni się do szybszego wykrycia zdarzeń niebezpiecznych, jednakże szybkiego wykrycia wymagają również inne zdarzenia, nie rejestrowane przez system, które mogą skutkować zdarzeniami wtórnymi.

Prace nad identyfikacją możliwych metod wykrywania zdarzeń niepożądanych przedstawiłem w publikacjach [II.E.c.19], [II.E.c.34], [II.E.c.43]. W artykule [II.E.c.36] przedstawiłem symulację procesu wyboru metody wykrywania zdarzeń za pomocą wielokryterialnej metody hierarchicznej AHP, którą wykorzystałem w późniejszym czasie w projekcie RID 4D. Rozmowy z przedstawicielami Straży Pożarnej wskazały korzyści, których mogą dostarczyć systemy wykrywania zdarzeń ze względu na błędy w bieżącym powiadamianiu przez świadków lub osób biorących udział w zdarzeniu oraz brak zdolności do oceny wagi incydentu. Obserwacje wykazały wpływ zdarzeń na długoterminowe zakłócenia w ruchu, które mogą być ograniczone przez wprowadzenie odpowiednich strategii zarządzania ruchem i informowania kierowców. Bez opracowania narzędzi ostrzegających wykwalifikowanych operatorów o wystąpieniu zdarzenia drogowego zaangażowanie Centrum Zarządzania Ruchem w zakresie wykrywania i zgłaszania incydentów oraz podejmowania natychmiastowych działań w celu przywrócenia normalnych warunków ruchu będzie ograniczone. Wprowadzenie powyższych ulepszeń będzie możliwe po przeprowadzaniu wielu rozmów, opracowaniu procedur i podpisaniu odpowiednich umów o współpracy. Dialog pomiędzy Centrum Zarządzania Ruchem w Gdyni i Strażą Pożarną został zainicjowany w ramach projektu CIVITAS DYN@MO.

W ramach projektu CIVITAS DYN@MO prowadzone były dalsze badania, które miały na celu opracowanie metod automatycznego wykrywania zdarzenia na podstawie danych z usług ITS [II.B.3]. Razem z zespołem, którym kierowałem opracowaliśmy algorytmy umożliwiające wykrycie zdarzenia w obrębie skrzyżowań z sygnalizacją świetlną wzdłuż arterii miejskich. W procesie modelowania wykorzystywaliśmy szeregi czasowe i sztuczne sieci neuronowe (rys. 12). Opracowałem ponadto architekturę klasyfikatora, pozwalającego na jednoczesne

zastosowanie wielu algorytmów wykrywania zdarzeń w celu podniesienia poziomu niezawodności rozwiązania. Metodykę prowadzenia prac oraz wyniki badań naukowych przedstawiłem w publikacjach [II.E.a.8], [II.E.c.8] oraz raportach z badań naukowych [II.F.1.9], [II.F.1.11], [II.F.1.12].

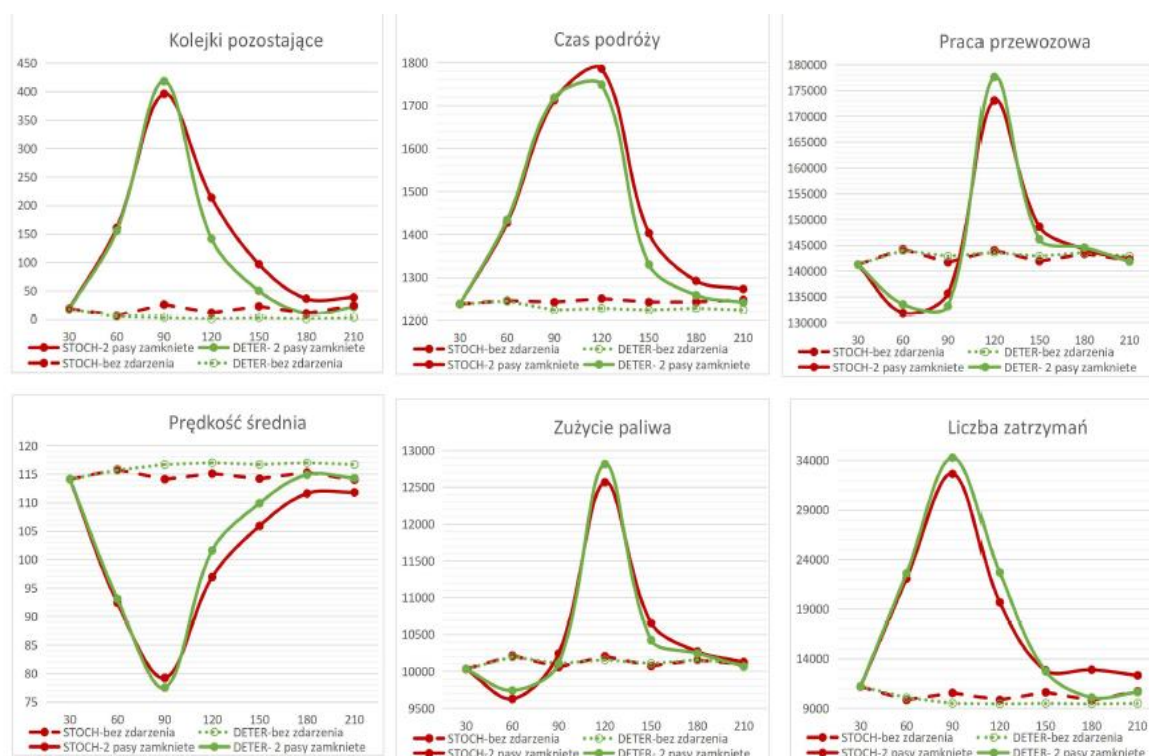


Rys. 12 Przykładowy algorytm wykrywania zdarzeń niepożądanych (źródło: [II.F.1.12]).

W ramach projektu RID 4D, którego realizacją kierowałem z ramienia Politechniki Gdańskiej opracowałem metodykę badań wpływu wdrożenia usług ITS na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz uczestniczyłem w badaniach naukowych przeprowadzonych zgodnie z przyjętą metodyką [II.E.a.3], [II.E.c.10]. W badaniach wykorzystano zastępcze miary bezpieczeństwa ruchu [I.B.10], [I.B.11], [II.F.3.10]. Podczas opracowania metody wielokryterialnej oceny wpływu usług ITS na poziom sprawności ruchu i jego bezpieczeństwo uwzględniłem m.in. kryterium logiczne, jakim jest poziom współpracy służb uczestniczących w operacyjnym zarządzaniu zdarzeniami (m.in. udział w procesie Centrów Zarządzania Ruchem) oraz poziom technologii wykorzystywanych w tym procesie. Zebrane doświadczenia pozwoliły na określenie kierunków badań i działań, związanych z automatyzacją procesów w zarządzaniu bezpieczeństwem ruchu, które przyczynią się do wzmocnienia realizacji Wizji Zero w Polsce [II.A.1].

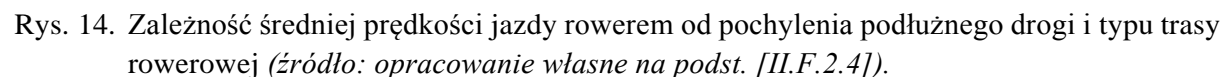
W nurcie moich badań związanych z **modelowaniem podróży i prognozowaniem ruchu** powstały przede wszystkim publikacje będące kontynuacją i rozwinięciem badań prowadzonych w trakcie przygotowywania rozprawy doktorskiej związane z tematyką modelowania i prognozowania ruchu i podróży oraz wykorzystaniem modeli w badaniach oceny efektywności zakładanych przekształceń sieci transportowych i zachowań podróżujących. Ważnym elementem moich prac badawczych były analizy, oceny stanu i prognozy rozwoju systemów transportowych, które stanowiły naukowy materiał wyjściowy dla rekomendacji zastosowania odpowiednich rozwiązań systemowych lub pojedynczych środków racjonalizatorskich, a także kształtowania polityki transportowej. Badania naukowe prowadzone z zastosowaniem modeli systemów transportu wykorzystywałem w opracowaniach dotyczących analiz dostępności, wskazań do pożądanych kierunków rozwoju systemu transportu lub analiz zasadności wprowadzenia zmian w organizacji lub sterowaniu ruchem. Przykładowe badania wpływu przekształceń struktury sieci

ulicznej na sprawność funkcjonowania transportu oraz badania dostępności transportowej obszarów portowych przedstawiłem w publikacjach [II.E.c.32], [II.E.c.44], [II.E.c.54], [II.E.c.56]. W artykule [II.E.c.27] przeanalizowałem wraz z zespołem możliwości wykorzystania modeli systemów transportowych do weryfikacji ustawień brzegowych parametrów sygnalizacji świetlnej w systemach sterowania ruchem. W publikacjach [I.B.6], [II.E.c.32] przedstawiono ocenę funkcjonowania oraz koncepcję usprawnienia systemu transportu zbiorowego w Gdyni. W pracy [I.B.10] opracowałem metodykę badań i zastosowałem ją w analizach wpływu wyznaczenia dedykowanych miejsc dostaw w pasie drogowym na sprawność systemu transportu miasta Gdyni z uwzględnieniem dynamicznego rozkładu ruchu (rys. 13).



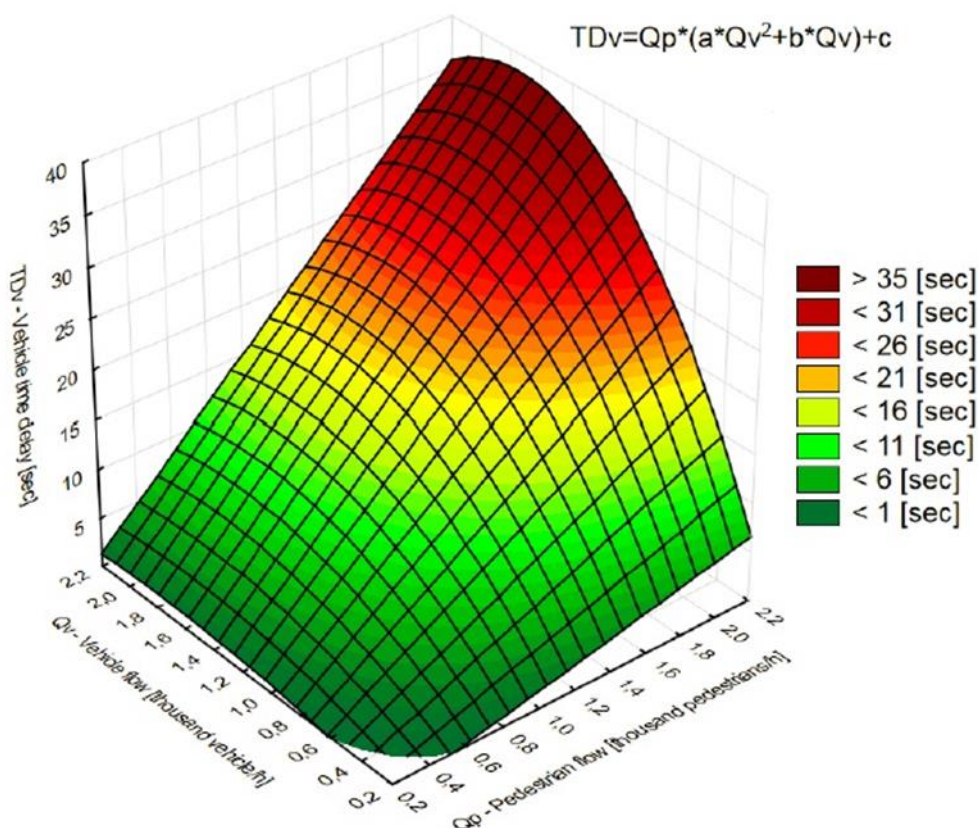
Rys. 13. Przykład miar efektywności sieci drogowej (autostrada A 2/2, scenariusz obejmujący skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, 2 pasy ruchu zablokowane), (źródło: [I.B.13]).

W ramach projektu CIVITAS DYN@MO został opracowany wielopoziomowy model [II.B.2] opisany w cyklu [I.B.1-I.B.13] oraz w publikacjach [II.E.c.28], [II.E.c.29], [II.E.c.37], [II.E.c.41]. Model, w ramach projektu FLOW, został rozwinięty o moduł ruchu rowerowego [II.B.4], zarówno w warstwie struktury sieci transportowej i rozkładu ruchu w sieci (uwzględnienie rodzaju i pochyłeń podłużnych tras rowerowych w parametryzacji rozkładu ruchu rowerowego) (rys. 14), jak i warstwie popytu poprzez rozwinięcie modelu zadań przewozowych z zastosowaniem zagnieżdżonego modelu logitowego) [II.F.2]. Obecnie powstaje artykuł opisujący zaimplementowane rozwiązania, z którym wraz z moim zespołem będziemy aplikować do czasopisma z listy A. W ramach projektu CIVITAS DYN@MO, wykorzystując model wielopoziomowy, opracowałem metodykę oraz brałem udział w przeprowadzeniu badań zasadności i efektywności wyznaczenia dedykowanych pasów autobusowych [II.E.c.6], [II.F.1.3], [II.F.1.7], [II.F.1.8] zmian organizacji ruchu w Śródmieściu z uwzględnieniem wprowadzenia ruchu współdzielonego na wybranych odcinkach sieci ulicznej [II.F.1.5], [II.F.1.9] zmian przebiegu linii transportu zbiorowego [II.F.1.2], [II.F.1.10] regulacji dostępności wybranych obszarów dla ruchu ciężkiego z uwzględnieniem powstania centrum konsolidacji ładunków [II.F.1.13]. Przeprowadziłem również badania, których wyniki pozwoliły skalibrować modele ruchu między innymi w zakresie parametryzacji rozkładów prędkości pojazdów, odstępów



Kolejnym obszarem moich zainteresowań badawczych jest **planowanie zrównoważonej mobilności miejskiej**. Realizacja założeń polityki transportowej w zakresie rozwijania zrównoważonych systemów transportowych i redukcji negatywnych skutków transportu na jakość życia mieszkańców wymaga opracowania narzędzi wspomagających ograniczenie niekontrolowanego rozwoju miast, zatłoczenia drogowego i zanieczyszczenia środowiska. Jednym ze sposobów realizacji polityki transportowej jest wykorzystanie Planu Zrównoważonej Mobilności Miejskiej, strategicznego dokumentu opracowanego w celu zaspokojenia zapotrzebowania na mobilność przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiedniej jakości życia mieszkańców. W latach 2005-2008 wzięłem udział w projekcie unijnym BUSTRIP “Baltic Urban Sustainable Transport Implementation and Planning” [II.J.8]. W ramach projektu odwiedziłem jednostki samorządowe w miastach europejskich (Goteborg, Kowno, Orebro, Turku i Bremę) zajmujące się planowaniem zrównoważonej mobilności w celu wymiany doświadczeń w tym zakresie. Zebrane doświadczenia umożliwiły opracowanie jednego z pierwszych w Polsce Planu Zrównoważonego Transportu Miejskiego (PZTM) w Gdyni na lata 2008-2015 [II.F.8], którego byłem współautorem. Główne kierunki działań uwzględnione w PZTM przedstawiłem w publikacjach [II.E.c.51], [II.E.c.53]. W kolejnych latach kontynuowałem działania w zakresie realizacji kierunków wyznaczonych przez PZTM w Gdyni, nadzorując i wspierając merytorycznie realizację projektów unijnych SEGMENT „Segmented marketing for energy efficient transport” (2010-2013) [II.J.6], INTERFACE (2010-2011) [III.A.6] oraz ENTER.HUB „European network exploiting territorial effects of railway hubs and their urban benefits” (2013-2014) [III.A.5]. Wymienione projekty miały na celu promowanie i usprawnianie ruchu rowerowego i pieszego. W tym okresie brałem również

udział w konsultowaniu „Raportu certyfikacji polityki rowerowej BYPAD w Gdyni” [III.N.4]. W ramach opisywanego wcześniej projektu CIVITAS DYN@MO uczestniczyłem w opracowaniu Planu Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Gdyni [II.B.3], którego realizację wspierały analizy prowadzone z wykorzystaniem wielopoziomego modelu [I.B.12]. W latach 2015-2018 kierowałem z ramienia Politechniki Gdańskiej zespołem realizującym zadania badawcze w projekcie HORIZON 2020 – FLOW. Celem projektu było uwzględnienie i określenie roli ruchu pieszego i rowerowego w redukcji zatłoczenia transportowego oraz wspieranie miast w przeciwdziałaniu zatłoczeniu oraz zwiększenie świadomości o znaczeniu ruchu pieszego i rowerowego. Razem z naukowcami z Budapest University of Technology and Economics, Forum of European National Highway Research Laboratories (FEHRL), Federal Highway Research Institute BAST, Transport Research Laboratory (TRL) i Wuppertal Institute brałem udział w opracowaniu rozwiązań, które miały na celu zmniejszenie zatłoczenia drogowego oraz jednocześnie poprawę bezpieczeństwa i jakości podróży niechronionych użytkowników dróg. W ramach projektu opracowano metodykę analizy efektywności systemu transportu, która bierze pod uwagę wszystkich uczestników ruchu drogowego (FLOW Multimodal Performance Analysis Methodology). Metodyka uwzględnia wykorzystanie czasu podróży oraz poziomu swobody ruchu dla wszystkich sposobów przemieszczania się w celu określenia jakości jakości usług sieci transportowej. W celu dostarczenia danych wejściowych do metodyki oraz narzędzia do oceny efektywności stosowanych usprawnień zostały wykorzystane modele systemów transportu (symulacje makro i mikroskopowe). W publikacjach [II.E.a.1], [II.E.c.3], razem z doktorantką, której jestem promotorem pomocniczym, przedstawiliśmy przykład zastosowania modeli mikroskopowych w badaniu strat czasu uczestników ruchu drogowego (rys. 15).



Rys. 15 Straty czasu pojazdów ze względu na natężenie ruchu samochodowego i pieszego na przejściach dla pieszych (źródło: [II.E.a.1]).

W referacie [II.E.a.10], na podstawie badań statystycznych zdarzeń drogowych, zachowań pieszych i symulacji prowadzonych z wykorzystaniem modelu mikroskopowego podjęto próbę znalezienia rozwiązań, przyczyniających się do poprawy warunków ruchu drogowego i jednocześnie bezpieczeństwa pieszych na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną. Przeprowadzone badania umożliwiły identyfikację czynników, które należy wziąć pod uwagę przy planowaniu nowych rozwiązań w systemach sterowania ruchem drogowym, uwzględniając potrzeby pieszych uczestników ruchu poprzez redukcję strat czasu podczas przejścia przez jezdnię oraz poprawę ich bezpieczeństwa. W ramach badań naukowych wykorzystano między innymi teorię konfliktów ruchowych, którą zastosowałem w późniejszym czasie w projekcie RID 4D. Wyniki prac badawczych oraz opracowana w ramach badań metodyka została zastosowana w analizach możliwości zmiany programów sygnalizacji świetlnej na kilku skrzyżowaniach w Gdyni [III.Ma-b] i pozwoliła na wdrożenie rozwiązań, które przyczyniły się do redukcji strat czasu pieszych.

Od początku kariery naukowej moja działalność w znacznej mierze bazowała na kontaktach i czerpaniu z najlepszych doświadczeń zagranicznych, których efektem był udział w badawczych projektach europejskich, podczas których współpracowałem z wieloma jednostkami badawczymi w Europie [III.A], [III.E]. Ponadto w ramach rozwijania współpracy naukowej i wspólnych przygotowań do projektów badawczych współdziałałem m.in. z *French Institute of Science and Technology for Transport, Development and Networks (IFSTTAR)*, *Linköping University*, *Klagenfurt University*, *Vilnius Gediminas Technical University* i *Lund University*. Trójmiejskie wdrożenia i badania z zakresu stosowania i rozwoju usług ITS oraz modelowania systemów transportu prezentowałem zarówno w krajach, które rozpoczynają pracę nad tymi zagadnieniami (wykład na uniwersytecie w Taszkencie w 2018 roku) oraz krajach badających i wykorzystujących zaawansowane metody i technologie od wielu lat (wykład w ramach Summer University in Palma w *Universitat de les Illes Balears* w Hiszpanii w roku 2015 oraz prezentacja w Centrum Zarządzania Ruchem w Toronto i w *Transportation Research Institute, University of Toronto* w Kanadzie w roku 2014).

Szczegółowy wykaz wszystkich opublikowanych prac naukowych i zawodowych przedstawiłem w Załączniku 3 do niniejszego wniosku. W tabeli 2 przedstawiłem podsumowanie mojego dorobku naukowo-badawczego z podaniem liczby osiągnięć oraz punktację za publikacje. Sumaryczna liczba punktów za publikacje w okresie po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 505 pkt., natomiast po uwzględnieniu procentowego udziału wynosi 278 pkt.

Tabela 2. Zestawienie osiągnięć naukowo-badawczych (wg załącznika 3 – stan na 23.04.2019)

Rodzaj osiągnięcia	Całkowita liczba osiągnięć	Oznaczenie zgodne z Zał. 3	Liczba osiągnięć po uzyskaniu stopnia doktora
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	3	II.A	3
Monografie i rozdziały w monografiach w języku polskim	5	II.E	5
Monografie i rozdziały w monografiach w języku angielskim	1	II.E	1
Pozostałe punktowane publikacje naukowe indeksowane w bazach WOS lub SCOPUS	16	II.E	16
Pozostałe publikacje naukowe w czasopismach z listy B MNiSW	47	II.E	42
Pozostałe recenzowane publikacje naukowe w czasopismach lub materiałach konferencyjnych	42	II.E	22
Sumaryczna liczba publikacji	114		89
Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych indeksowane w bazie Web of Science	12		12
Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych indeksowane w bazie Scopus	19		19
Referaty na konferencjach zagranicznych	44	II.L	38
Referaty na konferencjach krajowych	44	II.L	29
Sumaryczna liczba punktów MNiSW (wg listy w roku publikacji)	533		505
Sumaryczny Impact Factor (zgodnie z rokiem opublikowania)	4,75 (6,225)*	II.G	4,75 (6,225)*
Liczba cytowań publikacji wg bazy WoS	25	II.H	25
Liczba cytowań publikacji wg bazy Scopus	48	II.H	48
Liczba cytowań wg bazy Google Scholar	235	II.H	235
Indeks Hirscha według bazy WoS	3	II.I	3
Indeks Hirscha według bazy Scopus	4	II.I	4
Indeks Hirscha według bazy Google Scholar	8	II.I	8
Osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	5	II.B	5
Udział w projektach badawczych międzynarodowych i krajowych:			
- w charakterze kierownika	2	II.J	2
- w charakterze członka zespołu	6		6

* z uwzględnieniem publikacji z 2019 roku

5.2 Działalność dydaktyczna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Moja działalność dydaktyczna pozostaje w ścisłym związku z podstawowymi zainteresowaniami naukowymi i zawodowymi. Koncentruje się ona głównie na nauczaniu akademickim, ale uczestniczę również w projektach, których celem jest kształcenie pracowników instytucji publicznych związanych z zarządzaniem bezpieczeństwem transportu drogowego, modelowaniem ruchu oraz wdrażaniem rozwiązań z zakresu ITS [III.I.e], [III.M.d]. W ramach mojej działalności na rzecz rozwoju kadr i programów nauczania od 2007 stale uczestniczę w europejskich projektach TEMPUS i ERASMUS+, których celem jest wzmocnienie potencjału dydaktycznego i naukowego w obszarze szkolnictwa wyższego. W tym czasie brałem udział w dwóch projektach TEMPUS i ERASMUS+ [III.I.f], w których przygotowywałem lub nadal przygotowuję programy nauczania oraz prowadziłem wykłady z obszaru teorii ruchu, inżynierii ruchu drogowego i Inteligentnych Systemów Transportu. Obecnie uczestniczę w projekcie INTRAS, w którym bierze udział sześć uczelni wyższych z Uzbekistanu, dla których razem z University of Zilina i Adria Klagenfurt University przygotowujemy programy nauczania z obszaru Inteligentnych Systemów Transportu.

Prowadzę (lub prowadziłem) wykłady, seminaria, ćwiczenia oraz zajęcia laboratoryjne i projektowe na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska na kierunkach: Budownictwo, Transport i Inżynieria Środowiska z zakresu organizacji i sterowania w ruchu drogowym, teorii

ruchu i modelowania procesów transportowych, inteligentnych systemów transportowych, zarządzania i sterowania w systemach transportowych [III.I.b-c]. Opracowałem szczegółowy zakres wykładów z nowych przedmiotów Sterowanie Systemach Transportowych, Inteligentne Systemy Transportu, Sterowanie Ruchem Drogowym, Organizacja i Sterowanie Ruchem Lotniczym. Uczestniczyłem ponadto w opracowaniu zakresu wykładów dla przedmiotów: Modelowanie Procesów Transportowych, Telematyka w Transporcie oraz Systemy Teleinformatyczne i Telematyka. Uczestniczyłem w utworzeniu od podstaw kierunku TRANSPORT na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska. W ramach kierunku TRANSPORT odpowiadam za profil dyplomowania pn. Inteligentne Systemy Transportu na specjalności Systemy transportowe. Jestem autorem programu tego profilu i prowadzę wykłady z zakresu sterowania ruchem, modelowania procesów transportowych oraz planowania, wdrażania i eksploatacji inteligentnych systemów transportu.

Jestem także współautorem książek „Węzły drogowe i autostradowe” WKŁ 1998 i 2008 oraz „Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu” WKŁ 2009/2010. Książki te są podstawowymi książkami dydaktycznymi w obszarze projektowanie węzłów, stosowania rozwiązań ITS na autostradach i zarządzania bezpieczeństwem transportu. Ponadto przygotowałem wiele materiałów pomocniczych do wykładów i ćwiczeń dla studentów.

Jestem ponadto promotorem 61 prac dyplomowych magisterskich i 71 inżynierskich z obszaru inżynierii drogowej oraz rozwiązań ITS przygotowanych przez studentów Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej. Recenzowałem także dyplomy magisterskie i inżynierskie oraz byłem opiekunem dwóch prac dyplomowych przygotowywanych w języku angielskim [III.I.a], [III.J.a]. Sprawuję ponadto opiekę naukową w przewodzie doktorskim na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej jako promotor pomocniczy [III.K]. Sprawowałem również opiekę nad studentami i doktorantami z zagranicy w ramach programów TEMPUS i ERASMUS [III.J.d].

W ramach mojej działalności dydaktycznej prowadzę ponadto szkolenia kadr instytucji publicznych związanych z zarządzaniem bezpieczeństwem transportu drogowego oraz zarządzaniem transportem z wykorzystaniem usług ITS. Od 2013 roku jestem też jednym z wykładowców szkoleń dla Audytorów Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego prowadzonego w Politechnice Gdańskiej [III.I.e.1].

5.3 Działalność organizacyjna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Moja działalność organizacyjna na Politechnice Gdańskiej związana jest głównie z koordynacją współpracy z zagranicą i partnerami z Polski w ramach projektów badawczych [III.A], w których pełniłem funkcje kierownika wybranych zadań lub w przypadku projektów FLOW i RID 4 D, kierowałem z ramienia Politechniki Gdańskiej realizacją pełnego zakresu badawczego i organizacyjnego przedsięwzięć. Przygotowałem również wiele wniosków aplikacyjnych o granty badawcze z obszaru Inteligentnych Systemów Transportu [III.E] oraz uczestniczyłem w przygotowaniu i złożeniu dwóch wniosków mających na celu uruchomienie laboratorium badawczo-dydaktycznego (Regionalne Laboratorium Inteligentnych Systemów Transportu) w Politechnice Gdańskiej.

W połowie 2004 roku rozpocząłem ścisłą współpracę z Urzędem Miasta w Gdyni. W latach 2004 – 2011 pełniłem funkcję Naczelnika Wydziału Inżynierii Ruchu w Urzędzie Miasta a od roku 2012 kieruję Działem Inżynierii Transportu w Zarządzie Dróg i Zieleni w Gdyni. W ramach współpracy z jednostką samorządową wykorzystuję wiedzę naukową, nadzorując realizację innowacyjnych rozwiązań z zakresu organizacji ruchu drogowego i Inteligentnych Systemów Transportu. Przykładem innowacyjnych wdrożeń jest zintegrowany system zarządzania ruchem

TRISTAR szeroko opisywany w niniejszym autoreferacie, jak również inne rozwiązania, które przedstawiłem w [III.M.a-b]. Doświadczenia praktyczne zebrane w ramach uczestniczenia w procesie zarządzania ruchem oraz utrzymania i rozwoju systemu TRISTAR wykorzystuję w pracy naukowej, która pozwala na opracowywanie rozwiązań, przyczyniających się do usprawnienia funkcjonowania systemów transportu.

Od 1996 roku zespół Katedry Inżynierii Drogowej organizuje Międzynarodowe Seminarium Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego GAMBIT, które co dwa lata odbywa się w Politechnice Gdańskiej, gromadząc zawsze ponad stu uczestników. Od początku uczestniczę w organizacji przedsięwzięcia jako członek komitetu organizacyjnego, zespołu opracowującego wnioski z konferencji oraz pełniąc rolę moderatora sesji związanych z operacyjnym zarządzaniem bezpieczeństwem ruchu. Uczestniczyłem ponadto w radach naukowych kilku konferencji [III.C] oraz czasopisma „Przegląd ITS”. W latach 2007-2016 byłem członkiem Zarządu Stowarzyszenia Inteligentne Systemy Transportowe ITS Polska, od 2016 roku jestem członkiem jego Rady Naukowej. W ramach współpracy ze stowarzyszeniem aktywnie uczestniczyłem w seminariach i Polskich Kongresach ITS jako prelegent lub moderator sesji. Jako członek jury w ramach konkursów Lider ITS oraz Asy Transportu Publicznego biorę udział w ocenie przedsięwzięć służących rozwojowi przyjaznych i nowoczesnych technologii [III.N].

Od wielu lat dzielę się wiedzą i doświadczeniem ze studentami trójmiejskich uczelni [III.I.g] oraz popularyzuję wiedzę na temat usług ITS wśród przedstawicieli jednostek centralnych i samorządowych z kraju i zagranicy [III.I.g], [III.Q.a]. Aktywnie uczestniczę w dyskusjach i panelach eksperckich związanych z obszarem moich zainteresowań naukowych. Jestem też zapraszany przez międzynarodowe, krajowe i lokalne media do komentowania aktualnych problemów związanych z zarządzaniem ruchem oraz stosowaniem rozwiązań ITS [III.Q.a], [III.Q.c], mając w ten sposób wpływ na wzrost świadomości i wiedzy społeczeństwa na tematy związane z możliwościami wykorzystania nowych technologii w zarządzaniu transportem. Podsumowanie dorobku dydaktycznego i organizacyjnego przedstawiłem w tabeli 3.

Tabela 3 Zestawienie osiągnięć dydaktycznych i popularyzatorskich
(wg załącznika 3 – stan na 23.04.2019 r.)

Rodzaj osiągnięcia	Całkowita liczba osiągnięć	Oznaczenie zgodne z Zał. 4	Liczba osiągnięć po uzyskaniu stopnia doktora
Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych lub krajowych	11	III.A	11
Udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych	68	III.B	46
Udział w komitetach organizacyjnych i naukowych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	18	III.C	18
Otrzymane nagrody i wyróżnienia	8	II K, III.D	8
Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	8	III.E	8
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	1	III.G	1
Członkostwo w organizacjach oraz towarzystwach naukowych	4	III.H	4
Osiągnięcia dydaktyczne:		III.J	
- liczba wypromowanych prac inżynierskich (liczba wypromowanych dyplomantów)	71		71
- liczba wypromowanych prac magisterskich (liczba wypromowanych dyplomantów)	61		61
Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego	1	III.K	1
Staże krajowe i zagraniczne	9	III.L	4
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	5	III.N	5
Recenzowanie artykułów	34	III.P	34



