



**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**

ISSN 1230–9265

---

**PRACE NAUKOWE • TRANSPORT • z. 105**

---

**ANALIZA. MODELOWANIE I SYMULACJA  
SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH I ICH ELEMENTÓW**



**OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ  
WARSZAWA 2015**

## Wykaz recenzentów w 2014 roku

Recenzent	Jednostka	Liczba recenzji
Teresa Abramowicz-Gerigk	Akademia Morska w Gdyni	3
Grzegorz Benysek	Uniwersytet Zielonogórski	1
Lech Bukowski	Akademia Górniczo-Hutnicza	1
Zbigniew Burciu	Akademia Morska w Gdyni	2
Andrzej Chudzikiewicz	Politechnika Warszawska Wydział Transportu	5
Andrzej Fellner	Politechnika Śląska	3
Mirosław Gerigk	Politechnika Gdańska	4
Lucjan Gućma	Akademia Morska w Szczecinie	2
Kazimierz Jamroz	Politechnika Gdańska	3
Władysław Koc	Politechnika Gdańska	3
Kazimierz Lejda	Politechnika Rzeszowska	1
Zbigniew Lozia	Politechnika Warszawska Wydział Transportu	1
Bogusław Łazarz	Politechnika Śląska	1
Agnieszka Merkisz- Guranowska	Politechnika Poznańska	1
Marek Malarski	Politechnika Warszawska Wydział Transportu	1
Sławomir Michalak	Instytut Techniczny Wojsk Lądowych	2
Andrzej Mitas	Politechnika Śląska	2
Tomasz Nowakowski	Politechnika Wroclawska	1
Tadeusz Piechowiak	Politechnika Poznańska	1
Janusz Piechna	Politechnika Warszawska Wydział MEiL	1
Zbigniew Pietrzykowski	Akademia Morska w Szczecinie	2
Marzena Półka	Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie	1
Jacek Skorupski	Politechnika Warszawska Wydział Transportu	2
Zygmunt Strzyżakowski	Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu	1
Kazimierz Towpik	Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i Transportu we Wrocławiu	1
Wojciech Wawrzyński	Politechnika Warszawska Wydział Transportu	1
Adam Weintrit	Akademia Morska w Gdyni	3
Wiesław Zabłocki	Politechnika Warszawska Wydział Transportu	1
Józef Żurek	Instytut Techniczny Wojsk Lądowych	5
Andrzej Żurkowski	Instytut Kolejnictwa	1

## Spis rzeczy – Contents

Maciej Bieńczak, Szymon Fierek, Marcin Kiciński, Jerzy Kwaśnikowski, Piotr Sawicki – Planowanie zrównoważonego rozwoju transportu publicznego w oparciu o regionalny model podróży ..... 5 <i>Regional Transportation Model for the Plan of Sustained Public Transport Development</i>
Mirosław Dusza – Wpływ czynników środowiskowych na stateczność i bezpieczeństwo ruchu modelu pojazdu szynowego ..... 21 <i>The Environment Factors Influence on Rail Vehicle Model Stability and Safety</i>
Ilona Jacyna-Gółda – Wskaźniki oceny efektywności funkcjonowania obiektów magazynowych w łańcuchach dostaw ..... 35 <i>Assessment of the Functioning of Efficiency Ratios Warehouse Facilities in Supply Chains</i>
Marek Stawowy, Andrzej Szmigiel – Metody modelowania niepewności w zastosowaniu szacowania jakości informacji o zajętości parkingów ..... 53 <i>Modeling Methods of Uncertainty in the Application of the Evaluating of the Information Quality of Free/Busy of Car Parks</i>
Rafał Szłapczyński – Planowanie i wizualizacja bezpiecznych manewrów statków oparte na zmodyfikowanym diagramie Cockrofta ..... 67 <i>Evolutionary Planning of Safe Ship Tracks Based on a Modified Course Alteration Diagram</i>
Piotr Zgutka, Tomasz Rokicki – Organizacja procesów transportowych w przedsiębiorstwie odbioru odpadów ..... 81 <i>The Organization of Transport Processes in the Waste Collection Enterprise</i>
Renata Żochowska – Wielokryterialny model decyzyjny dla potrzeb optymalizacji tymczasowej organizacji ruchu w sieci miejskiej ..... 91 <i>Multi-Criteria Decision-Making Model for the Optimization of Temporary Traffic Arrangement in Urban Network</i>

**Maciej Bińczak<sup>1</sup>, Szymon Fierek<sup>1</sup>, Marcin Kiciński<sup>1</sup>,  
Jerzy Kwaśnikowski<sup>2</sup>, Piotr Sawicki<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Politechnika Poznańska, WMRI, Zakład Systemów Transportowych

<sup>2</sup> Politechnika Poznańska, WMRI, Zakład Pojazdów Szynowych

## **PLANOWANIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU TRANSPORTU PUBLICZNEGO W OPARCIU O REGIONALNY MODEL PODRÓŻY**

Rękopis dostarczono, kwiecień 2015

**Streszczenie:** Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym nakłada na organizatora publicznego transportu zbiorowego obowiązek opracowania planu zrównoważonego rozwoju transportu publicznego. Wymagania co do planu dotyczą przede wszystkim ocenę i prognozę potrzeb przewozowych. W tym celu naturalnym staje się wykorzystanie zaawansowanych technik i narzędzi pozwalających na modelowanie podróży i symulacyjne testowanie, a w konsekwencji ocenę różnych rozwiązań transportowych. Z uwagi na brak powszechności w zakresie pozyskiwania i gromadzenia danych o podróżach, budowa odpowiedniego modelu stanowi duże wyzwanie zarówno finansowe, jak i organizacyjne. W niniejszym artykule zaprezentowano główne założenia i przyjęte rozwiązania, które pozwoliły na budowę modelu podróży o zasięgu regionalnym na przykładzie województwa wielkopolskiego. Opracowany model podróży bazuje na podejściu czterostadiowym, uwzględniającym takie fazy budowy modelu, jak: generacja ruchu, dystrybucja ruchu, podział modalny, rozłożenie ruchu na sieć. Ponadto konstrukcja modelu podróży wymaga opracowania modelu sieci transportowej. W artykule scharakteryzowano każdą z kluczowych faz, przedstawiono ocenę jakości skonstruowanego modelu oraz wyniki końcowe w postaci rozłożenia ruchu na sieć transportową.

**Słowa kluczowe:** Zrównoważony rozwój publicznego transportu zbiorowego, regionalny model podróży, podejście czterostadiowe

### **REGIONAL TRANSPORTATION MODEL FOR THE PLAN OF SUSTAINED PUBLIC TRANSPORT DEVELOPMENT**

**Summary:** According to the Act on Public Collective Transport, the organizer of a public transport are obliged to prepare a plan for sustainable development of this system. Among others, the required plan should include an evaluation of current state as well as a forecast of transport demand. To do this, it becomes natural to use advanced techniques and tools for building a trip model and, consequently, a simulation of different regional transport solutions. However, due to the lack of universality in acquisition and collection of a trip data, construction of the suitable model is a challenging task, both from financial and organizational points of view. This paper deals with the selection of the most important assumptions for construction of the regional trip model and the key step in designing such a model for Wielkopolska region. The regional trip model is based on a four-stage approach, taking into account the following stages: trip generation, trip distribution, modal split and traffic assignment. Moreover, to design the trip model a regional transport network model is also required. The original output of the paper consists in the following results: regional trip model, results of its quality assessment, and final results in the form of the traffic distribution on the regional transport network.

**Keywords:** sustainable development of public transport, regional trip model, four-stage approach

**Mirosław Dusza**

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

## **WPLYW CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA STATECZNOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO RUCHU MODELU POJAZDU SZYNOWEGO**

Rękopis dostarczono: luty 2015

**Streszczenie:** W artykule podjęto próbę określenia wpływu stanu powierzchni tocznych kół i szyn na stateczność i bezpieczeństwo ruchu modelu pojazdu szynowego. Prawie wszystkie czynniki środowiskowe mają wpływ na stan powierzchni szyn i tym samym na zjawiska kontaktowe koła – szyny. W badaniach modelowych stan współpracujących powierzchni kół i szyn reprezentowany jest przez współczynnik tarcia. Utworzono model 4-osiowego pojazdu szynowego z wykorzystaniem oprogramowania inżynierskiego VI-Rail. Dla kilku wybranych wartości współczynnika tarcia wykonano badania stateczności ruchu oparte na metodzie bifurkacyjnej. Wyniki badań odniesiono do powszechnie stosowanego kryterium bezpieczeństwa ruchu.

**Słowa kluczowe:** pojazd szynowy, współczynnik tarcia, prędkość krytyczna, kryterium Nadala

### **THE ENVIRONMENT FACTORS INFLUENCE ON RAIL VEHICLE MODEL STABILITY AND SAFETY**

**Summary:** The wheels and rails surface conditions influence on rail vehicle stability and safety of motion is considered in the paper. Almost all of the environment conditions have influence on wheels and rails state and this way on the wheel-rail contact properties. The coefficient of friction represents the wheels and rails surfaces conditions in theoretical investigations usually. 4-axle rail vehicle model was created with use of engineering software VI-Rail. Stability of motion researches based on bifurcation method for wide range of wheel-rail coefficient of friction values were executed. Comparison of results to commonly used safety against derailment criterion is show.

**Keywords:** railway vehicle, coefficient of friction, critical velocity, Nadal criterion

**Iłona Jacyna-Golda**

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji

## **WSKAŹNIKI OCENY EFEKTYWNOŚCI FUNKCJONOWANIA OBIEKTÓW MAGAZYNOWYCH W ŁAŃCUCHACH DOSTAW**

Rękopis dostarczono, kwiecień 2015

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono ogólne podejście do pomiaru efektywności funkcjonowania obiektów magazynowych w łańcuchach dostaw. Wskazano, iż funkcjonowanie łańcuchów dostaw jest podyktowane właściwym dopasowaniem wyposażenia infrastrukturalnego do realizowanych zadań. Omówione zostały uwarunkowania techniczne, organizacyjne i ekonomiczne definiowania wskaźników pomiaru efektywności. Zdefiniowano kryteria klasyfikacji mierników efektywności. Na przykładzie obiektu magazynowego zaproponowano układ wskaźników wraz z zapisem formalnym, pozwalających na pomiar efektywności funkcjonowania magazynów w łańcuchu dostaw.

**Słowa kluczowe:** efektywność łańcucha dostaw, efektywność magazynów, wskaźniki efektywności, łańcuch dostaw

### **ASSESSMENT OF THE FUNCTIONING OF EFFICIENCY RATIOS WAREHOUSE FACILITIES IN SUPPLY CHAINS**

**Abstract:** This paper presents a general approach to measuring the efficiency of the warehouse facilities in supply chains. It was pointed out that the functioning of the supply chain is dictated by the proper adjustment of infrastructure to tasks. Technical considerations were discussed, organizational and economic defining indicators to measure effectiveness. Defined criteria for classification efficiency measures. For example, a storage facility proposed system of indicators along with the record formal, allowing for the measurement of the effectiveness of the warehouses in the supply chain.

**Keywords:** supply chain efficiency, storage efficiency, performance indicators, supply chain

**Marek Stawowy, Andrzej Szmigiel**

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

## **METODY MODELOWANIA NIEPEWNOŚCI W ZASTOSOWANIU SZACOWANIA JAKOŚCI INFORMACJI O ZAJĘTOŚCI PARKINGÓW**

Rękopis dostarczono, styczeń 2015

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono metodę estymacji liczby wolnych miejsc parkingowych na podstawie opłat za parkowanie. Rozpatrywano dwie metody wyznaczania jakości informacji o zajętości parkingu za pomocą modelowania niepewności informacji opartą na teorii ewidencji matematycznej oraz współczynnika pewności hipotezy. Wyznaczono wartość wskaźnika jakości informacji IQ przy pomocy programu komputerowego wykorzystując ww. metody. Wykonano symulację w zależności od zmiany wartości wejściowych wg rozkładu normalnego. Porównano wyniki symulacji dla obu metod wyznaczania jakości informacji o zajętości parkingu.

**Słowa kluczowe:** modelowanie, zajętość, parkingi, modele niepewności

### **MODELING METHODS OF UNCERTAINTY IN THE APPLICATION OF THE EVALUATING OF THE INFORMATION QUALITY OF FREE/BUSY OF CAR PARKS**

**Abstract:** At work shows the estimation method of the number of free parking spaces on the basis of parking fees. Provides a method for determining the quality of free/busy information parking lot using uncertainty modeling methods based on mathematical theory of evidence and based on certainty factor of hypothesis. The values of quality information IQ has been calculated with the help of a computer program. The simulation of results was performed according to the input values change according to the normal distribution. Compares the results of the simulation for both methods.

**Keywords:** modeling, occupation, car park, uncertainty models

**Rafał Szlarczyński**

Politechnika Gdańska, Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa

## **PLANOWANIE I WIZUALIZACJA BEZPIECZNYCH MANEWRÓW STATKÓW OPARTE NA ZMODYFIKOWANYM DIAGRAMIE COCKCROFTA**

Rękopis dostarczono, luty 2015

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia kontynuację badań autora nad planowaniem bezpiecznych trajektorii statków za pomocą algorytmów ewolucyjnych. Prezentowana metoda poszukuje optymalnego zbioru bezpiecznych trajektorii wszystkich statków biorących udział w spotkaniu. Bieżąca wersja metody zakłada ograniczoną widzialność i obowiązywanie Prawidła 19 Międzynarodowych Przepisów o Zapobieganiu Zderzeniom na Morzu (MPZZM) zamiast Prawideł 11 – 18. Uzupełnieniem metody jest proponowane narzędzie do wizualizacji wszystkich możliwych manewrów antykolizyjnych, które umożliwia nawigatorowi dokonanie szybkiego wyboru bezpiecznej kombinacji nowego kursu i prędkości statku. Artykuł skupia się na zapewnieniu zgodności wyników z Prawidłem 19, oraz z jego interpretacją. Wyniki potwierdzają skuteczność obydwu narzędzi i możliwość zastosowania ich w pokładowym systemie wspomagania decyzji nawigatora.

**Słowa kluczowe:** ograniczona widzialność, algorytmy ewolucyjne, manewry antykolizyjne

### **EVOLUTIONARY PLANNING OF SAFE SHIP TRACKS BASED ON A MODIFIED COURSE ALTERATION DIAGRAM**

**Summary:** The paper presents the continuation of the author's research on ship track planning by means of Evolutionary Algorithms (EA). The method uses EA to search for an optimal set of safe tracks for all ships involved in an encounter. The current version of the method assumes restricted visibility, when Rule 19 of COLREGS [4] applies instead of Rules 11 to 18. The method is supplemented by a collision avoidance visualisation tool, which enables the navigator to choose quickly a safe combination of own course and speed. The paper is focused on compliance with Rule 19 of COLREGS. The experiments' results confirm the effectiveness of both tools and suggest that they could be applied in on-board decision support systems.

**Keywords:** restricted visibility, evolutionary algorithms, collision avoidance manoeuvres



**Piotr Zgutka, Tomasz Rokicki**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## **ORGANIZACJA PROCESÓW TRANSPORTOWYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE ODBIORU ODPADÓW**

Rękopis dostarczone, marzec 2014

**Streszczenie:** Jednym z najważniejszych zadań przedsiębiorstw zajmujących się odbiorem odpadów jest właściwe opracowywanie tras wywozowych. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że struktura organizacyjna firmy ma duży wpływ na odpowiednie opracowanie tras. Współpraca między pracownikami tworzącymi trasy wywozowe i ich wykonawcami, z zapewnieniem odpowiedniej hierarchii działania jest kluczem do optymalizacji wykonywanego procesu odbioru odpadów. Na proces transportowy w przedsiębiorstwie odbioru odpadów wpływa wiele działań, począwszy od przepływu informacji, poprzez ustalanie tras wywozowych, zarządzanie zapasami, realizację zamówień, serwis samochodów, manipulację kontenerów a skończywszy na lokalizacji bazy transportowej.

**Słowa kluczowe:** odbiór odpadów, trasy wywozowe, optymalizacja procesu

### **THE ORGANIZATION OF TRANSPORT PROCESSES IN THE WASTE COLLECTION ENTERPRISE**

**Summary:** One of the most important tasks of the waste collection enterprises is proper elaborating the export routes. Based on the studies done it can be stated that the organizational structure of the company had a strong influence on the development of appropriate routes. Collaboration between employees forming export routes and their executors with ensuring suitable hierarchy of actions is the key to optimizing the realized process of waste collection. It is also important to take into account the most important factors affecting the performance of the cars. The process of transport in the waste collection enterprises is influenced by many activities, as flow of information, the determination of export routes, inventory management, order fulfillment, service of cars, manipulation of containers, and location of the transport base.

**Keywords:** waste collection, export routes, optimizing the process

**Renata Żochowska**

Politechnika Śląska

## **WIELOKRYTERIALNY MODEL DECYZYJNY DLA POTRZEB OPTIMALIZACJI TYMCZASOWEJ ORGANIZACJI RUCHU W SIECI MIEJSKIEJ**

Rękopis dostarczono, maj 2015

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono zasadnicze uwarunkowania budowy wielokryterialnego modelu decyzyjnego przy wyborze optymalnego wariantu tymczasowej organizacji ruchu w sieci miejskiej. Na tej podstawie opracowano zapis formalny elementów modelu, który wykorzystano w formułowaniu zadania optymalizacyjnego. Artykuł zawiera również opis metodyki wyboru optymalnego wariantu tymczasowej organizacji ruchu dla pojedynczego zdarzenia, która jest pierwszym etapem złożonego procesu planowania czasowych zmian w systemie transportowym miasta. W artykule zamieszczono przykład obliczeniowy, w którym do oceny oddziaływania wariantu tymczasowej organizacji ruchu wykorzystano wielokryterialną metodę TOPSIS.

**Słowa kluczowe:** tymczasowa organizacja ruchu, modelowanie wielokryterialne, optymalizacja ruchu w sieci miejskiej

### **MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING MODEL FOR THE OPTIMIZATION OF TEMPORARY TRAFFIC ARRANGEMENT IN URBAN NETWORK**

**Summary:** The paper presents the fundamental determinants of building a multi-criteria decision making model when choosing the optimal variant of temporary traffic arrangement in urban network. On this basis, a formal representation of elements of the model has been developed. Then it was used in the formulation of the optimization task. The article contains description of the methodology for selecting the optimal variant of temporary traffic arrangement for a single event which is the first step in the complex process of planning temporal changes in the transportation system of the city. A calculation example of assessment of the impact of temporary traffic arrangement variant with the usage of multi-criteria method TOPSIS has been also presented in the article.

**Keywords:** temporary traffic arrangement, multi-criteria decision-making modelling, traffic optimization in urban network