



**Marzena H. Heliak\***

***Analizy systemów transportowych z zastosowaniem modelu pośrednich możliwości i predykcyjnych metod badawczych w procesie dydaktycznym – wybrane problemy***

***Analyses of transport systems applying the intervening opportunities model and predictive research methods in the process of teaching – selected issues***

***Wprowadzenie***

Podejście modelowe do badań miejskich struktur osadniczych na kierunku gospodarka przestrzenna na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej występuje w procesie dydaktycznym od ponad 20 lat. Jednak realizowane tam badania nad miejską strukturą osadniczą w zakresie transportu sięgają lat 60. XX w. W różnych projektach podjęto wówczas temat obciążenia sieci drogowej stanu istniejącego i prognostycznego, w przedziałach czasowych na 20–30 lat, dla większych miast Polski, w tym dla Wrocławia, Krakowskiego Zespołu Miejskiego, Poznania, Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego oraz dla Podtatrza po stronie polskiej i słowackiej, Wałbrzycha czy dawnego województwa nowosądeckiego i Trójmiasta.

Wydział Architektury i Katedra Planowania Przestrzennego do dziś aktywnie uczestniczy i współpracuje z ośrodkami miejskimi, analizując struktury przestrzenne z wykorzystaniem modelowego podejścia do systemów transportowych w rozwoju regionalnym czy lokalnym [1]. Z tradycji tego Wydziału wynikają działania naukowe, które mają również zastosowanie aplikacyjne w zarządzaniu czy projektowaniu struktur systemu osadniczego w różnej skali (miasta, konurbacji, regionu, kraju).

***Introduction***

The model approach to research of urban settlement structures in the field of spatial management at the Faculty of Architecture at the Wrocław University of Science and Technology has been present in the teaching process for over 20 years. However, the research conducted there on the urban settlement structure in the scope of transportation goes back to the 1960s when the load of the existing as well as future road networks was the subject of various projects undertaken every 20–30 years for the major Polish cities, including Wrocław, Kraków City Complex, Poznań, Upper Silesia Industrial Area and for the Tatra Mountains Foothills on the Polish and Slovakian sides, Wałbrzych or former Nowy Sącz Province and Tricity.

The Faculty of Architecture and the Chair of Spatial Planning have been actively participating and cooperating with various cities, analyzing the settlement structures with the use of the model approach to the transportation systems in the regional or local development [1]. The Faculty has in its tradition research activities which are also applied in managing and designing the settlement system structures of various scale (city, conurbation, region, country).

The paper regards the selected aspects of application of the intervening opportunities model<sup>1</sup> in both the existing

\* Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej/Faculty of Architecture, Wrocław University of Science and Technology.

<sup>1</sup> The intervening opportunities model: [...] is a model approach to spatially present the distribution of contacts. Its idea put forward by

W artykule poruszono wybrane wątki dotyczące zastosowań modelu pośrednich możliwości<sup>1</sup> zarówno w istniejących strukturach osadniczych, jak i w założeniach sieci idealnych [3], realizowane w trakcie zajęć dydaktycznych w Katedrze Planowania Przestrzennego. Zasadniczo badawczy dotyczący wybranych zastosowań modelu pośrednich możliwości w osadnictwie jest bogaty i nie sposób w pełni zaprezentować wszystkich zagadnień, dlatego wybrano istotniejsze elementy.

W trakcie czteroletniego cyklu realizacji jednosemestralnego przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych” zostały przeanalizowane wybrane problemy dotyczące zastosowań modelu pośrednich możliwości oraz została wprowadzona do badań sieci transportowych jedna z metod – Tadeusza Zipsera – dotycząca pomiaru ruchu obciążeń komunikacji [1], [4], [5], omówiona w kolejnych partiach artykułu. Równoległym celem zajęć było zweryfikowanie tej metody pod kątem sposobu oceny obciążeń ruchu na wybranych odcinkach układu komunikacyjnego miasta. Badania ukierunkowane zostały na sprawdzenie różnych sposobów obserwacji. Porównywano wyniki pomiarów obciążeń ruchem kołowym wybranych odcinków drogowych według metody Tadeusza Zipsera z rezultatami Kompleksowych Badań Ruchu (KBR) dla Wrocławia prowadzonych w 2010 i 2011 r. [6]. Nowatorskim podejściem w metodzie Tadeusza Zipsera jest badanie tzw. metodą „dynamiczną”<sup>2</sup>, która polega na aktywnym udziale w ruchu. Badanie było prowadzone trzykrotnie. Do pierwszego wytypowano kilka odcinków w strukturze Wrocławia oraz wskazano punkty do obserwacji statycznej na tych samych odcinkach. W drugim badano i porównywano z badaniem KBR wybrany odcinek C10 według KBR oraz wskazano punkty do obserwacji statycznej na tym samym odcinku. W trzecim przypadku badanie zostało przeprowadzone w ścisłym centrum Wrocławia oraz wykorzystano tramwaj jako środek obserwacji transportu.

W dalszej części niniejszej pracy, dotyczącej modelowań, zostały zaprezentowane wybrane przykłady tematów i problemów realizowanych w trakcie zajęć dydaktycznych z przedmiotu wybieralnego „Techniki analiz i prognoz transportowych” w latach 2014/2015 oraz 2015/2016.

### ***Problematyka dotycząca modelu pośrednich możliwości, realizowana podczas zajęć – wybrane wątki***

Tematyka zajęć dydaktycznych została tak ukierunkowana, aby studenci mogli z jednej strony poznać teoretyczne założenia modelu pośrednich możliwości

settlement structures and in the ideal network designs [3] during the classes at the Chair of Spatial Planning. The research resources regarding the selected applications of the intervening opportunities model in a settlement are rich and it is impossible to fully present all of its aspects and that is why the most important elements have been selected.

The selected issues regarding the application of the intervening opportunities model were analyzed during the one-semester-long subject taught for four years the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” and one of Tadeusz Zipser’s methods regarding traffic load measurements, which is described further in the article, was introduced to the research on transportation networks [1], [4], [5]. A parallel objective of the classes was to verify this method in respect of the way how the traffic load is evaluated in the selected sections of the city traffic circulation system. The research was directed to verify various ways of observation. The measurement results of the vehicle traffic loads on the selected road sections were compared in compliance with Tadeusz Zipser’s method to the results of the Comprehensive Traffic Study (CTS) for Wrocław conducted in 2010 and 2011 [6]. The innovative approach in Tadeusz Zipser’s method is the study with the use of the so-called “dynamic” method<sup>2</sup> which involves active participation in traffic. The study was conducted three times. Several sections were selected for the first study in the structure of Wrocław and the points of static observation were indicated on the same sections. In the second study the selected section C10 was studied and compared to CTS and the points of static observation were indicated on the same sections. In the third case the study was conducted in the very center of Wrocław and a tram was used as an observation vehicle.

Further sections of this paper regarding modeling present the selected examples of topics and issues undertaken during the classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analysis and Forecasts” in 2014/2015 and 2015/2016.

### ***The issues regarding the intervening opportunities model undertaken during the classes – selected issues***

The topics of the classes were selected for the students to be able to learn the theoretical assumptions of the intervening opportunities model used in transportation analyses on the one hand and to perform analyses on their own or in a few-person-teams with the use of that model both

<sup>1</sup> Model pośrednich możliwości (*the intervening opportunities model*): [...] jest podejściem modelowym do odwzorowania przestrzennego rozkładu kontaktów. Idea jego, podana przez S. Stouffera, zakłada, że kontakty rozchodzą się w przestrzeni, szukając swego zaspokojenia, tak długo, lub raczej tak dalece, dopóki nie osiągną odpowiedniego celu [2, s. 23].

<sup>2</sup> Metoda „dynamiczna” polega na aktywnym udziale w ruchu samochodowym (także innym środkiem lokomocji) osoby badającej, zliczającej jadące z naprzeciwka pojazdy. W opracowaniach: [1], [4] można zapoznać się szerzej ze sposobem badań i założeniami tej metody. W opracowaniach tych opisano wariant dla badacza poruszającego się tramwajem.

S. Stouffer assumes that contacts spread in space searching for their satisfaction as long or rather as far as they reach the adequate destinations [2, p. 23].

<sup>2</sup> The “dynamic” method involves active participation in vehicle traffic (including other means of transportation) on the part of the researcher, counting the vehicles coming from the opposite direction. Studies: [1], [4] present a more detailed description of how the study was conducted and the assumptions of that method. They describe the variant for the researcher riding a tram.

wykorzystywanego do analiz transportowych, a z drugiej – samodzielnie lub w kilkuosobowych zespołach wykonywać analizy z wykorzystaniem tego modelu zarówno w istniejących strukturach komunikacyjnych, jak i w systemie struktury łańcuchowo-trójkątowej miast idealnych [3].

Jednym z pierwszych aspektów podjętych w trakcie zajęć było modelowanie koncentracji źródeł (tj. miejsc zamieszkania) i celów (tj. miejsc pracy lub handlu) oraz zestawienie ich z istniejącymi. Wykorzystano model pośrednich możliwości jako maksymalizujący zamiar i łatwość kontaktu.

W kolejnym semestrze analizowano sieci miast idealnych, które nawiązywały do założeń sieci łańcuchowo-trójkątowej według Tadeusza Zipsera. Zrealizowano modelowanie obciążeń w takich sieciach. Model pośrednich możliwości służył do uzyskania najbardziej prawdopodobnej więzby ruchu w zakładanych sieciach miast. W kolejnych semestrach badanie z zastosowaniem modelu pośrednich możliwości dotyczyło rozkładu źródeł i celów w miastach istniejących. Głównie na przykładach Łodzi, Opola i Wałbrzycha zostały przedstawione wybrane problemy dotyczące zastosowań omawianego modelu do analiz obecnych potrzeb rozwoju struktury funkcjonalno-przestrzennej czy komunikacyjnej miast.

#### *Łódź – opis przykładu*

Przykład Łodzi jest bardzo interesujący ze względu na tematykę podjętego badania z zastosowaniem modelu pośrednich możliwości. Grupa studentów gospodarki przestrzennej na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej w trakcie jednego semestru zajęć realizowała zarówno badania nad siecią komunikacyjną Łodzi z zastosowaniem modelu pośrednich możliwości, jak i badania terenowe, o których szerzej poniżej.

Podjęte analizy na istniejącej sieci Łodzi z wykorzystaniem modelu pośrednich możliwości w swoich założeniach miały uchwycić istotny wpływ poszczególnych skrzyżowań, odcinków dalej określanych jako węzły, na układ sieci oraz wyznaczyć ich ważność (rangę) w strukturze sieci komunikacyjnej miasta.

Na istniejącej sieci modelowano obciążenie ruchem kołowym, kontakt dom–praca oraz badano wariantowe podejście i sposób rozłożenia obciążeń ruchem kołowym w całości sieci istniejącej. Przy pewnych założeniach co do funkcjonowania samej sieci układu komunikacyjnego analizowano m.in. obciążenie sieci Łodzi po wyłączeniu ważnych węzłów (skrzyżowań) w centrum miasta oraz w różnych jego częściach. Wyłączenie węzłów modelowało obciążenie sieci z pominięciem np. nieczynnego z powodu remontu skrzyżowania lub odcinka w istniejącym systemie komunikacyjnym. Założono wariantowe podejście z wyłączeniami jednego węzła w sieci oraz kilku jednocześnie w bliskim jego sąsiedztwie od 2 do 3 odcinków (skrzyżowań). Analizowano rozkład obciążeń w całej sieci i rolę wyłączonych węzłów (skrzyżowań) dla tej sieci. Badania przyniosły interesujące obserwacje co do wagi i znaczenia węzłów (skrzyżowań) i ich wpływu na całość układu komunikacyjnego miasta.

in the existing transportation structures and in the system of the chain and triangle structure of ideal cities on the other hand [3].

One of the first aspects undertaken during the classes was modeling the concentration of sources (i.e. places of residence) and destinations (i.e. workplaces or commerce) and comparing them with already existing ones. The intervening opportunities model was used as maximizing the contact intent and ease.

The networks of ideal cities which alluded to the assumptions of the chain and triangle network by Tadeusz Zipser were analyzed in the following semester. The loads in such networks were modeled. The intervening opportunities model served to provide the most probable trips matrix in the assumed city networks.

In the following semester, the research with the use of the intervening opportunities model regarded the distribution of sources and destinations in the existing cities. The selected issues regarding the use of the model in question in analyzing the current needs of the development of the city function and space or transportation structure were presented mainly on the basis of the cities, such as Łódź, Opole, and Wałbrzych.

#### *Łódź – case description*

The example of Łódź is very interesting due to the subject of the study undertaken with the use of the intervening opportunities model. Over one semester, a group of the spatial management students at the Faculty of Architecture at the Wrocław University of Science and Technology conducted studies of the transportation network in Łódź both with the use of the intervening opportunities model and field studies which are described in more detail below.

The analyses conducted on the existing network in Łódź with the use of the intervening opportunities model were assumed to present the significant influence of individual junctions, sections further referred to as nodes, on the network layout and to determine their importance (rank) in the city transportation network structure.

The vehicle traffic load and the home-work contact were modeled on the existing network, and the variant approach as well as the vehicle traffic loads distribution were studied in the whole existing network. The load of the network in Łódź after excluding major nodes (junctions) in the city center and in its different parts were analyzed with certain assumptions regarding the operation of the transportation network itself. The exclusion of the nodes modeled the network load, ignoring for instance the junctions or the sections in the existing transportation system which were out of use due to their renovation. The variant approach was assumed with the exclusions of one node from the network and at the same time several ones in its close proximity from 2 to 3 sections (junctions). The distribution of loads in the whole network and the role of the excluded nodes (junctions) for that network were analyzed. The studies provided interesting findings in respect of the rank and importance of the nodes (junctions) and their influence on the whole city transportation system.

Autorem implementacji i operatorem algorytmów był Maciej Kamiński<sup>3</sup>. Programy obejmują swym zakresem przede wszystkim liczne warianty modelu pośrednich możliwości, ale także funkcje obliczenia obciążenia odcinków drogowych. Skrypty były wykonane w języku Python, jako źródło danych posłużyła baza danych MongoDB. Algorytmy te są dostępne na licencji otwartej i zawierają w sobie bogaty dorobek naukowy Katedry Planowania Przestrzennego.

Pierwszym krokiem po przygotowaniu danych wejściowych było wykorzystanie modelu pośrednich możliwości do stworzenia macierzy wymiany ruchu o relacji kontaktu dom–praca. Uzyskane w ten sposób wielkości ruchu pozostały niezmiennione w trakcie całego badania. Krokiem drugim było rozłożenie uzyskanych wielkości ruchów na rzeczywistą sieć drogową i przypisanie liczby samochodów pokonujących każdy z jej odcinków. Krokiem trzecim było wyłączenie z ruchu jednego z węzłów lub grupy węzłów, wymuszając tym samym zmianę ścieżki ruchów dotychczas odbywających się za ich pomocą. Etap ten wykonywano 7 razy, za każdym razem wyłączając inne skrzyżowanie lub grupę (2 do 3 jednocześnie).

W celu lepszego odwzorowania rzeczywistości w modelowaniu wzięto pod uwagę gminy ościenne, tzw. kołnierz. Danymi wejściowymi do modelu były liczba mieszkańców oraz liczba miejsc pracy w mieście i okolicy. Podział na rejony został przeprowadzony tak, aby możliwie najlepiej odzwierciedlić stan rzeczywisty co do źródeł (miejsc zamieszkania) ludności miejskiej i okolicy. Natomiast podział na rejony gmin okalających miasto w tzw. w kołnierzu został przedstawiony za pomocą granic administracyjnych gmin przyległych. Liczba celów wyrażona była przez liczbę pracujących za pomocą szacowania danych z Banku Danych Lokalnych. Selektywność, jaką przyjęto do modelowań, wynosiła  $\lambda = 0,00002652^4$ . Obszar badania obejmował podział na 337 rejonów.

Analizy przeprowadzono w kilku zespołach. Każdy z tych zespołów określał zmiany ilościowe i jakościowe w kilku wariantach wyłączania węzłów (skrzyżowań). Poniżej zaprezentowano przykłady wykonane na sieci Łodzi. Na ilustracji 1 pokazano wyłączenie jednego odcinka w sieci oraz ilościowe i procentowe zmiany w sieci.

Na ilustracji 2 przedstawiono wariantowe podejście z wyłączeniem kilku (1 lub 2–3) skrzyżowań jednocześnie. Na tym etapie analizy prowadziły do wstępnej oceny wrażliwości sieci komunikacyjnej Łodzi oraz ważności poszczególnych węzłów (skrzyżowań) na powodowanie zmian w obrazie obciążeń w całej sieci układu komunikacyjnego miasta. Każdy z zespołów dokonał oceny zmian ilościowych i procentowych w układzie komunikacyjnym miasta dla innego węzła lub grupy węzłów.

Do dalszych badań i możliwości zastosowań aplikacyjnych wariantowych wyników przydatne są wskaźniki liczbowe oceniające wpływ wyłączenia węzła na całą sieć. Zmiany jakościowe rozumiane jako zmiana śred-

The algorithms were implemented and operated by Maciej Kamiński<sup>3</sup>. The scopes of programs include primarily numerous variants of the intervening opportunities model as well as the road section load calculation functions. The scripts were developed in the Python language and MongoDB served as the data source. These are open source algorithms and they testify to the great academic achievements of the Chair of Spatial Planning.

The first step in the development of input data was to use the intervening opportunities model to create the home–work contact traffic exchange matrix. The traffic values generated this way remained unchanged during the whole study. The second step was to distribute those values over the actual road network and to assign the number of cars traveling over each of its sections. The third step was to exclude one of the nodes or a group of nodes from the traffic, forcing this way a change in the current traffic paths. This stage was conducted 7 times, each time excluding a different junction or a group (2 to 3 at the same time).

In order to better present the reality of the neighboring communes, so called the collar, was taken into account in modeling. The model input data included the number of inhabitants and the number of workplaces in the city and around it. The area was divided into regions so as to reflect the reality best in respect of sources (places of residence) of the inhabitants of the city and its surroundings, whereas the division of the communes around the city (collar) into regions was presented with the use of the administrative borders of the adjacent communes. The number of destinations was demonstrated by the number of employees by estimating the data from the Bank of Local Data. The selectivity assumed in modeling was  $\lambda = 0.00002652^4$ . The area of study covered the division into 337 regions.

The analyses were conducted in several teams. Each of them analyzed the quantitative and qualitative changes in several variants of exclusion of nodes (junctions). The following is an example of a presentation of analyses conducted on the network of Łódź. Figure 1 shows the exclusion of one section in the network as well as the quantitative and percentage changes in the network.

Figure 2 presents the variant approach with the exclusion of several (1 or 2–3) junctions at the same time. At this stage, the analyses provided the preliminary evaluation of the sensitivity of the transportation network in Łódź and the importance of individual nodes (junctions) in causing changes in the load distribution in the whole city transportation system. Each of the teams evaluated the quantitative and percentage changes in the city transportation system for another node of a group of nodes.

The numbers regarding the influence of the exclusion of the node on the whole network are useful for further studies and possible application of variant results. The qualitative changes, meaning the changes in the average

<sup>3</sup> Pracownik Katedry Planowania Przestrzennego Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej.

<sup>4</sup>  $\lambda$  – prawdopodobieństwo potencjalnego zaakceptowania celu kontaktów przy założeniach minimum m.in. czasu, kosztu, wysiłku.

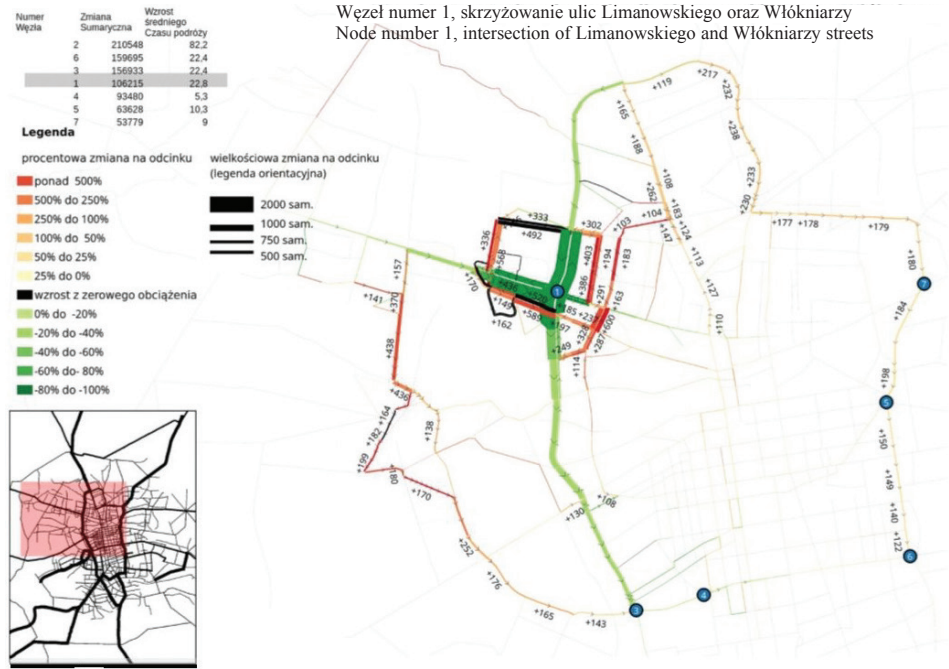
<sup>3</sup> Employee of the Chair of Spatial Planning, Faculty of Architecture, University of Science and Technology in Wrocław.

<sup>4</sup>  $\lambda$  – probability of the potential acceptance of the destination of contacts, assuming the minimum of, e.g. time, cost, effort.



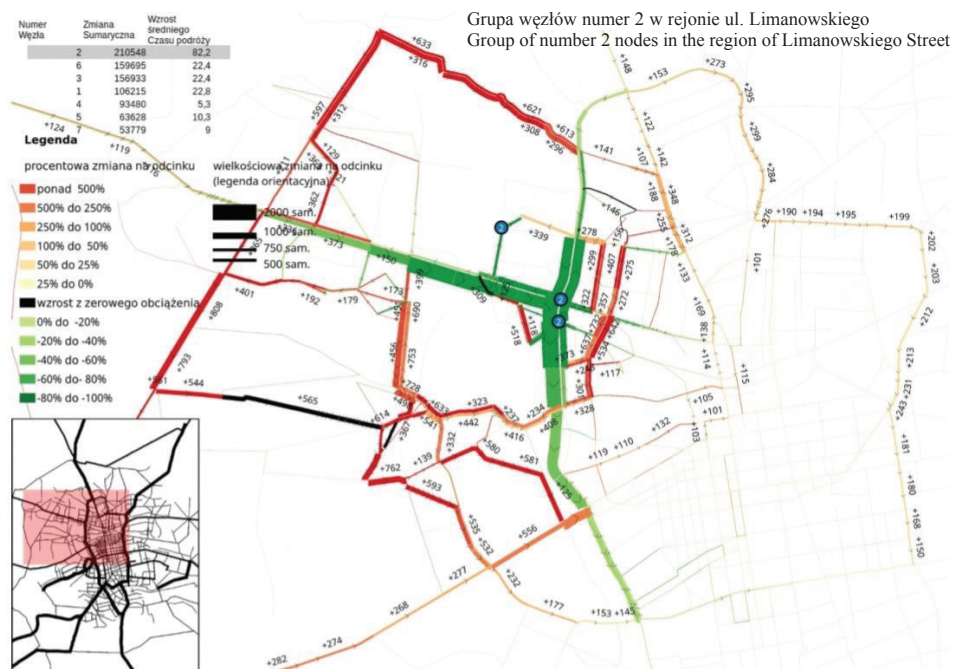
II. 1. Przykładowa analiza z wycięciem jednego odcinka w istniejącej sieci Łodzi (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2014/2015)

Fig. 1. Example analysis with exclusion of one section of the existing network in Łódź (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2014/2015)



II. 2. Przykładowa analiza z wycięciem grupy węzłów (odcinków) w istniejącej sieci Łodzi (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2014/2015)

Fig. 2. Example analysis with exclusion of a group of nodes (sections) in the existing network in Łódź (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2014/2015)



niego czasu wszystkich podróży powinny być brane pod uwagę. Zmiana średniego czasu wszystkich podróży obrazuje, o ile dłużej (średnio) pojazd będzie znajdował się w ruchu w sieci komunikacyjnej. Można to przełożyć na koszty związane ze wzrostem emisji spalin, powstawaniem korków oraz koszty dojazdu.

Jednym z ważnych wniosków dotyczących sposobu wykonywania analiz jest potwierdzenie konieczności prowadzenia dalszych, bardziej całościowych badań, uzupełnionych o inne kontakty (nie tylko dom-praca). W tym wypadku do uzyskania kompleksowych wyników niezbędne byłoby przeprowadzenie modelowań drogi powrotnej z pracy do domu. Uzyskane obciążenia

time of all trips, should be taken into account. The change in the average time of all trips demonstrates how much longer (on average) a vehicle will remain in traffic in the transportation network. It can be translated into the costs connected with the increase in exhaust emissions, traffic jams, and commuting costs.

One of the major conclusions regarding the ways in which analyses should be conducted is the confirmation of the necessity to conduct further, more comprehensive studies, extended to include other contacts (not only home-work). In this case in order to generate comprehensive results it would be necessary to do the modeling of the way back home from work. The loads and load

i zmiany obciążeń charakteryzują się dużym stopniem asymetryczności. Interpretowanie ich w oderwaniu od podróży powrotnej może doprowadzić do niepoprawnych wniosków.

### *Opole – opis przykładu*

Podobnie jak w przypadku Łodzi, praca studentów odbywała się w zespołach. Dla każdej z grup określono to samo zadanie, które polegało na przeprowadzeniu trzech wariantów modelowań rozkładu podróży w zależności od wyboru pierścieni odległości dla:

- jednego punktu źródłowego,
- dwóch punktów źródłowych oraz dla aktywności źródłowych rozlokowanych proporcjonalnie we wszystkich rejonach miasta Opola.

Możliwe były modyfikacje w poszczególnych zespołach co do założeń parametru selektywności przyjętego od  $\lambda = 0,0000211$  do  $\lambda = 0,000033$  przy prawdopodobieństwie zaspokojenia podróży ( $z$ ) od 80% do 92%. Zadanie różniło się również przyjętą liczbą pierścieni odległości – od 3 do 5. Dla każdego wariantu wybrano odpowiednią liczbę pierścieni odległości badaną przez zespół (il. 3–5).

W tym podejściu studenci starali się sami być operatorami swoich modelowań. Wymagało to od nich stworzenia odpowiedniej procedury modelującej i zapisywania jej w języku Python jako zbiór procedur z zaimplementowanymi wcześniej elementami.

W modelowaniach został potwierdzony wpływ (przy ustalonej wartości parametru selektywności) gęstości przedziału penetrowanej przestrzeni na pierścienie od-

changes are highly asymmetric. Interpreting them separately from the trip back home can provide erroneous conclusions.

### *Opole – case description*

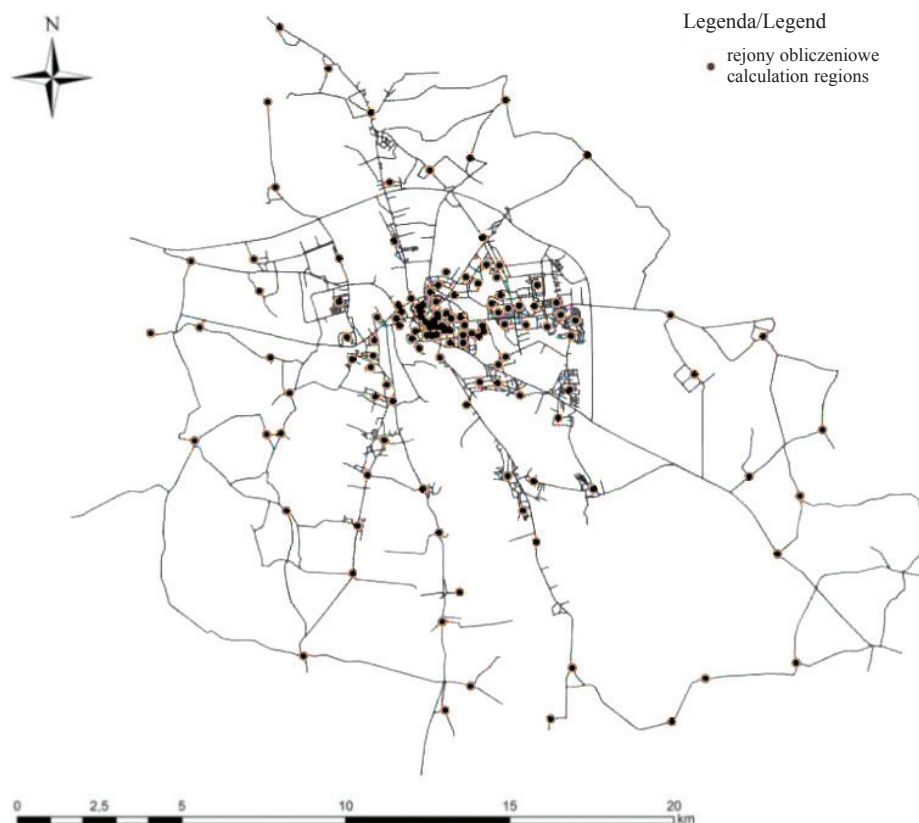
Just like in the case of Łódź, the students worked in teams. Each of the groups was assigned the same task which consisted in conducting three modeling variants of the distribution of trips, depending on the choice of distance rings for:

- one source point,
- two source points and for source activities located proportionately in all regions of the city of Opole.

It was possible to modify in individual teams the assumptions of the selectivity parameter which was assumed at  $\lambda = 0.0000211$  to  $\lambda = 0.000033$  with the likelihood of trip satisfaction ( $z$ ) from 80% to 92%. The task varied also in respect of the assumed number of distance rings – from 3 to 5 rings. An adequate number of distance rings was assumed for each of the variant studied by the team (Fig. 3–5).

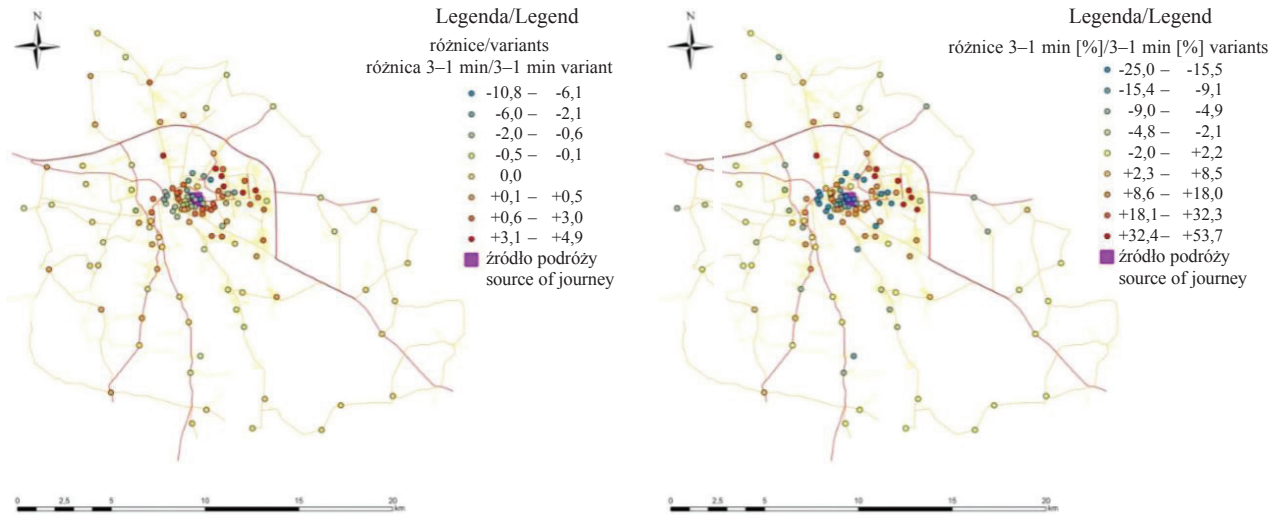
In this approach the students tried to operate their modelings themselves. This required them to develop a proper procedure of modeling and record it in the Python language as a set of procedures with earlier implemented elements.

The modelings confirmed the influence (with the fixed value of selectivity parameter) of the penetration space density on the distance rings for individual source regions. The higher its value, the higher the likelihood of finishing



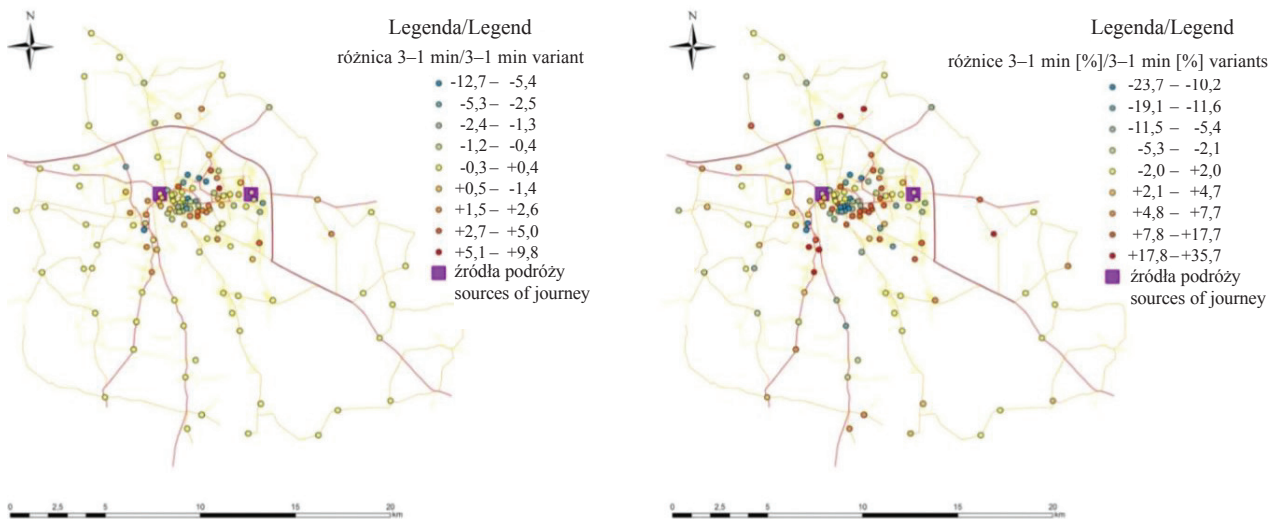
Il. 3. Rozmieszczenie 130 rejonów obliczeniowych Opola (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2015/2016)

Fig. 3. Distribution of 130 calculation regions in Opole (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2015/2016)



II. 4. Bezwzględna i procentowa różnica w rozkładzie aktywności dla jednego punktu źródłowego pomiędzy 3- i 1-minutowym pierścieniem odległości (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2015/2016)

Fig. 4. Absolute and percentage difference in the distribution of activities for one source point between 3- and 1-minute distance rings (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2015/2016)



II. 5. Bezwzględna i procentowa różnica dla dwóch punktów źródłowych w rozkładzie aktywności pomiędzy 3- i 1-minutowym pierścieniem odległości (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2015/2016)

Fig. 5. Absolute and percentage difference in the distribution of activities for two source points between 3- and 1-minute distance rings (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2015/2016)

ległości dla poszczególnych rejonów źródłowych. Im większa jego wartość, tym większe prawdopodobieństwo zakończenia podróży wcześniej. Zmiana liczby pierścieni odległości miała natomiast nieznaczny wpływ przy małych zmianach dla całości obrazu wymiany ruchu. Na tym etapie prac wykazano dla dobranych parametrów własność szczególną wpływu liczby pierścieni odległości. Należałoby w dalszym cyklu dydaktycznym rozszerzyć

the trip earlier. However, the change in the number of the distance rings slightly affected the whole picture of traffic exchange when the changes were small. At this stage of works, a special quality of the influence of the number of distance rings was determined for the selected parameters. The further course of instruction should be extended to include the issue of influence of the number of distance rings on traffic exchange.



problematykę badania wpływu liczby pierścieni odległości na wymianę ruchu.

### Wałbrzych – ogólny opis przykładu

Analiza układu komunikacyjnego Wałbrzycha jest bardzo interesująca ze względu na porównania wyników empirycznych badań przeprowadzonych w roku 1967 z dzisiejszymi możliwościami technicznymi podejścia modelowego, z wykorzystaniem modelu pośrednich możliwości.

Celem przeprowadzonych prac było sprawdzenie, czy metoda cofania nadwyżek daje bardzo odległy obraz i czy różni się w porównaniu z danymi empirycznymi, obliczonymi w terenie w 1967 r.

Do przeprowadzenia modeli zostały wykorzystane następujące dane:

- liczba rejonów obliczeniowych: 22,
- liczba aktywności źródłowych: 53 713,
- liczba aktywności celowych: 53 713,
- liczba zastosowanych pierścieni odległości: 8,
- liczba iteracji: 6.

W każdej iteracji cofane były nadwyżki przydzielane przez model pośrednich możliwości.

Współczynnik selektywności przyjęto zgodnie z tabelą przedstawioną na ilustracji 6.

W celu zobrazowania omawianej problematyki wybrano przykładowe analizy z wszystkich przeprowadzonych dla 22 rejonów (il. 6). Na ilustracji 7 przedstawiono wyniki analizy dla rejonu 11 – Śródmieście 1. Dokonano zestawienia wyników z roku 1967 oraz współczesnych uzyskanych z wykorzystaniem modelu pośrednich możliwości i wykonanych przez zespół studentów w ramach zajęć w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze 2015/2016, dla tego samego wydzielonego obszaru. Autorem implementacji i operatorem algorytmów był mgr inż. Maciej Kamiński.

### Wałbrzych – general case description

The analysis of the transportation system in Wałbrzych is very interesting due to the comparison of the results of empirical studies conducted in 1967 with today's technical possibilities of the model approach with the use of the intervening opportunities model.

The objective of the conducted works was to check if the of excess withdrawal method provides a very distant picture and if it differs in comparison with empirical data calculated in the field in 1967.

The following data were used in the development of modelings:

- number of calculation regions: 22,
- number of source activities: 53 713,
- number of destination activities: 53 713,
- number of applied distance rings: 8,
- number of iterations: 6.

The excess assigned by the intervening opportunities model was withdrawn in every iteration.

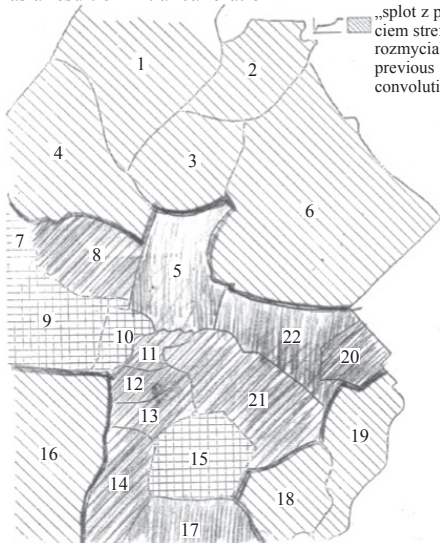
The selectivity ratio was assumed in compliance with the table in Figure 6.

The example analyses from all conducted analyses were selected for 22 regions in order to present the issues discussed here (Fig. 6). Figure 7 shows the results of the analysis for region 11 – City Center 1. The results from 1967 were compared with the modern ones which were generated with the use of the intervening opportunities model by the team of students during the classes at the Chair of Spatial Planning in semester 2015/2016 for the same area. The algorithms were implemented and operated by Maciej Kamiński, M.Sc.

Comparing the two graphs for the region of City Center 1 described with number 11, it can be noted that the data generated as a result of modeling more or less correspond to the empirical studies. A small noticeable difference is that when the excesses are withdrawn the des-

Wałbrzych: typologia rejonów w wyniku kalibracji wstępnej parametrów

Wałbrzych: typology of regions as a result of initial calibration



- klasyczny classical
- splot d=0 early convolution
- splot d<0 late convolution
- „splot z przesunięciem strefy rozmycia” d>0 previous convolution

sd_id rejon area	Src źródła sources	dst cele destination	sel selektywność selectivity
1	1126	202	0,0001896
2	1358	1722	0,0000875
3	5310	4050	0,0000484
4	3219	1823	0,0001572
5	5194	6177	0,000029
6	1106	91	0,0002577
7	380	20	0,0007052
8	4544	708	0,0000452
9	1616	506	0,000054
10	514	4557	0,000055
11	1038	2229	0,000029
12	1685	4152	0,000033
13	3692	12355	0,0000333
14	916	3544	0,0000307
15	3995	1620	0,0000505
16	4214	4759	0,0000793
17	3284	3646	0,0000438
18	777	23	0,000234
19	1710	304	0,0000747
20	282	10	0,0001512
21	6373	1013	0,000041
22	1380	202	0,0000337

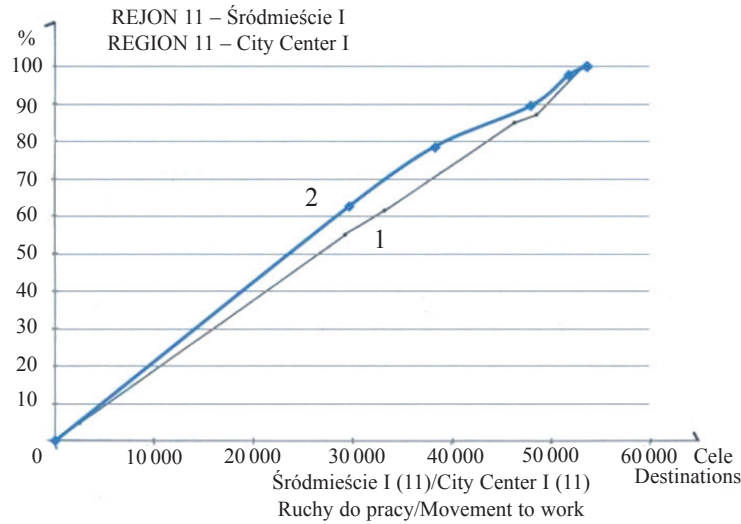
Il. 6. Rozmieszczenie rejonów obliczeniowych oraz rozłożenie źródeł i celów dla poszczególnych rejonów obliczeniowych (1–22). Materiał źródłowy z badań 1967 r. dla Wałbrzycha (Archiwum Katedry Planowania Przestrzennego)

Fig. 6. Distribution of calculation regions and the distribution of sources and destinations for individual calculation regions (1–22). Source material from the studies conducted in 1967 for Wałbrzych (Archives of the Chair of Spatial Planning)



Il. 7. Porównanie wymodelowanych wykresów dla rejonu nr 11 (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu wybieralnego „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2015/2016)

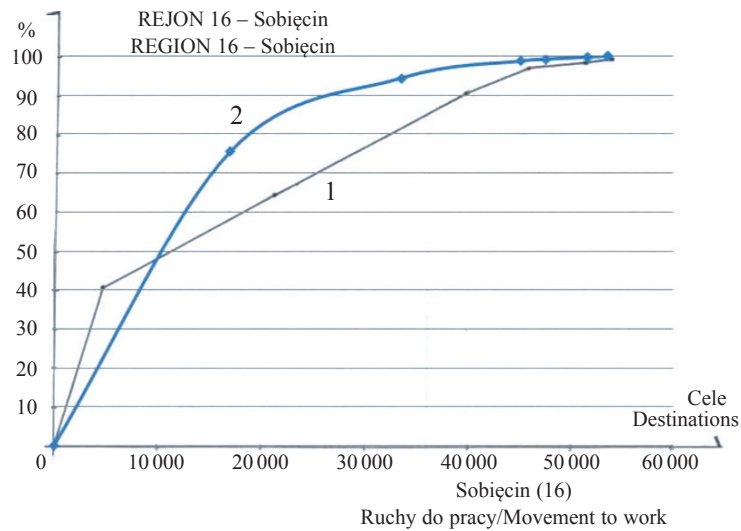
Fig. 7. Comparison of modeled graphs for region no. 11 (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2015/2016)



1 – wyniki badań z 1967 r., 2 – wyniki badań z 2016 r., 3 – położenie rejonu, 4 – liczba osób zamieszkujących obszar – źródła  
1 – results of studies from 1967, 2 – results of studies from 2016, 3 – location of the region, 4 – number of people living in the area – sources

Il. 8. Porównanie wymodelowanych wykresów dla rejonu nr 16 (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu wybieralnego „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2015/2016)

Fig. 8. Comparison of modeled graphs for region no. 16 (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2015/2016)



1 – wyniki badań z 1967 r., 2 – wyniki badań z 2016 r., 3 – położenie rejonu, 4 – liczba osób zamieszkujących obszar – źródła  
1 – results of studies from 1967, 2 – results of studies from 2016, 3 – location of the region, 4 – number of people living in the area – sources

Porównując dwa wykresy dla rejonu Śródmieście 1, opisanego numerem 11, można stwierdzić, że uzyskane w wyniku modelowania dane w miarę się pokrywają z pomiarami empirycznymi. Niewielka zauważalna różnica polega na tym, że przy zastosowaniu cofania nadwyżek nastąpiło nieco szybsze uzyskanie zaspokojenia celów, niż to wykazują badania empiryczne. Modelowi „udało się” nawet w pewnym stopniu odwzorować wklęsłość (il. 7), która pojawia się na poziomie 85% zaspokojonych podróży.

Biorąc pod uwagę całość uzyskanych wyników, można stwierdzić, że podejście w cofaniu nadwyżek jedynie w niektórych przypadkach jest zbliżone do rzeczywistości w stopniu zadowalającym.

Jedynie rejon Sobięcín (il. 8), oznaczony numerem 16, położony jest dalej od centrum, a zauważalna rozbieżność

tytułach były osiągnięte nieco szybciej niż wskazywały badania empiryczne. Model nawet „zarządził” osiągnięcie pewnego stopnia wklęsłości (Fig. 7), która jest obecna przy 85% zaspokojonych podróży.

Wzięto pod uwagę wszystkie generowane wyniki, można stwierdzić, że podejście w cofaniu nadwyżek jedynie w niektórych przypadkach jest zbliżone do rzeczywistości w stopniu zadowalającym.

Sobięcín (Fig. 8) oznaczony numerem 16, jest jedynym rejonem położonym dalej od centrum, a zauważalna różnica między wynikami jest największa w tym przypadku. Można więc stwierdzić, że lokalizacja rejonu w odniesieniu do dostępnych celów, jak również jego rozmiar, znacząco wpływają na generowane wyniki.

Widoczne jest w niemal każdej symulacji, że potrzeby są zaspokajane szybciej dla danego liczby celów w

pomiędzy wynikami jest w tym przypadku największa. Można więc wnioskować, że miejsce położenia rejonu względem dostępnych celów, a także jego wielkość mają znaczący wpływ na uzyskane wyniki.

Zauważalnym niemal w każdym modelowaniu zjawiskiem jest szybsze zaspokajanie potrzeb dla danej liczby celów w porównaniu z danymi empirycznymi. Taka sytuacja być może wynika z lokalizacji rejonów, w których były przeprowadzane modelowania, oraz z doboru selektywności. Warto zauważyć, że niemal wszystkie analizowane rejony znajdują się w centrum miasta, gdzie występuje największe nagromadzenie celów.

Istotnym wątkiem realizowanym w trakcie zajęć ze studentami przez pracowników Katedry Planowania Przestrzennego były działania empiryczne. Miały one za zadanie sprawdzenie zastosowań metody badawczej Tadeusza Zipsera [1].

### ***Ocena ruchu miejskiego z wykorzystaniem metody Tadeusza Zipsera***

Badania terenowe miały przynieść praktyczne informacje na temat sposobu prowadzenia takiego typu prac. Dotyczyły one głównie zweryfikowania założeń metody Tadeusza Zipsera [1], dedykowanej badaniom – z różnych perspektyw – obciążeń ruchem ciągów komunikacyjnych w tkance miejskiej. Metoda ta koncentruje się głównie na obserwacji ilościowej i jakościowej na wybranych odcinkach systemu komunikacyjnego miasta i zliczaniu pojazdów jadących w kierunku przeciwnym do badającego. Osoba zliczająca pojazdy wykonywała to podczas przemieszczania się jako pasażer samochodu osobowego lub tramwaju. Uzupełniającym badaniem był pomiar natężenia ruchu w wybranych punktach przy skrzyżowaniach, tzw. badania „statyczne”. Szerzej o sposobie ich prowadzenia w artykule pt. *Metoda zbierania i opracowywania danych o obciążeniach sieci transportowej* [5].

W zastosowaniu jest to prosta metoda, jednakże wiąże się z nią pewne ograniczenia. Jednym z nich jest to dotyczący pogody i dostosowania prędkości jadącego pojazdu do panujących uwarunkowań atmosferycznych. Kolejnym czynnikiem mogącym utrudniać obserwację są elementy wertykalne występujące na trasie przejazdu, tj. ekrany akustyczne, wiaty, przystanki i inne elementy przysłaniające i uniemożliwiające obserwację ruchu pojazdów z naprzeciwka. Do pozytywnych stron tej metody należą natomiast stosunkowo niski koszt jej stosowania, co jest ważne przy ograniczonych środkach budżetowych, np. posiadanych przez samorządowe jednostki terytorialne, oraz możliwość jej przeprowadzenia w niewielkim zespole osobowym i w krótkim czasie, wypływającym z potrzeb sprawdzenia obciążeń natężeniem ruchu w małych i średnich miastach, które nie mają opracowań objętych KBR dla Polski.

#### ***Badania we Wrocławiu – opis przykładu***

Celem badania było m.in. porównanie wyników pomiarów metodą „dynamiczną” według Tadeusza Zipsera [1] z rezultatami badań przeprowadzonych w ramach KBR z 2010 r. [6] oraz sprawdzenie samej metody dynamicznej.

comparison to empirical data. Such a situation may result from the location of the regions which were modeled and from the selectivity choice. It should be noted that almost all analyzed regions are located in the city center where the concentration of destinations is the greatest.

The empirical activities conducted during the classes with the students by the staff of the Chair of Spatial Planning were important and their objective was to verify the application of Tadeusz Zipser's research method [1].

### ***Evaluation of the city traffic with the use of Tadeusz Zipser's method***

The field studies were supposed to provide practical information on the way such work should be carried out. They regarded primarily the verification of the assumption of Tadeusz Zipser's method [1], dedicated to studies – from various perspectives – of the traffic loads in the city fabric. The method focuses mainly on studying the city transportation system on selected sections through quantitative and qualitative observation and counting the vehicles going in the opposite direction. The person counting the vehicles did that while traveling as a car or tram passenger. The study was complemented with the measurement of traffic intensity – “static” studies – in selected points at junctions. More on the way they were conducted in [5].

The application of the method is simple, however, it is connected with some limitations. One of them regards the weather and adjusting the speed of the vehicle to weather conditions. Another one which can hinder observation is the vertical elements along the way, such as noise barriers, sheds, passenger shelters and other elements blocking the view or preventing observation of traffic going from the opposite direction. On the positive note, the application of the method is relatively inexpensive, which is important when the budgetary funds are limited, e.g. those at the disposal of local authorities and it is possible to use this method by a small team and over a short period of time, which can be necessary to evaluate the traffic intensity in small and medium-sized cities which are not included in CTS for Poland.

#### ***Studies in Wrocław – case description***

The objective of study was e.g. to compare the measurement results with the use of Tadeusz Zipser's “dynamic” method [1] with the results of studies conducted within CTS from 2010 [6] and to evaluate the dynamic method itself.

It is very important at the comparison stage to take into account similar road sections (Fig. 9), periods of time (every 15 minutes) (Fig. 10), etc.

The “dynamic” method, which involves observations made as a car passenger on selected sections of the city road network, in this case in Wrocław, has some limitations. One important conclusion was drawn from the field studies, namely the necessity to compare data collected from two sources of observation, i.e. “dynamic” and “static” as well as to normalize (rescale) the results due to a different approach and the way of observation of traffic intensity.

Il. 9. Wybrany odcinek do badań C10 (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2013/2014)

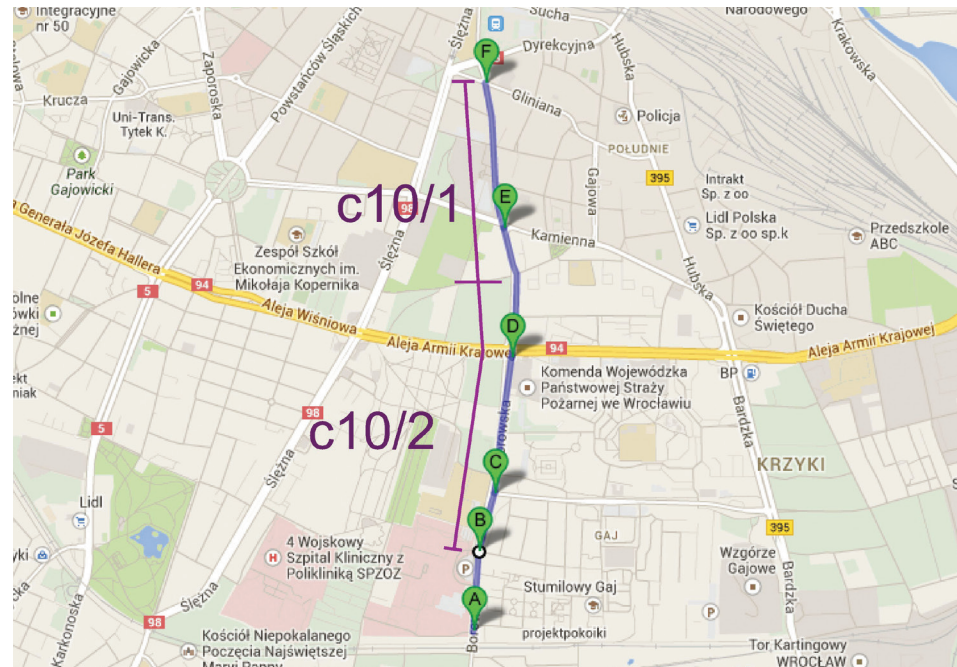


Fig. 9. Selected section for the study of C10 (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2013/2014)

Bardzo ważnym aspektem etapu porównywania jest uwzględnienie podobnych odcinków dróg (il. 9), okresów czasowych (w odstępach co 15 minut) (il. 10) itp.

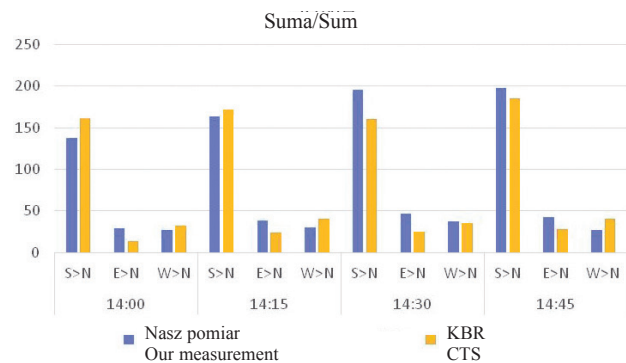
Metoda „dynamiczna”, która zakładała obserwacje jako pasażer samochodu m.in. na wybranych odcinkach sieci drogowej miasta, w tym przypadku we Wrocławiu, jest obciążona pewnymi już wspomnianymi ograniczeniami. W ramach przeprowadzonych badań terenowych m.in. otrzymano jeden z istotnych wniosków dotyczący konieczności porównywania danych z dwóch ujęć obserwacji, tj. „dynamicznej” i „statycznej” oraz wprowadzenia normalizacji (przeskalowania) rezultatów, wynikających z odmiennego podejścia i sposobu obserwacji natężenia ruchu.

Badanie „statyczne” – zliczanie pojazdów w określonych punktach – różni się od badania metodą „dynamiczną”. W tej drugiej należy uwzględnić prędkość poruszającego się samochodu w stosunku do pojazdów jadących z naprzeciwka. W efekcie w tej samej jednostce czasu w metodzie „dynamicznej” zlicza się więcej pojazdów niż w badaniu „stacycznym”, wobec czego należy przeskalować wyniki uzyskane ze zliczania pojazdów metodą „dynamiczną”, dzieląc je przez dwa. Wnioskiem, jaki płynie z badania metodą „dynamiczną”, jest stwierdzenie konieczności dalszych badań porównawczych w kontekście udoskonalenia tej metody.

W trakcie zajęć były omawiane różne problemy dotyczące sposobu realizacji badania metodą „dynamiczną”, przygotowania i przeprowadzenia badania metodą „stacyczną” oraz porównania otrzymanych wyników z danymi uzyskanymi na tych samych odcinkach w ramach KBR [6].

**Wnioski**

Model pośrednich możliwości nabiera większego znaczenia w obecnym podejściu do rozwoju szeroko rozumianego transportu w miastach, regionach oraz większych



Il. 10. Wybrane zestawienie pomiaru na odcinku C10 (źródło: analizy zespołu studentów, materiał wykonany na zajęciach z przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych” prowadzonych w Katedrze Planowania Przestrzennego w semestrze zimowym 2013/2014)

Fig. 10. Selected comparison of measurement results for section C10 (source: analyses by a team of students, material developed in classes in the facultative subject the “Techniques of Transportation Analyses and Forecasts” at the Chair of Spatial Planning in winter semester 2013/2014)

The “static” study – counting vehicles in specific points – differs from the study conducted with the use of the “dynamic” method. The latter should take into account the speed of moving cars in relations to the vehicles going from the opposite direction. In effect, more vehicles are counted in the “dynamic” than in the “static” study over the same time unit, which is why the results of counting vehicles with the use of the “dynamic” method should be rescaled by dividing them by two. The conclusion drawn from the study conducted with the use of the „dynamic” method is that it is necessary to conduct further comparative studies in order to improve this method.

During the classes, different issues were discussed, such as the way in which the study should be prepared and conducted with the use of the “dynamic” and “static”



obszarach. Tematyka ta oraz konieczność analizowania zjawisk w strukturze osadniczej stawia przed zespołem Katedry Planowania Przestrzennego kolejne wyzwania i potrzebę udoskonalenia samego modelu pośrednich możliwości. Wywołane problemy stanowią jedynie przedsmak potencjału tkwiącego w aplikacyjnym zastosowaniu zarówno omawianego modelu, jak i metody „dynamicznej” do badania miejskich struktur osadniczych, a w szczególności do analizy zagadnień transportowych.

method as well as the comparison of the results with the data generated for the same sections in CTS [6].

### Conclusions

The intervening opportunities model is more and more important with the current approach to the growth of transportation system in its broad meaning in the cities, regions and bigger areas. Those issues and the necessity to analyze the developments taking place within the settlement structure create new challenges for the team of the Chair of Spatial Planning and the need to improve the intervening opportunities model itself. The issues only point to the potential hidden in the application of the model in question as well as the “dynamic” method to study the urban settlement structures and in particular to analyze the transportation issues.

Translated by  
Tadeusz Szalamacha

### Bibliografia/References

- [1] Zipser T., *Analiza ruchu samochodów ciężarowych na obszarze miasta Wrocławia. Dobór technik pomiaru, pilotażowe badania terenowe*, raport na prawie rękopisu, Wydział Architektury PWr, Wrocław 1999.
- [2] Bagiński E., Litwińska E., Zipser T., *Próby symulacji modelowej rozkładu przestrzennego ruchu turystycznego w Polsce*, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 1995.
- [3] Zipser T., *Struktura trójkątowo-łańcuchowa sieci osadniczej*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej. Architektura” 1967, z. 9, 3–49.
- [4] Zipser T., Mlek M., *Samochodowy transport ciężarowy*, [w:] K. Lewandowski (red.), *Miasto Wrocław. Przestrzeń komunikacji i transport*, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2004, 261–284.
- [5] Grabińska T., Kamiński M., *Metoda zbierania i opracowania danych o obciążeniu sieci transportowej*, „Logistyka” 2014, Nr 6, 4162–4168.
- [6] *Kompleksowe Badania Ruchu (KBR) dla Wrocławia*, Biuro Inżynierii Transportu Pentor Metoda zbierania i opracowania danych o obciążeniu sieci transportowej Researcher International SA, Poznań 2010.

### Streszczenie

W artykule scharakteryzowano problematykę, jaką realizowano w trakcie procesu dydaktycznego na kierunku gospodarka przestrzenna na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej, w ramach przedmiotu „Techniki analiz i prognoz transportowych”. Na przykładzie Łodzi, Opola, Wałbrzycha oraz Wrocławia przedstawiono i zanalizowano wybrane zagadnienia związane z założeniami modelu pośrednich możliwości, wykorzystywanego w modelowym podejściu do zjawisk przestrzennych w miejskich strukturach osadniczych. Przybliżono również eksperyment podjęty i realizowany w procesie dydaktycznym, służący ocenie ruchu miejskiego, wykorzystujący metodę badawczą opracowaną przez prof. Tadeusza Zipsera.

**Słowa kluczowe:** analizy transportowe, model pośrednich możliwości, rozwój

### Abstract

The article characterises selected issues and problems included in the teaching process of the course “Techniques of transport analyses and forecasts” at the studies in Spatial Planning Faculty of Architecture at Wrocław University of Science and Technology. Examples of such as Łódź, Opole, Wałbrzych and Wrocław were used to present and analyse selected issues related to the concept of the intervening opportunities model applied in the model approach to spatial phenomena at urban settlement structures. The course covered also the experiment undertaken to assess the urban traffic applying the research method developed by prof. Tadeusz Zipser.

**Key words:** transport analyses, the intervening opportunities model, development