



TECHNIKA TRANSPORTU SZYNOWEGO

Grzegorz SIERPIŃSKI, Ireneusz CELIŃSKI

SZACOWANIE ROZMIARU PRÓBY DLA POTRZEB MODELU RUCHU W LOGISTYCE MIEJSKIEJ

Streszczenie

Problem przemieszczania osób stanowi jedno z podstawowych zagadnień logistyki miejskiej. W modelowaniu procesów transportowych, a zwłaszcza w przypadku budowy modeli ruchu wspomagających planowanie i realizację z zakresu logistyki miejskiej ważną kwestią jest dobór odpowiedniego rozmiaru próby. Właściwy dobór próby ma na celu możliwie dokładne reprezentowanie zachowań komunikacyjnych mieszkańców badanego obszaru. W większości opracowań projektowych rozmiar próby dobierany jest na zasadzie arbitralnej decyzji w zgodzie z wytycznymi prezentowanymi w literaturze przedmiotu [6], [8], [11]. Rozmiar próby uzależniony jest od liczebności badanej populacji z uwzględnieniem wytyczonych celów modelowania. W praktyce liczebność dobieranej próby waha się w przedziale od 1% do 20% liczby mieszkańców stanowiących badaną populację zamieszkującą określony obszar. Artykuł ten ma na celu przedstawienie pewnego podejścia do problemu szacowania rozmiarów próby dla potrzeb modelowania ruchu. Obecnie w związku z intensywnym rozwojem infrastruktury w Polsce, choć nie tylko, zmieniają się w sposób istotny więzby ruchu (miejskie, aglomeracyjne, regionalne itd.). W celu budowy zasadnych modeli ruchu, wymaga to przeprowadzenia badań zachowań komunikacyjnych mieszkańców. Rozmiar próby dla modelu determinuje koszty badań ruchu, co często powoduje zaniechanie jego budowy. Przedmiotowy problem jest zatem jednym z kluczowych czynników decyzyjnych w zagadnieniach modelowania ruchu. Prace zmierzające do określenia minimalnego, wystarczającego rozmiaru próby są istotne, zwłaszcza w obecnej sytuacji ekonomicznej samorządów lokalnych w Polsce. Dążyć należy do kompromisu pomiędzy rozmiarem próby, a jej jakością w sensie odwzorowania rzeczywistych procesów ruchu.

WSTĘP

Jedną z przyjętych definicji charakteryzująca logistykę miejską [17] opisuje ją, jako ogół procesów zarządzania przepływami osób, ładunków i informacji wewnątrz systemu logistycznego miasta, zgodnie z potrzebami i celami rozwojowymi miasta, z poszanowaniem ochrony środowiska naturalnego, uwzględniając, że miasto jest organizacją społeczną, której nadrzędnym celem jest zaspokajanie potrzeb swoich użytkowników. W tym kontekście działania logistyczne nawiązują także do przyjętych zasad zrównoważonego rozwoju transportu. Bieżące poznawanie zachowań komunikacyjnych osób podróżujących stanowi klucz do podejmowania właściwych decyzji w zakresie działań logistyki miejskiej.

Poruszana w artykule problematyka jest opisana w kilku pozycjach bibliograficznych, w których zaproponowano zasadne rozmiary prób dla celów badań zachowań komunikacyjnych [6], [8]. Dotychczasowe zalecenia (i stosowana praktyka) w przedmiocie

dobierania rozmiaru próby, jakkolwiek stosowane z powodzeniem, charakteryzują się wysokimi kosztami pozyskania danych. Koszty te stanowią często istotną pozycję w budżecie budowy modelu ruchu. Sytuacja ta jest asumptem do podejmowania wysiłków w celu poszukiwania nowych optymalnych rozmiarów prób na potrzeby badania zachowań komunikacyjnych mieszkańców.

W modelowaniu ruchu kluczowym aspektem jest właściwe rozpoznanie zachowań komunikacyjnych mieszkańców obszaru, dla którego wykonuje się badania, model ruchu itp. Parametry podróży wykonywanych przez mieszkańców badanego obszaru ustalone na potrzeby budowy modelu ruchu są, bardzo istotne z punktu widzenia realizacji działań logistyki miejskiej, służą m. in. do określania ich podziału ze względu na motywacje, wykorzystywaną modę transportu (sposób przemieszczania) i wiele innych. Dokładne zbadanie tych zagadnień implikuje wiele różnorodnych problemów natury merytorycznej i praktycznej. W ostatnich latach obserwuje się wzrost trudności związanych z pozyskiwaniem danych statystycznych dla celów budowy modeli ruchu. Ankieterom coraz trudniej skłonić potencjalnych respondentów do udziału w badaniach zachowań komunikacyjnych. Z drugiej strony rosną koszty takich badań. Koszty te związane są głównie z pewnymi stałymi nakładami, których nie można w sposób istotny ograniczyć (koszty osobowe pracy ankieterów). Naturalną tendencją powinno być poszukiwanie komplementarnych lub substytucyjnych metod badań zachowań komunikacyjnych mieszkańców z wykorzystaniem sieci GSM i GPS [1], [2], [5], [3]. Zakładając, że ww. technologie lub inne mogą zostać wykorzystane w tym celu. Zachowawczą koncepcją pozyskiwania przedmiotowych danych może być utrzymanie dotychczasowych konwencji badań ruchu, ale przy jednoczesnym dążeniu do maksymalnego ograniczenia liczebności próby (przy zachowaniu jej reprezentacyjności). Niniejszy artykuł jest przykładem opisu takiej zachowawczej koncepcji. W opracowaniu [6] zamieszczono wartości minimalne liczebności próby dla celów przeprowadzenia badań zachowań komunikacyjnych mieszkańców w zależności od rozmiaru populacji (tablica 1). W pozycji [8] podano zarówno minimalne, jak i zalecane liczebności próby dla celów badań zachowań komunikacyjnych mieszkańców (patrz: tablica 2). Rozmiar próby dla celów badania zachowań komunikacyjnych mieszkańców jest w każdym przypadku stosunkowo duży w porównaniu do typowych badań marketingowych (np. preferencje konsumentów). Abstrahując od szczegółowych zagadnień technicznych w badaniach preferencji konsumentów, rozmiar próby dla aglomeracji zamieszkiwanej przez ok. 2 miliony mieszkańców wynosi około 600-700 respondentów. Próba ta z reguły wystarcza np. dla oszacowania, jakiego typu samochody preferują mieszkańcy danego obszaru (lub inne dobra konsumpcyjne). W stosunku do analiz preferencji konsumentów, badania zachowań komunikacyjnych wymagają prób 10÷40 krotnie większych (w zależności od stosowanych zaleceń i celów badań).

Tab. 1. Wielkości próby

Liczba mieszkańców	Zalecana próba minimalna [%]
0 ÷ 50.000	10,00
50.000 ÷ 150.000	5,00
150.000 ÷ 300.000	2,90
300.000 ÷ 500.000	2,00
500.000 ÷ 1.000.000	1,40
> 1.000.000	1,00

Źródło: [6], [11].

W badaniach na potrzeby budowy modeli ruchu dla miast uwzględnia się głównie ruch transportem drogowym. Ruch ten jest procesem samoorganizującym się, a jego charakterystyki są zdecydowanie stochastyczne. Zauważyć należy, że proces przemieszczeń mieszkańców obszarów miejskich jest ponadto zmienny praktycznie dla każdego

potencjalnego respondenta (z uwzględnieniem źródła i celu podróży). Losowość procesów przemieszczeń nasila się wraz ze wzrostem liczby indywidualnych gospodarstw domowych [9]. Procesy społeczne i urbanizacyjne obserwowane w ostatnich dekadach dynamizują zarówno liczbę tych gospodarstw, jak również ich rozproszenie (suburbanizacja), co może powodować istotne zmiany dla rozkładu działań z zakresu logistyki miejskiej. Charakterystyka stochastyczna przemieszczeń mieszkańców dotyczy zmian nie tylko w czasie, ale również w przestrzeni. Wymienione wyżej fakty implikują trudności związane z właściwą oceną zachowań komunikacyjnych mieszkańców w obszarach miejskich.

Ponadto zwraca uwagę trwała tendencja, obserwowana w ostatnich latach, odwracania się klientów komunikacji miejskiej od transportu kolejowego. W aglomeracji górnośląsko-zagłębiowskiej już tylko 7% pasażerów korzysta z tego środka transportu w celu realizacji przemieszczeń obligatoryjnych [9]. Przenoszenie się klientów komunikacji miejskiej z transportu szynowego na komunikację indywidualną zwiększa wariancję przestrzenną relacji podróży obserwowanych w sieciach transportowych. W mniejszym stopniu wariancję tą zwiększają przesiadki dotychczasowych klientów kolei na linie autobusowe, trolejbusowe i tramwajowe. Duży udział transportu kolejowego w realizacji komunikacji miejskiej, z uwagi na ograniczą liczbę linii i relacji jest korzystny z punktu widzenia modelowania ruchu. Jest to kolejny asumpt w celu realizacji problemu poruszanego w tym artykule.

Tab. 2. Zalecane i minimalne wielkości próby

Liczba mieszkańców	Wielkość próby [%]	
	Zalecana	Minimalna
0 ÷ 50.000	20,00	10,00
50.000 ÷ 150.000	12,50	5,00
150.000 ÷ 300.000	10,00	3,00
300.000 ÷ 500.000	6,70	2,00
500.000 ÷ 1.000.000	5,00	1,50
> 1.000.000	4,00	1,00

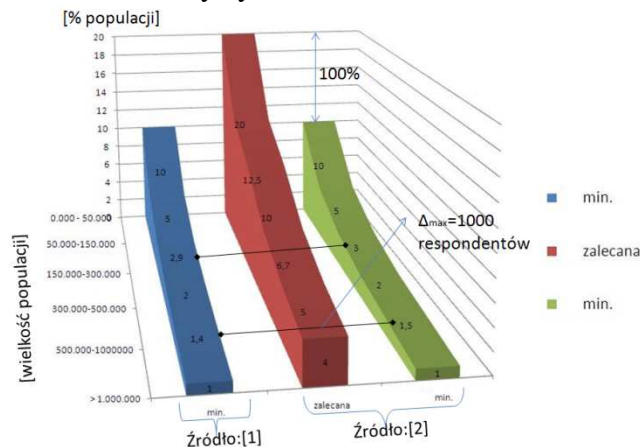
Źródło: [8], [11].

W opisanej perspektywie problemu, należy zadać szereg zasadnych pytań, w tym najważniejsze: czy rzeczywiście w celu dokładnego rozpoznania zachowań komunikacyjnych mieszkańców w obszarach miejskich niezbędne są próby o tak dużej liczebności (rzędu 1% ÷ 20% populacji)? Kolejne pytanie: Czy ponoszone koszty uzasadnione są dokładnością badania (odwzorowania rzeczywistych zachowań komunikacyjnych)? Czy nie istnieje możliwość określenia liczebności próby w inny, co najmniej równie dokładny sposób? Przypisywanie rozmiaru próby wyłącznie w odniesieniu do wielkości populacji zamieszkującej dany rejon lub obszar analizy nasuwa natychmiastowy – intuicyjny sprzeciw. Każda sieć transportowa, mimo pewnych podobieństw, jest niepowtarzalna w skali globalnej. Należy zwrócić uwagę na fakt, że nawet, gdyby powstawały na świecie miasta identyczne w sensie sieci transportowej (identyczne: struktura sieci, rozkłady jazdy, sterowanie), to w żaden sposób nie zmienia to zasadności poruszanego problemu. Stochastyczne charakterystyki procesów ruchu znoszą dogodności jakiegokolwiek porównań w tym zakresie. W artykule podjęta została próba przedstawienia innego stanowiska w przedmiocie określania rozmiaru próby dla celów badań zachowań komunikacyjnych. Przedstawiony został pewien tok postępowania w celu doboru mniejszej możliwej próby do badań, złożony z następujących etapów:

- podział ruchu w obszarze analizy na ruch zewnętrzny i wewnętrzny,
- określenie sposobu dekompozycji obszaru analizy na rejony komunikacyjne,
- wskazanie optymalnego rozmiaru próby dla obszaru analizy w odniesieniu do sposobu delimitacji przestrzeni komunikacyjnej.

Zauważyć należy, że określone w pracach [8], [11] rozmiary próby dla populacji rzędu 1% ÷20% dotyczą procesów obserwacji przemieszczeń mieszkańców, a te implikowane są zmieniającą się wciąż rzeczywistością społeczno-gospodarczą. W ostatnich dekadach szczególnie istotne stają się fluktuacje alokacji generatorów i absorbentów ruchu w obszarach miejskich. W zakresie małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) obserwowana jest duża dynamika zmian ich rozkładu przestrzennego (centra handlowe, strefy ekonomiczne, „wymieranie pewnych obszarów– śródmiejskich” itp.).

Prezentowane rozmiary prób zalecane w literaturze przedmiotu [6], [8] przedstawiono na rysunku 1. Seria danych oznaczona na tym rysunku jako /1/ reprezentuje zalecane minimalne rozmiary próby proponowane w pozycji [6]. Odpowiednio dwie serie danych oznaczone jako /2/ przedstawiają zalecany i minimalny rozmiar próby na podstawie pozycji [8]. Na podstawie rysunku 1 można zauważyć, że rozmiar próby, zarówno minimalnej, jak również zalecanej rośnie nieliniowo wraz ze zmniejszaniem się liczby mieszkańców badanego obszaru. Zdaniem autorów na skutek zmian społeczno-gospodarczych w ostatnich dwóch dekadach w Polsce, zależności te należy zweryfikować. Wynika to z faktu, że w dużych skupiskach miejskich spada liczba dużych zakładów przemysłowych, w ostatnich latach spada liczba rejestrowanych MŚP. To miasta małe do 30÷50 tysięcy mieszkańców dotyka najbardziej transformacja ustrojowa oraz związana z nią emigracja- głównie ludzi młodych. W tym kontekście być może nie są już potrzebne duże próby dla mniejszych miast? Przestrzeń publiczną opuszcza wszakże grupa społeczna o stosunkowo dużej ruchliwości. Rozkład przestrzenny MŚP charakteryzuje się ponadto dużą fluktuacją. Zauważyć należy, że przy obserwowanym zjawisku dyspersji przestrzennej obiektów produkcyjnych i usługowych rośnie koncentracja obiektów handlowo-usługowych. Zmianom tym towarzyszą jednocześnie inwestycje w zakresie infrastruktury liniowej i punktowej transportu (np. w województwie śląskim o charakterze podstawowym). Poszukiwanie optymalnych rozmiarów próby, odpowiadających obecnym warunkom ruchu jest zatem zasadne. Bez szczegółowych badań nie można wyrokować, czy wypadkowa wspomnianych wyżej procesów nie zmienia obserwowanych dotychczas charakterystyk w zakresie zachowań komunikacyjnych.



Rys. 1. Rozmiar próby w zależności od liczby mieszkańców badanej populacji

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [6], [8].

Na rysunku nr 1 widać, że nawet w ramach obowiązujących obecnie w przedmiotowym zakresie wytycznych istnieją olbrzymie dysproporcje. Dla przykładu rozmiar próby w milionowej aglomeracji może się różnić od siebie o kilka dziesiątych procent, co przekłada się na tysiąc respondentów. Jak ta różnica może się później odbić na jakości modelu ruchu? Głównie widoczna będzie na etapie kalibracji modelu, problem ten doskonale znany jest wszystkim praktykom w zakresie modelowania ruchu. Niemniej jednak sam koszt pozyskania

dotychczasowych ankiet dla tysiąca respondentów to potencjalny wydatek rzędu 20.000÷30.000 PLN. W skali kilkuset modeli dla całego kraju są to miliony złotych, zaoszczędzonych bądź nie, w budżetach samorządów lokalnych.

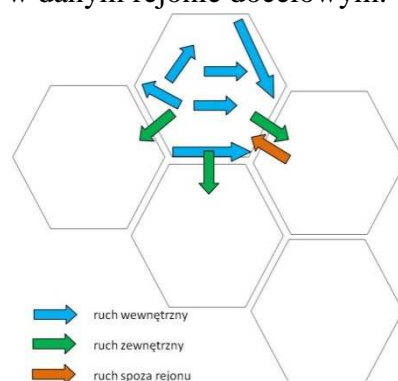
1. RUCH WEWNĘTRZNY I ZEWNĘTRZNY

Punktem wyjścia dla omawianej w artykule koncepcji jest rozróżnienie pomiędzy ruchem tzw. wewnętrznym, a zewnętrznym w obszarze, dla którego prowadzona jest analiza ruchu. Wynika to z faktu, że w koncepcji tej osobno zostanie określony rozmiar próby dla ruchu wewnątrz rejonów komunikacyjnych miasta – osobno dla ruchu pomiędzy rejonami zewnętrznymi (wynika to ze struktury sieci transportowej – różnej dla każdego miasta). Całkowity rozmiar próby określony zostaje jako suma liczebności próby reprezentującej ruch wewnętrzny i zewnętrzny. Sposób rozróżnienia ruchu na wewnętrzny i zewnętrzny zostanie przedstawiony dla pewnego przypadku hipotetycznego. Szczegółowy sposób podziału obszaru analizy na rejony komunikacyjne zostanie omówiony w dalszej części artykułu. Przedstawione w tablicy 1 i 2 dane dotyczą sposobu określania rozmiaru próby dla badań zachowań komunikacyjnych na podstawie wielkości miasta – ściślej liczby jego mieszkańców. Metoda ta zaleca, żeby rozmiar próby zwiększać wraz ze zmniejszaniem się liczby mieszkańców miasta. W przypadku miast poniżej 50 tysięcy mieszkańców oznacza to konieczność pobierania próby rzędu nawet do 20% rozmiaru całkowitej populacji. Minimalne zalecane rozmiary próby w takich przypadkach określane są na poziomie 10%. W warunkach kiedy większość samorządów lokalnych funkcjonuje na granicy deficytu budżetowego warunek ten jest trudny do spełnienia. W przypadku miasta liczącego około 50 tysięcy mieszkańców każdy kolejny procent, o jaki wzrasta liczebność próby, oznacza dodatkowe nakłady rzędu 10.000÷15.000 PLN (przy koszcie ankiety: 20÷30 PLN). W innych artykułach autorzy zalecają pewne modyfikacje ankiet zachowań komunikacyjnych w celu budowy dokładniejszych modeli ruchu [4]. To powoduje, że minimalizacja rozmiaru próby, przy uzasadnionym wzroście jej kosztów jest tym bardziej zasadna. Zauważyć należy, że posiadanie modelu ruchu warunkuje częstokroć możliwość ubiegania się o środki unijne w zakresie modernizacji liniowych i punktowych elementów infrastruktury transportu. Oznacza to, że model ruchu warto, a czasem należy posiadać, można jedynie zweryfikować możliwości ograniczenia rozmiaru próby, na podstawie której jest on budowany.

W podejściu zalecanym w opracowaniu [6] i [8] liczebność próby określana jest bezpośrednio za pomocą liczby mieszkańców. Dla tak określonej zmiennej – zdeterminowanej w horyzoncie krótko – i średnioterminowym należy zgodnie z tymi zaleceniami dobierać próbę do badań ruchu. Abstrahując w tym miejscu od coraz bardziej skomplikowanych obecnie procesów demograficznych, które zdają się i w tym kontekście negować dotychczasowe metody. Intuicyjne rozumienie i postrzeganie procesów w ruchu drogowym kłóci się z takim podejściem. Każde miasto ma unikalną strukturę sieci drogowej, charakterystyczne rozmieszczenie generatorów i absorbentów ruchu. Model ruchu dla miasta z gęstą siecią transportową wymagać z pewnością będzie wykonania większej próby aniżeli dla miasta, które charakteryzuje się słabo wykształconą infrastrukturą drogową. Czy istnieje zatem możliwość wskazania lepszego sposobu na wyznaczenie wielkości próby w celu szacowania zachowań komunikacyjnych mieszkańców? Zdaniem autorów istnieje taka możliwość. Problematyczna może być co najwyżej algorytmizacja proponowanego w tym artykule podejścia do problemu. Jak wspomniano wcześniej punktem wyjścia dla jej określenia rozmiaru próby powinno być podzielenie przemieszczeń realizowanych przez mieszkańców w danym obszarze na ruch wewnętrzny i zewnętrzny. Podział należy poprzedzić wyborem granic rejonów komunikacyjnych. Delimitacja przestrzeni analizy w aspekcie modelowania zachowań komunikacyjnych powinna prowadzić do określania jak najmniejszych jednorodnych rejonów komunikacyjnych. W dotychczasowej praktyce

modelowania ruchu przeszkodą w takiej delimitacji obszaru były głównie względy organizacyjne i licencyjne dotyczące oprogramowania wspomagającego modelowanie ruchu [16], [7]. Polityka licencyjna producentów oprogramowania uzależnia koszt zakupu oprogramowania m.in. od rozmiarów obszaru analizy. Ponadto podział obszaru badań na dużą liczbę rejonów komunikacyjnych zwiększa skalę złożoności modelu ruchu. Oprogramowanie licencjonowane jest również w zależności od liczby rejonów komunikacyjnych, które można opisać w tworzonych modelach ruchu (a także złożoności sieci transportowej – liczba odcinków i węzłów). Zwiększa to koszty wykonywania modelu stąd obserwować można tendencję w ograniczaniu ich rozmiaru (obszaru modelu, liczby rejonów komunikacyjnych). Mniejszy model to mniejsze koszty!

W prezentowanej koncepcji zakłada się, że w modelowaniu należy dążyć do delimitacji obszaru analizy w ten sposób, aby tworzyć możliwe jak najmniejsze rejony komunikacyjne o ściśle jednorodnych charakterystykach. W tym przypadku nie chodzi jednak o rozmiar obszaru czy jego cechy, ale o strukturę sieci. Należy wyróżnić struktury podobne w sieci drogowej. Kolejnym krokiem w celu określenia odpowiedniego rozmiaru próby jest podział ruchu w danym rejonie na ruch wewnętrzny i ruch zewnętrzny. W celu przedstawienia sposobu podziału ruchu na zewnętrzny i wewnętrzny wykorzystana zostanie m.in. teoria logiki rozmytej (ang. fuzzy logic). Ruch drogowy w każdym rejonie, a ściślej podróże w nim odbywane można podzielić na wewnętrzne i zewnętrzne. Podróże wewnętrzne to te, których źródło i cel znajdują się w danym rejonie komunikacyjnym. Podróże zewnętrzne to te, których źródło znajduje się w rejonie komunikacyjnym natomiast cel podróży znajduje się poza jego granicami (lub odwrotnie). Przedstawia to rysunek 2. Podróże kończone w danym rejonie komunikacyjnym pochodzące z innego rejonu oraz podróże tranzytowe rozpatrywane są zawsze w swoim rejonie wyjściowym (macierzystym). Nic nie stoi na przeszkodzie, aby rozpatrywać je jednak również w danym rejonie docelowym.



Rys. 2. Ruch wewnętrzny i zewnętrzny w rejonie komunikacyjnym

Źródło: Opracowanie własne.

W ramach badań ruchu dla celów budowy modelu określone są pewne dane statystyczne, które nie muszą być zbierane bezpośrednio na podstawie próby (dane respondentów), ale mogą podlegać akwizycji poza nią. Są to dane, które nie dotyczą bezpośrednio zachowań komunikacyjnych mieszkańców danego obszaru. Dotyczy to danych generacji i absorpcji ruchu (dane demograficzne oraz inne parametry statystyczne obszarów miejskich). Typowe dane statystyczne można opracować dla każdego obszaru analizy w horyzoncie średnio – i długoterminowym. Takie opracowania statystyczne można wykonać globalnie, jak również oddzielnie w każdej motywacji podróży: dom-nauka-dom (dalej: dnd), dom-praca-dom (dpd), dom-inne-dom (did), podróże nie związane z domem (nzd) [12]. W każdej motywacji i w każdym rejonie komunikacyjnym można określić różnice pomiędzy potencjałem ruchu generującym, a tym absorbującym przemieszczenia w danym rejonie. Różnica ta może zostać

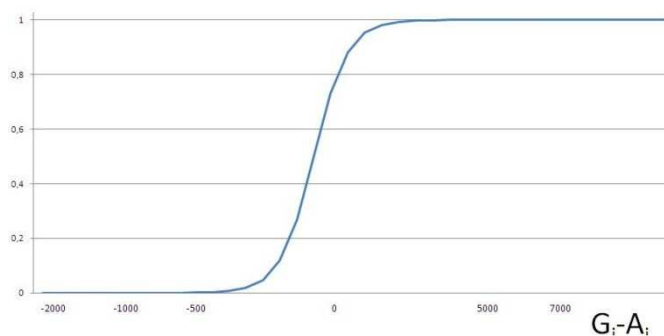
określona jako: $\Delta Q_i = G_i - A_i$; gdzie G_i – potencjał generujący ruch i-tego rejonu, natomiast A_i – potencjał absorbujący danego rejonu komunikacyjnego. Nie są to wartości bezpośrednio związane z podróżami. Jest to pewien hipotetyczny potencjał. Różnica taka może zostać określona dla praktycznie każdego rejonu komunikacyjnego. W ogólnym przypadku wartość tej różnicy powinna oscylować wokół zera, zakładając, że wszyscy rozpoczynający podróż w danej dobie powracają do swojego miejsca zamieszkania. W zależności od charakterystyki społeczno-gospodarczej danego rejonu można odpowiednio wyróżnić ΔQ_i^{dnd} , ΔQ_i^{dpd} , ΔQ_i^{did} , ΔQ_i^{nzd} . W typowym rejonie komunikacyjnym (mieszana infrastruktura społeczno-ekonomiczna) powinny wystąpić wszystkie z omawianych wartości (we wszystkich motywacjach). Tam, gdzie nie odbywa się ruch w którejś z opisywanych motywacji, podstawą dalszej analizy będzie ΔQ_i (wartość globalna w rejonie). Bilans motywacyjnych potencjałów rejonowych nie jest zachowywany, co wynika z faktu niejednorodnego rozmieszczenia absorbentów i generatorów ruchu dla określonych motywacji. Np. szkoły wyższe zlokalizowane są z reguły poza rejonem komunikacyjnym miejsca zamieszkania. Konsekwentnie każdą wartość ΔQ_i^C można dekomponować na bardziej dokładne charakterystyki, o ile występuje ruch danej motywacji w określonym rejonie komunikacyjnym. W związku z tym można zapisać:

$$\Delta Q_i = \sum_i Q_i^C = \Delta Q_i^{dnd} + \Delta Q_i^{dpd} + \Delta Q_i^{did} + \Delta Q_i^{nzd} = \Delta Q_i^{dnd7-13} + \Delta Q_i^{dnd14-18} + \Delta Q_i^{dnd19-26} + \dots \quad (1)$$

gdzie:

$\Delta Q_i^{dnd7-13}$ – motywacja dom-nauka-dom w grupie wiekowej 7-13 lat itd.

Dekompozycje różnic pomiędzy potencjałem generującym i absorbującym można prowadzić w dowolnych grupach, dla których istnieje możliwość zebrania stosownych danych statystycznych. Dane te (różnice) można następnie porównywać z funkcjami opisującymi typowe proporcje podziału ruchu na zewnętrzny i wewnętrzny uzyskiwanymi z szerokiej gamy pomiarów ruchu. Jest to sytuacyjny odpowiednik funkcji oporu ruchu w modelowaniu. W podejściu takim na osi odciętych opisywana byłaby różnica $G_i - A_i$. Oś rzędnych takiej funkcji opisana byłaby wartościami od 0 do 1, gdzie 0 oznacza np. brak ruchu zewnętrznego (rejon „samowystarczalny” w aspekcie wszystkich motywacji) 1 oznacza występowanie w danym rejonie komunikacyjnym tylko ruchu zewnętrznego (abstrahując od prawdopodobieństwa wystąpienia takich wartości tej funkcji). Funkcje takie umownie nazwane np. splitem rejonowym można klasyfikować na podstawie standardowych charakterystyk rejonów. Przykładową funkcję przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Funkcja splitu rejonowego: ruch wewnętrzny i zewnętrzny w rejonie komunikacyjnym

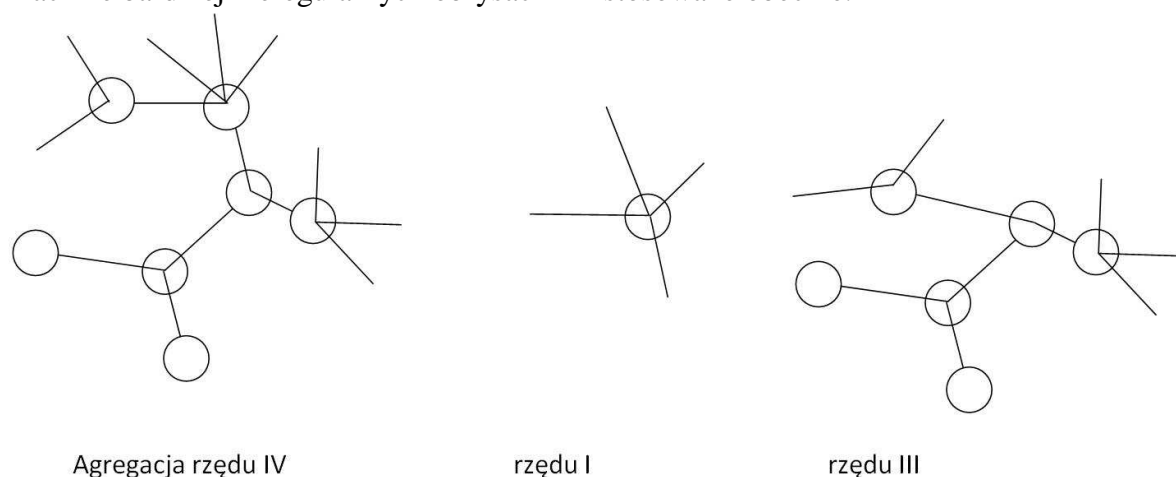
Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku 3 pokazano graficzną interpretację hipotetycznej funkcji splitu pomiędzy ruchem wewnętrznym, a zewnętrznym w pewnym rejonie komunikacyjnym. Oś odciętych obrazuje różnice pomiędzy potencjałem generacyjnym w rejonie i-tym i absorpcyjnym w tym rejonie (można zdefiniować całą ontologię takiego podziału w różnych płaszczyznach). Oś rzędnych obrazuje udział ruchu zewnętrznego w ruchu w rejonie. Dla $G \gg A$ absorbowanego w rejonie podróże wewnętrzne są znikome (wszyscy zainteresowani są opuszczeniem rejonu). Dla $G \ll A$ w rejonie dominują podróże wewnętrzne (infrastruktura społeczno – gospodarcza zaspakaja potrzeby mieszkańców). Oczywiście jest to wyłącznie funkcja poglądowa. W rzeczywistości w dowolnym rejonie komunikacyjnym udział podróży zewnętrznych nigdy nie powinien spadać do zera jak również osiągać wartości jeden (rejon typowy). Można mówić w odniesieniu do proponowanej funkcji splitu rejonowego o pewnym zbiorze funkcji zbliżonym bądź nie do funkcji sigmoidalnej. Zauważyć należy, że w rejonach komunikacyjnych trudno uzyskać dane dotyczące dokładnych wartości generacji i absorpcji ruchu. Składa się na taki stan rzeczy wiele czynników. Głównie dotyczy to problemu odwzorowania dynamiki zjawisk demograficznych współczesnych społeczeństw takich, jak praca na emigracji, częste zmiany miejsca zamieszkania czy pracy, błędy statystyczne demoskopowe. Ponadto, w odniesieniu do danych dotyczących absorpcji ruchu, często należy podchodzić z dużą rezerwą. Dla przykładu zbierane na poziomie NUTS (fr. Nomenclature des Unites Territoriales Statistique) dane w przedmiocie wieku osób w zakresie grup wiekowych 7-26 lat nie odpowiadają strukturze modelu edukacyjnego w Polsce (GUS opracowuje dane w innej strukturze). Często liczba miejsc pracy czy miejsc w szkołach jest trudna do oszacowania z uwagi na duże fluktuacje roczne i miesięczne w tym zakresie – zwłaszcza w doniesieniu do MŚP. Z uwagi na powyższe proponuje się operować funkcjami splitu w rejonach komunikacyjnych podobnie, jak funkcjami przynależności dla zmiennych lingwistycznych w logice rozmytej. Oznacza to korzystanie z funkcji splitu nie dla zdeterminowanych wartości całkowitych, lecz dla zakresu przedziałów. Np. wartość funkcji splitu dla zmiennej lingwistycznej <szkoła> określać można w rozbiciu na termy: 7-13, 14-19 i 19-26 określające poszczególne grupy wiekowe, których dotyczy motywacja dnd i opisanych różnymi funkcjami przynależności. W powyższy sposób przy znanych parametrach statystycznych obszaru można oszacować ruch zewnętrzny i wewnętrzny nie uciekając się do kosztownych badań typu KBR lub innych badań kuponowych. Proporcja pomiędzy ruchem zewnętrznym i wewnętrznym jest wartością funkcji splitu przy znanym potencjale generującym i absorbującym w danym rejonie i danym przedziale rodzajowym.

2. SPOSÓB DELIMITACJI OBSZARU ANALIZY NA POTRZEBY MODELU RUCHU

Jak wspomniano wyżej delimitację obszaru należy prowadzić w sposób zapewniający największą możliwą jednorodność rejonu komunikacyjnego. W podejściu tym obszary nie są dzielone tak, jak w klasycznym modelu czterostopniowym [14] wzdłuż ciągów komunikacyjnych i naturalnych przeszkód oraz granic terenowych [15]. W proponowanej metodzie obszar analizy delimitowany jest pod kątem zachowania jednorodności przy jednoczesnym zachowaniu określonej struktury sieci transportowej. Czyli dąży się do wyróżnienia w strukturze sieci drogowej podobnych reżimów przestrzennych w sensie porównywalności układów geometrycznych połączeń transportowych. Często na poziomie dzielnic i osiedli mieszkaniowych struktury te są podobne do siebie. Podział obszaru analizy powinien być prowadzony w taki sposób, aby w każdym rejonie można było wyróżnić stałą lub zbliżoną liczbę węzłów. Pokazano to na rysunku 4. Rząd agregacji sieci w rejonie komunikacyjnym określany jest przez średnią liczbę węzłów przekraczanych w ramach podróży wykonywanej w granicach rejonu komunikacyjnego. Podział taki możliwy jest

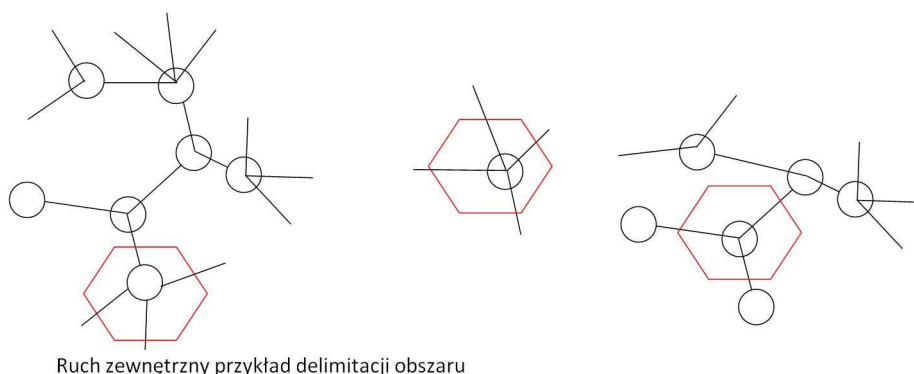
praktycznie w każdym przypadku sieci fizycznej, aczkolwiek tworzy rejony komunikacyjne o znacznie bardziej nieregularnych obrysach niż stosowane obecnie.



Rys. 4. Sposób delimitacji obszaru badań na rejony komunikacyjne

Źródło: Opracowanie własne.

Podział dla ruchu zewnętrznego powinien być analogiczny, przy czym pierwsza droga za węzłem „centralnym” powinna odpowiadać drodze między dwoma rejonami komunikacyjnymi – ilustruje to rysunek 5. Liczba węzłów za granicą rejonu komunikacyjnego odpowiada liczbie wariantów dróg, jaką może być realizowana podróż zewnętrzna.



Rys. 5. Sposób delimitacji obszaru badań na rejony komunikacyjne w przypadku ruchu zewnętrznego

Źródło: Opracowanie własne.

Struktura sieci w każdym delimitowanym rejonie komunikacyjnym powinna być drzewiasta. Dla ruchu wewnątrz rejonowego powinien być wyróżniony węzeł centralny ruchu stanowiący odpowiednik centroidy rejonu. Od tego węzła sieć drogową w danym rejonie powinna rozchodzić się promieniście w n – kierunkach (gdzie n – liczba kolejnych węzłów ruchu). W przypadku ruchu zewnętrznego centroida rejonu komunikacyjnego stanowi główny korzeń struktury drzewiastej, gdzie drogi koncentrycznie rozchodzą się na zewnątrz rejonu komunikacyjnego.

3. METODA SZACOWANIA ROZMIARU PRÓBY W OPARCIU O STRUKTURĘ SIECI

Przedstawiony wyżej sposób konstrukcji rejonów komunikacyjnych umożliwia jego analizę pod kątem szacowania rozmiaru próby. Abstrahuje się tu od problemów algorytmizacji takiego podejścia. Z pewnością taka dekompozycja sieci transportowej nie jest prosta. Wariantowanie liczby podróży możliwych do wykonania w strukturze drzewiastej dla danego rejonu komunikacyjnego opisać można w każdym przypadku zależnością:

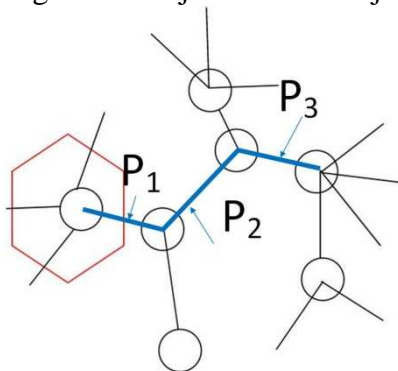
$$P_j = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n \quad (2)$$

gdzie:

P_j – prawdopodobieństwo odbycia podróży j-tej (w j-tej relacji),

$P_{123\dots k}$ – prawdopodobieństwo wybrania k-tej drogi (k – zależy od rzędu agregacji rejonu komunikacyjnego)

Metodę określania rozmiaru próby należy w takim podejściu rozpisać osobno dla podróży zewnętrznych i wewnętrznych. Sposób analizy dla podróży zewnętrznej (poza rejon komunikacyjny) zobrazowano na rysunku 6. Dla podróży wewnętrznych analiza przebiega zasadniczo tak samo, przy czym ograniczona jest liczba kolejnych wariantów.

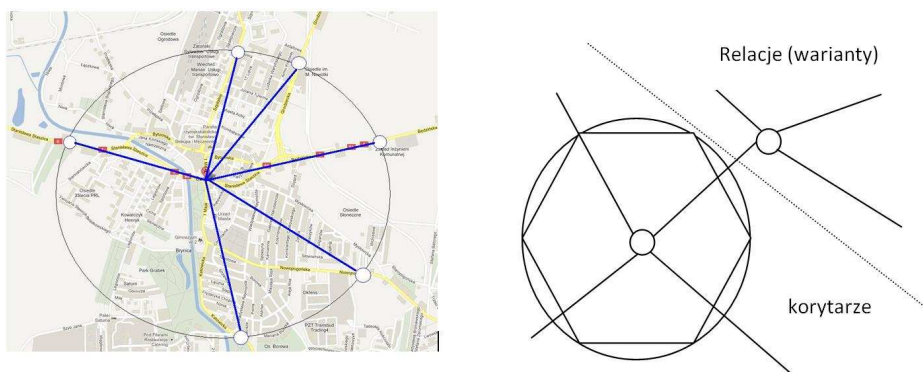


Rys. 6. Sposób wyznaczania podróży zewnętrznej (wewnętrznej)

Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku 6 przedstawiono prawdopodobieństwo wyboru drogi w trzech kolejnych węzłach. Najpierw wybierana jest droga na zewnątrz obszaru rejonu komunikacyjnego prawdopodobieństwem P_1 i kolejno wybierane są drogi z prawdopodobieństwami P_2 , itd. Drogą tą wykonywane są podróże do kolejnych rejonów komunikacyjnych obszaru analizy. Dla każdego rejonu komunikacyjnego można zidentyfikować określoną liczbę korytarzy transportowych na zewnątrz rejonu komunikacyjnego. Z wyborem danego korytarza transportowego wiąże się możliwość wyboru n-dalszych relacji w celu osiągnięcia kolejnych rejonów komunikacyjnych (stopniowo wariantowanie jest ograniczane, przy zachowaniu kryterium optymalizacji drogi jazdy). Wybór korytarza na zewnątrz rejonu komunikacyjnego może zostać wykonany na podstawie klasy technicznej, bądź administracyjnej drogi. Kolejne rozważania dotyczące proponowanej koncepcji będą odnoszone bezpośrednio do układu drogowego i terytorium rzeczywistego miasta – Czeladź.

Na rysunku 7 dla miasta Czeladzi zdefiniowano 6 takich dróg ze zbioru kilkunastu dostępnych alternatyw, które prowadzą na zewnątrz rejonu komunikacyjnego. Wybór korytarza na zewnątrz rejonu komunikacyjnego determinuje określoną liczbę możliwych do przebycia relacji na drodze do sąsiadujących rejonów komunikacyjnych.



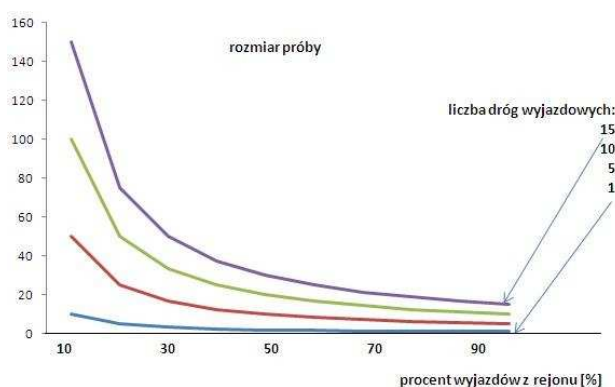
Rys. 7. Sposób wyznaczania podróży zewnętrznej na przykładzie Czeladzi

Źródło: Opracowanie własne.

Ponadto zakłada się, że kierujący pojazdami optymalizują swoją drogę poprzez wybór konkretnego korytarza i związanych z nim dalszych relacji „odcinając” w ten sposób pozostałe możliwości komunikacyjne. Mówiąc wprost ograniczają całkowity zbiór rejonów komunikacyjnych podlegających analizie. Dalsze analizy przeprowadzono dla zmiennych:

- procent wyjazdów z rejonu komunikacyjnego na zewnątrz w odniesieniu do liczby podróży ogółem (określony wcześniej) (40% – obliczenia własne),
- liczba korytarzy transportowych z rejonu komunikacyjnego na zewnątrz (1-15).

Rozmiar próby dla poszczególnych przypadków wyjazdu poza miasto Czeladź przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Sposób wyznaczania podróży zewnętrznej – rozmiar próby w zależności od parametrów podróży zewnętrznych w rejonie komunikacyjnym

Źródło: Opracowanie własne.

Rozmiar próby wyrażony w wartościach względnych charakteryzuje się silną zależnością nieliniową (rysunek 8). Rozmiar ten zależy silnie od udziału podróży zewnętrznych ruchu w rejonie komunikacyjnym (40%) oraz od liczby zdefiniowanych korytarzy transportowych łączących rejon z obszarem analizy (1-15). Analizowana próba dla celów określenia podróży zewnętrznych powinna być tym większa, im mniejszy procent w ruchu stanowią te podróże oraz im więcej korytarzy transportowych zdefiniowano w rejonie komunikacyjnym. Następnym krokiem było określenie zależności wielkości rozmiaru próby od liczby relacji możliwych do zrealizowania, a związanych z wyborem określonego korytarza. Przyjęto, że z każdym korytarzem powiązanych może być od 1 do 15 dalszych relacji w połączeniu z rejonami zewnętrznymi w stosunku do rozpatrywanego obszaru. W analizie przyjęto, że kierujący pojazdem opuszczający rejon komunikacyjny (np. Czeladź) może wybrać od 1 do 20 dróg i dla każdej z nich od 1 do 15 różnych relacji (20 wariantów dla każdego z nich 15 podwariantów). Taka struktura opisuje przemieszczanie się mieszkańca miasta Czeladź po

aglomeracji górnośląsko-zagłębiowskiej. Rozmiary prób wyznaczane w sposób standardowy [6][8] są krytyczne zwłaszcza w odniesieniu do małych miast charakteryzujących się liczbą mieszkańców poniżej 50 tysięcy. Jako miasto wzorcowe przyjęto Czeladź liczącą ponad 30 tysięcy mieszkańców. W pierwszym etapie analizy usunięto ze zbioru danych mieszkańców o małym wskaźniku ruchliwości (grupy wiekowe 0-7 lat i >75 lat). Do dalszych obliczeń pozostawiono populację liczącą 25 tysięcy mieszkańców charakteryzujących się zwiększoną ruchliwością. Na podstawie danych statystycznych przyjęto [9], że udział mieszkańców opuszczających rejon miasta w podróżach ogółem wynosi ok. 40% (tu: miasto traktowane jako rejon). Ponadto mieszkańcy opuszczający Czeladź mogą wybrać od 1 do 20 korytarzy wyjazdowych z rejonu, jak również każdy korytarz definiuje od 1 do 15 wariantów relacji komunikacyjnych (struktura określająca dalszą podróż po rejonie przedmiotowej aglomeracji). Obliczenia przedstawia tablica 3.

Tab. 3. Potencjalna częstotliwość występowania w populacji podróży danego typu przemieszczenia dla określonej struktury podróży zewnętrznych

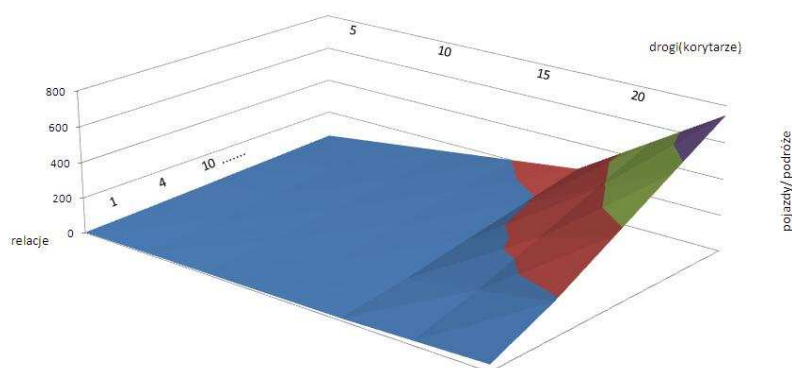
Liczba relacji	Liczba dróg					f-częstotliw. występowania w populacji				
	1	5	10	15	20	1	5	10	15	20
1	0,4	0,08	0,04	0,027	0,020	2,5	12,5	25	37,5	50
2	0,2	0,04	0,02	0,013	0,010	5	25	50	75	100
3	0,13	0,026	0,013	0,009	0,007	7,5	37,5	75	112,5	150
4	0,1	0,02	0,01	0,007	0,005	10	50	100	150	200
5	0,08	0,016	0,008	0,005	0,004	12,5	62,5	125	187,5	250
10	0,04	0,008	0,004	0,003	0,002	25	125	250	375	500
15	0,03	0,0053	0,0026	0,002	0,001	37,5	187,5	375	562,5	750

Źródło: Opracowanie własne.

Tablica 3 przedstawia w polach zaznaczonych na szaro prawdopodobieństwo wykonania podróży zewnętrznej przy określonej strukturze sieci dla badanego rejonu komunikacyjnego poddawanego analizie i dostępnej sieci drogowej zewnętrznej uzależnionej od wyboru określonego korytarza (dla 1 podróży bez alternatyw wynosi to 40%). Po prawej stronie tabeli przedstawiono pozycje obrazujące, które (kolejne) podróże (statystycznie) w populacji związane są z wyborem określonej relacji w podróży zewnętrznej. Dla przykładu wartość 0,0053 charakteryzuje prawdopodobieństwo wykonania podróży zewnętrznej dla danych:

- 5 korytarzy transportowych łączących rejon z obszarem analizy (aglomeracja),
- każdy korytarz składający się średnio z 15 dróg umożliwiających podróż w 15 różnych relacjach (np. do 15 różnych rejonów komunikacyjnych).

Przy założonej populacji około 25 tysięcy mieszkańców i 40% ruchu zewnętrznym oznacza to, że statystycznie co 187 mieszkańców rejonu komunikacyjnego (Czeladź) może być przypisany do podróży odbywającej się przy takich warunkach. Przestrzeń rozwiązań dla analizowanego przypadku przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Przestrzeń rozwiązań w analizowanym przypadku: 25 tysięcy mieszkańców, {1..20} korytarzy, {1..15} dróg w każdym korytarzu

Źródło: Opracowanie własne.

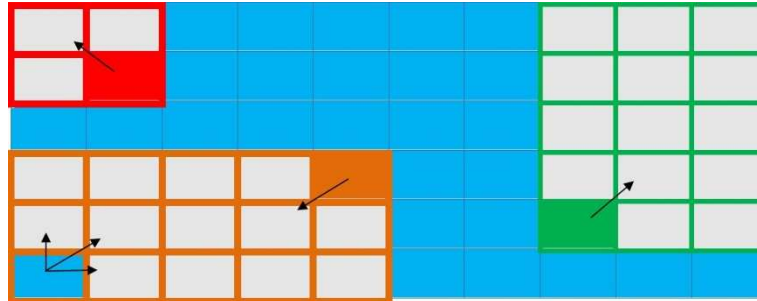
Rysunek 9 przedstawia sytuację w konkretnym przypadku dla zdefiniowanej struktury drogowej rejonu komunikacyjnego i jego otoczenia zewnętrznego (połączenia z aglomeracją). Obrazuje to możliwe rozdzielczości próbkowania populacji generalnej (mieszkańcy Czeladzi) w celu znalezienia wszystkich podróży wykonywanych poza obszar rejonu komunikacyjnego. Dla większej liczby korytarzy transportowych określonych dla obszaru analizy należy odpowiednio zwiększyć rozdzielczość próbkowania populacji generalnej mieszkańców przykładowego miasta (obrazuje to gradient płaszczyzny na rysunku 9). Podobnie im więcej zdefiniowano relacji dla każdego z korytarzy tym więcej powinno być zdefiniowanych respondentów do badania zachowań komunikacyjnych w Czeladzi. Rysunek 9 został wykonany dla 40% udziału podróży zewnętrznych w ruchu ogółem wraz ze spadkiem udziału tych podróży w ruchu ogółem rozdzielczość próbkowania populacji generalnej powinna rosnać.

Dla tak zdefiniowanych metod określania rozmiaru próby należy pamiętać o odpowiednim kształtowaniu rejonów komunikacyjnych. Można pokusić się o wyznaczenie takiej trójwymiarowej funkcji dla każdego miasta (rejonu analizy). Wtedy rozmiar pobieranej próby można wyznaczyć bezpośrednio na bazie próbkowania danych z takiej płaszczyzny.

4. PROBLEM REDUKCJI LICZBY RELACJI ZWIĄZANY Z WYBOREM KONKRETNEGO KORYTARZA TRANSPORTOWEGO

Interesującym zagadnieniem z punktu widzenia pobierania próby dla modelowania ruchu jest nie tylko wybór konkretnej relacji poza rejon analizy. Interesujące jest rozpoznanie podróży z rejonu komunikacyjnego źródłowego do wszystkich pozostałych w celu zapewnienia reprezentacyjności pobranej próbki z zachowaniami komunikacyjnymi mieszkańców całej analizowanej populacji. W tym kontekście należy zauważyć, że wybór konkretnego korytarza transportowego na zewnątrz rejonu źródłowego ogranicza przestrzeń dopuszczalnych rozwiązań w aspekcie dalszej analizy. To znaczy, że po wyborze odpowiedniej drogi liczba rejonów komunikacyjnych, które mogą być docelowym miejscem podróży spada (zakładając spełnienie kryteriów optymalizacji np. minimalizacja czasu jazdy). Zatem nie ma potrzeby określania każdej pojedynczej podróży w każdej częściowej relacji. Inaczej mówiąc nie ma potrzeby losowania wszystkich możliwych przypadków, na jakie rozgałęzia się potencjalny korytarz transportowy z danego rejonu komunikacyjnego. Zauważyć ponadto należy, że stopień ograniczenia rozmiaru próby już po wyborze określonego korytarza transportowego zależy od lokalizacji rejonu źródłowego na tle całego obszaru analizy (istotna jest lokalizacja punktu początkowego i końcowego relacji). Zależy przy tym ponadto od struktury liniowej elementów sieci drogowej. Rejony zlokalizowane na

obrzeżach obszaru badanego będą musiały uwzględniać wszystkie przedstawione w tabelicy 3 relacje cząstkowe. Natomiast rejony zlokalizowane w środku obszaru badawczego będą przy wyborze określonego korytarza transportowego zawężać przestrzeń dopuszczalnych rozwiązań (zakładając, że uczestnicy ruchu zachowują się racjonalnie i nie jeżdżą nieoptymalnie). Przedstawiano to na rysunku 10.



Rys. 10. Rozmiar próby, a lokalizacja rejonu komunikacyjnego w obszarze analizy

Źródło: Opracowanie własne.

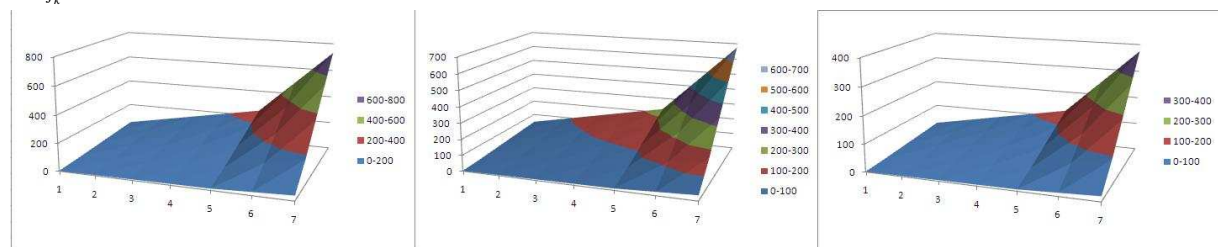
Wybór korytarza transportowego zmienia nie tylko prawdopodobieństwo wyboru określonej relacji, ale również prawdopodobieństwo wyboru określonego końcowego rejonu komunikacyjnego. Dla rejonów zlokalizowanych w środku obszaru badania należy oczekiwać, że przy np. 4 zdefiniowanych korytarzach transportowych i 160 rejonach w obszarze badania prawdopodobieństwo wybrania określonego rejonu końcowego jest zbliżone do 1/40 (np. 40 z 160 rejonów). Z kolei dla rejonów zlokalizowanych na obrzeżach badanego obszaru w pewnych kierunkach to prawdopodobieństwo będzie wynosiło 1/160, a w innych np. 1/2. Do badania takiego prawdopodobieństwa wyboru rejonu końcowego może posłużyć macierz incydencji sieci drogowej. Zatem liczba określona w tabeli 3 powinna uwzględniać prawdopodobieństwo wyboru rejonu końcowego ze zbioru rejonów o określonych poprzez wybór korytarza i macierz incydencji. Na rysunku 11 przedstawiono, dla macierzy z tabelicy 3, przestrzeń dopuszczalnych rozwiązań w różnych wariantach wyboru korytarza transportowych. Po lewej stronie przedstawiono rysunek dla prawdopodobieństwa wyboru rejonu końcowego 1/40, w środku 1/10, zaś po prawej stronie rysunku 1/2. Jako kryterium przyjęto wartość (1-P) tzn. równanie 1 zapisano w postaci:

$$P_j = M \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n \cdot (1 - P_{rej_k}) \quad (3)$$

gdzie:

M – rozmiar populacji,

P_{rej_k} – prawdopodobieństwo wyboru rejonu końcowego.



Rys. 11. Rozmiar próby, a lokalizacja rejonu komunikacyjnego w powiązaniu z wyborem korytarza

Źródło: Opracowanie własne.

Oznacza to, że w zależności od wyboru korytarza transportowego rozdzielczość próbki można zmniejszać od 50% do 1%. Znając zatem układ sieci drogowej badany na potrzeby modelowania ruchu można stosunkowo dokładnie oszacować wartości rozmiaru próby. Jest to

kwestia zdefiniowania podziału struktury sieci drogowej. Zgodnie z [6] i [8] próba dla miasta poniżej 50 tysięcy mieszkańców powinna wynosić około 20 % (zalecana). Dla rozpatrywanego przypadku miasta Czeladź oznacza to konieczność przepytania w kwestii zachowań komunikacyjnych ok. 5000 mieszkańców. W przypadku minimalnej próby winno to być 10%, czyli około 2500 respondentów powinno być przepytanych pod kątem własnych zachowań komunikacyjnych. Z przedstawionych prawdopodobnych szacunków wynika, że dla zbadania ruchu zewnętrznego wystarczy przeprowadzić badania w Czeladzi na próbie od 350 do 750 mieszkańców tego obszaru (uwzględniając strukturę sieci). Oczywiście pozostaje jeszcze do rozstrzygnięcia problem losowania respondentów z populacji generalnej. Przy losowaniu systematycznym będzie to problem wyboru punktu początkowego itd. Wybierając najbardziej niekorzystny wariant delimitacji sieci drogowej miasta Czeladź, oznacza to, że dla ruchu zewnętrznego wystarczająca może być próbka ok. 3% populacji (przy złożonej strukturze sieci). Przy delimitacji przedmiotowej sieci drogowej w oparciu o złożoność dwukrotnie mniejszą (2 razy mniej korytarzy i relacji) próbka redukuje się do około 0,4%. Zatem konieczność wylosowania zostaje zredukowana do próby około 100 osób spośród mieszkańców Czeladzi. Jest to szacowana wartość rozmiaru próbki dla oceny ruchu zewnętrznego. Dla ruchu wewnętrznego, który jest większy (60%) od zewnętrznego, ale dotyczy z reguły mniejszej liczby wariantów, wystarczy przyjąć porównywalną liczbę respondentów. Przypadek ruchu wewnętrznego zostanie opisany w innym artykule. Powyższe obliczenia zakładają agregację sieci w rejonie komunikacyjnym maksymalnie tzw. „dwustopniową”. Przy większej liczbie rzędów agregacji rozmiar próbki rośnie wykładniczo.

WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

W artykule przedstawiono koncepcję (jako kierunek dalszych badań) doboru rozmiaru próby dla celów modelowania ruchu w podziale na ruch zewnętrzny i ruch wewnętrzny. W artykule zamieszczono wstępne wyniki obliczeń dla przykładowego miasta w odniesieniu do szacowania zachowań komunikacyjnych w ruchu zewnętrznym. Tu oznacza to zbadanie preferencji komunikacyjnych osób opuszczających miasto Czeladź w relacjach do innych lokalizacji na terenie aglomeracji górnośląsko-zagłębiowskiej. Prezentowany przypadek nie rości sobie prawa do reprezentatywności metody. Wynika to z faktu, że struktura prezentowanej sieci transportowej dla miasta Czeladź jest stosunkowo prosta.

Zakłada się, że ruch wewnętrzny, z uwagi na mniejszą liczbę wariantów, wymaga mniejszej próby niż ta oszacowana dla ruchu zewnętrznego (zależy to od sposobu delimitacji). Dane zestawiono dla konkretnego miasta, sieci drogowej i jej otoczenia zewnętrznego. Zgodnie z publikacjami [6], [8] w przypadku miasta Czeladź rozmiar próby powinien wynieść minimalnie 2500 respondentów. Zalecany rozmiar próby jest jednak w tym przypadku zbiór danych obejmujący przemieszczenia blisko 5000 mieszkańców tego miasta. Zdaniem autorów, przy uwzględnieniu sieci drogowej istniejącej w tym mieście i jej otoczenia zewnętrznego wystarczającą próbą może być ta licząca już 1500 mieszkańców (szacunek zgrubny – zobacz drugą część artykułu dotyczącą ruchu wewnętrznego). Proponowana koncepcja wymaga dalszych analiz zwłaszcza w odniesieniu do innych przypadków, innych miast i sieci drogowych o innych wskaźnikach strukturalnych. Tym niemniej zauważyć należy, że w tym przypadku uzyskano zmniejszenie próby o ok. 50%. W kosztach całkowitych (przy wartości ankiety np. 30 PLN) oznacza to oszczędności w wydatkach na budowę modelu rzędu 30 000 PLN. W aspekcie całej konurbacji górnośląsko – zagłębiowskiej potencjalne oszczędności osiągają rząd wielkości kilkuset tysięcy złotych.

Kolejnymi kwestiami, jakie należy rozpatrzeć w dalszych analizach tego zagadnienia będą:

- analiza entropii informacji w zależności od delimitacji obszaru analizy, rozmiaru próby,
- rzeczywisty udział liczby respondentów w odniesieniu do ruchu wewnętrznego.

ESTIMATION OF SAMPLE SIZE FOR TRAFFIC MODELLING PURPOSES IN CITY LOGISTICS

Abstract

The problem of movements is one of basic questions of city logistics. Important matter in modeling of transportation processes (especially in case of traffic modeling) is correct choice of sample (from population). Proper sample choice should reflect travel behavior of population. In most of literature we can find directives on principle of arbitrary decision [6], [8], [11]. The sample size is depend of population size in regard of modeling aims. In practice the chosen sample size oscillates in range of 1% to 20% habitants living in definite area. The main aim of this article is performance of approach to problem the estimating of sample size of test for traffic modeling purposes. At the present in Poland we can observe intensive development of infrastructure and it is cause of changes of traffic dislocations (on the municipal, agglomeration and regional area). The sample size determines costs of traffic surveys. It could be cause of relinquishment traffic model building (costs of traffic surveys are very high). Therefore described problem is one of key decision factors in questions of traffic modeling. The compromise among sample size and his quality in sense of reflect real traffic processes should be found.

BIBLIOGRAFIA

1. Celiński I, Sierpiński G.: *Dwustopniowy model ruchu na bazie sieci GSM*. Transport Miejski i Regionalny 7/8 2011, s. 3-11.
2. Celiński I, Sierpiński G.: *Możliwości wykorzystania architektury systemów GSM w modelowaniu, planowaniu i obsłudze transportu publicznego i prywatnego w obszarach zurbanizowanych*. Logistyka – Nauka nr 6/2011, s. 401-408.
3. Celiński I, Sierpiński G.: *The Study Of Modal Distribution Of The Travel Based On Mobile Phone Networks Data*. IIIrd International Scientific Conference Transport Problems. Katowice – Tarnowskie Góry 20-22 June 2011.
4. Celiński I, Sierpiński G.: *Wariancja funkcji oporu przestrzeni typu 3D w aspekcie podróży substytucyjnych*. Referat zgłoszony na III Ogólnopolską Konferencję Naukowo – Techniczną „Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu”, Kraków 15÷16 listopada 2012.
5. Celiński I, Sierpiński G.: *Wyznaczanie środków ciężenia rejonów komunikacyjnych na potrzeby modelowania ruchu*. Transport Miejski i Regionalny 1/2011, s. 2-10.
6. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: *Inżynieria Ruchu*. WKŁ, Warszawa 1999.
7. EMME, <http://www.inrosoft.com/en/index.php>
8. Handbook of Transport Modelling. Handbooks of Transport. Volume 1. Pergamon 2005.
9. Karoń G., Janecki R., Sobota A., Celiński I., Krawiec S., Macioszek E., Pawlicki J., Sierpiński G., Zientara T., Żochowska R.: *Program inwestycyjny rozwoju trakcji szynowej na lata 2008÷2011. Analiza ruchu*. Praca naukowo-badawcza NB-67/RT5/2009.
10. Leszczyński J.: *Modelowanie systemów i procesów transportowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1994.
11. Macioszek E. , Żochowska R. , Karoń G.: *Problemy gromadzenia danych dla potrzeb modelowania podróży i prognozowania ruchu*. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji, zeszyt 153, Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Kraków 2010. s. 203-222.
12. *Metoda budowy baz danych o drogowym ruchu miejskim. Poradnik metodyczny*. Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie, seria: Monografie, nr 7 (zeszyt 80), Kraków 2000.

13. *National Household Travel Survey User's Guide*, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, February 2011.
14. *Niebieska Księga. Sektor transportu publicznego*. JASPERS. Nowe Wydanie, Wersja 1.0, wrzesień 2008.
15. Podoski J.: *Transport w miastach*. WKiŁ, Warszawa 1985.
16. PTV, <http://www.ptv-vision.com/en-uk/>
17. Szoltysek J.: *Podstawy logistyki miejskiej*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2007.

Autorzy:

dr inż. Grzegorz SIERPIŃSKI – Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej

mgr inż. Ireneusz CELIŃSKI