

Grzegorz Karoń
Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Inżynierii Ruchu

Bogusław Łazarz
Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Budowy Pojazdów Samochodowych

WYBRANE ZAGADNIENIA BUDOWY MODELU RUCHU

Streszczenie: Zagadnienia dotyczą budowy 4-stopniowego modelu ruchu zgodnie z metodyką zalecaną przez Niebieską Księgą. Przedstawione zostały kluczowe kwestie związane z danymi niezbędnymi do wykonania modeli cząstkowych, na które składają się: model generacji ruchu, model rozkładu przestrzennego, model podziału zadań przewozowych oraz model rozkładu ruchu na sieć transportową.

Słowa kluczowe: matematyczny model ruchu, czterostopniowy model ruchu, model generacji ruchu, model rozkładu przestrzennego, macierze podróży, model podziału zadań przewozowych, model rozkładu potoków ruchu w sieci transportowej, analiza kosztów i korzyści, Niebieska Księga, badania i pomiary ruchu, ruchliwość mieszkańców.

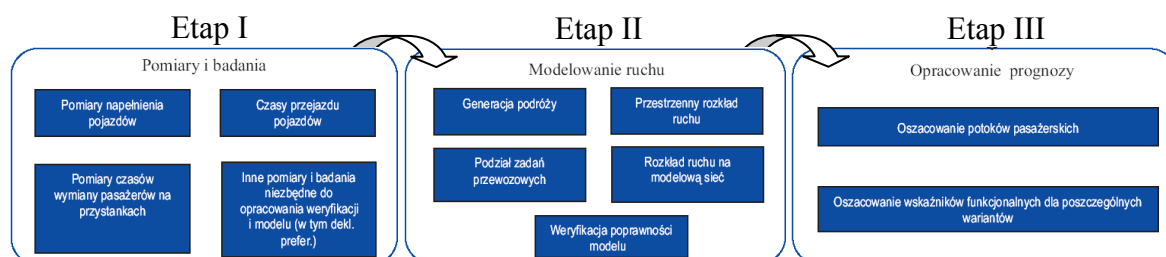
1. WSTĘP

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia budowy modelu ruchu jakie mogą wystąpić w praktyce podczas zbierania i opracowania danych źródłowych – zarówno podczas opisu ruchliwości i preferencji komunikacyjnych mieszkańców, jak również podczas opisu sieci transportowej. Oparto się na przykładach z literatury przedmiotu jak również wykorzystano własne doświadczenia zdobyte podczas prac nad modelem ruchu w ramach opracowania dla 13 miast aglomeracji górnośląskiej [6].

Konieczność budowy od podstaw modelu 4-stopniowego, na potrzeby wspomnianego opracowania, podyktowana została brakiem jakiegokolwiek modelu ruchu dla aglomeracji górnośląskiej oraz przyjęciem metodyki pracy podanej w Niebieskiej Księdze¹ [5]. W modelu wykorzystano istniejące aktualne badania i pomiary ruchu oraz wykonano

¹ Zasady podane w podręczniku zalecane są do wszystkich projektów, które będą finansowane z funduszy publicznych. Proponowana metodyka jest w zamierzeniach dostosowana do wymogów wniosków o finansowanie dużych projektów składanych do Komisji Europejskiej, to znaczy w przypadku projektów transportu publicznego finansowanych z funduszu spójności tych projektów, których koszt całkowity przekracza 25 mln EUR.

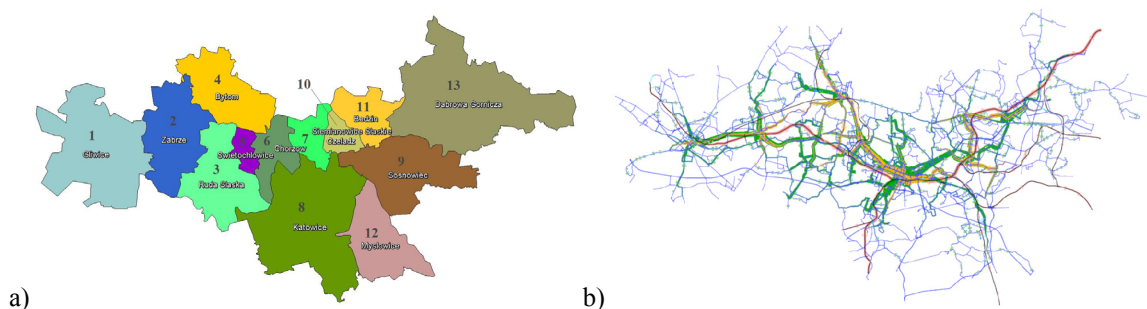
dotąd badania uzupełniające w celu zwiększenia dokładności danych i wiarygodności modelu. W opracowaniu [6] wykonane zostały w całości wszystkie trzy etapy analizy i prognozy ruchu, których schemat pokazano na rysunku 1. Wyniki prognoz dla 7 horyzontów czasowych: 2013r., 2018r., 2023r., 2028r., 2033r., 2038r., 2043r. posłużyły do przeprowadzenia analizy kosztów i korzyści (*CBA – cost benefit analysis*) dla 4 wariantów inwestycyjnych porównywanych z wariantem bazowym (wariantem odniesienia).



Rys. 1. Schemat wykonywania analizy i prognozy ruchu według metodyki podanej w Niebieskiej Księdze [5]

2. CHARAKTERYSTYKA MODELOWANEGO OBSZARU

Obszar objęty modelowaniem oraz prognozami ruchu to 13 gmin aglomeracji górnośląskiej, w których funkcjonowała w 2008 roku komunikacja tramwajowa. Są to miasta: Gliwice (1), Zabrze (2), Ruda Śląska (3), Bytom (4), Świętochłowice (5), Chorzów (6), Siemianowice Śląskie (7), Katowice (8), Sosnowiec (9), Czeladź (10), Będzin (11), Mysłowice (12), Dąbrowa Górnicza (13). Rysunek 2 przedstawia modelowany obszar oraz zamodelowaną sieć drogowo-uliczną wraz z systemami transportu zbiorowego (linie autobusowe, linie tramwajowe oraz linie kolejowe) [4,6,8].

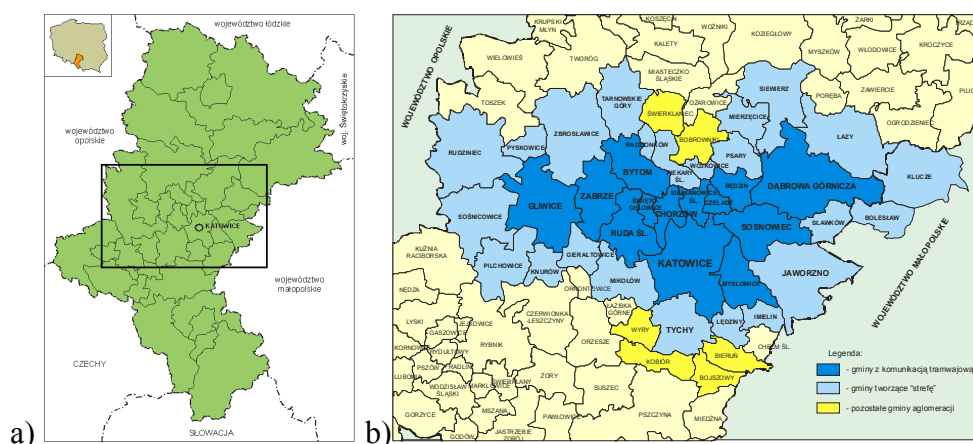


Rys. 2. Modelowany obszar aglomeracji górnośląskiej: a) podział administracyjny na 13 miast, b) sieć transportowa obszaru obciążona potokami pasażerskimi [4,6,8]

W celu uwzględnienia oddziaływań pomiędzy obszarem analizy a szeroko rozumianym jego otoczeniem (oddziaływanie system ↔ otoczenie), w modelu ujęto dodatkowo 23 gminy tworzące otoczenie bezpośrednie (tzw. strefę), do której zaliczono: Tarnowskie Góry, Radzionków, Piekary Śląskie, Wojkowice, Psary, Mierzęcice, Siewierz, Łazy, Klucze i Bolesław, Sławków, Jaworzno, Imielin, Łędziny, Tychy, Mikołów, Gierałtowice,

Knurów, Pilchowice, Sośnicowice, Rudziniec, Pyskowice i Zbrosławice (rysunek 3). Uwzględniono również dalsze otoczenie, znajdujące się poza strefą.

Model charakteryzuje się najwyższą szczegółowością dla obszaru i systemu tramwajowego, która maleje w kierunku: od obszaru poprzez strefę do otoczenia zewnętrznego. Taki charakter odwzorowania wynika z zakresu analizowanej inwestycji oraz innych uwarunkowań w zakresie istniejących danych źródłowych, możliwości ich pozyskania oraz uzupełnienia ewentualnych danych brakujących (na przykład wynikających z braku kompleksowych badań ruchu dla aglomeracji).

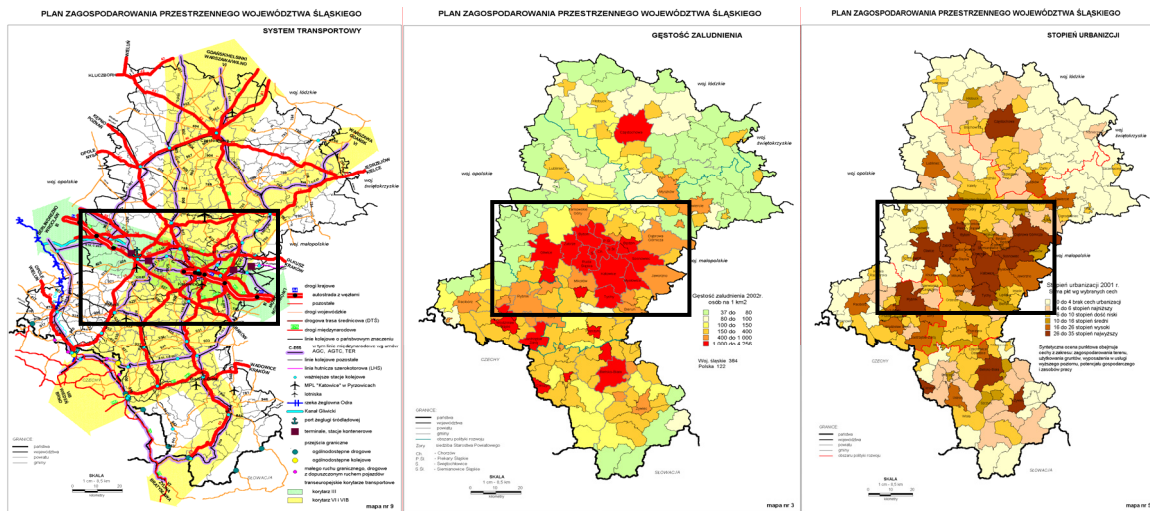


Rys. 3. Modelowany obszar 13 miast aglomeracji górnośląskiej: a) obszar na tle województwa śląskiego, b) obszar wraz ze strefą będącą bezpośrednim otoczeniem [6]

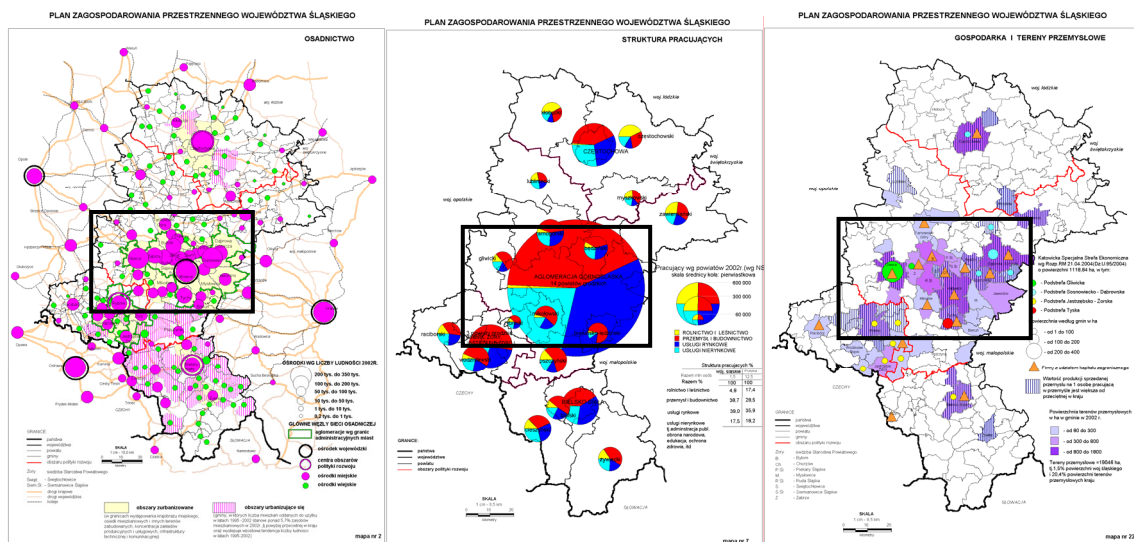
Modelowany obszar, omówiony szczegółowo w [6] na podstawie analizy dostępnych opracowań i dokumentów strategicznych, charakteryzuje się następującymi szczególnymi właściwościami:

- jest węzłową częścią obszaru województwa śląskiego,
- jest przestrzenią województwa o najwyższej koncentracji czynników ruchotwórczych,
- generuje wiele silnych powiązań funkcjonalno-przestrzennych i wzajemnych,
- posiada bardzo gęstą sieć dróg transportu samochodowego i zbiorowego.

Wymienione właściwości obszaru ukazują poglądowo rysunki 4 i 5.



Rys. 4. System transportowy, gęstość zaludnienia i stopień urbanizacji modelowanego obszaru (w ramce) na tle województwa śląskiego - rysunki poglądowe²



Rys. 5. Osadnictwo, struktura pracujących i przemysł modelowanego obszaru (w ramce) na tle województwa śląskiego – rysunki poglądowe³

3. DANE ŹRÓDŁOWE DO MATEMATYCZNEGO MODELU RUCHU

Budowa matematycznego modelu ruchu (będącego zbiorem modeli cząstkowych ekonometrycznych) umożliwiającego modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, szczególnie dla dużych i bardzo dużych obszarów (miasta i aglomeracje) wymaga znacznej

² Rysunki szczegółowe można znaleźć w opracowaniu strategicznym pn. Plan Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Śląskiego, Katowice 2004. (<http://bip.silesia-region.pl>)

³ Ibidem.

liczby danych zróżnicowanych pod wieloma względami [6,11,14,18,19]⁴. Dane te charakteryzują mieszkańców pod względem: socjalnym, ekonomicznym, demograficznym oraz opisują ich podróże i preferencje w wyborze środków transportu. Ponadto wymagane są charakterystyki przestrzenne obszaru, m.in.: gęstość zaludnienia, zagospodarowanie ruchotwórcze, położenie generatorów ruchu, odległości między nimi, wielkości wpływające na potencjały generowania i przyciągania ruchu. Opis dopełniają charakterystyki sieci transportowej i systemów transportowych funkcjonujących w tej sieci. Przykładowo modele dla motywacji dom-praca, to [6]:

$$\text{Generacja ruchu: } P_{D-P i} = 0,423 \cdot M_{(18-60/65) i} \quad (1)$$

$$\text{Absorpcja ruchu: } A_{D-P j} = 0,567 \cdot Z_j \quad (2)$$

$$\text{Funkcja oporu przestrzeni: } F_{ij}(t_{ij}) = 51,941964 \cdot t_{ij}^{2,435461} \cdot e^{-8,646616 \cdot t_{ij}} \quad (3)$$

Udział podróży pieszych:

$$U_{NP_{D-P ij}}(t_{ij}) = 0,005227 + 0,994773 \cdot \frac{\exp(4,627611 \cdot (t_{ij} - 0,000347))}{0,917625 + \exp(4,627611 \cdot (t_{ij} - 0,000347))} \quad (4)$$

gdzie:

$M_{(18-60/65) i}$ - liczba mieszkańców i -tego rejonu w wieku 18-60/65 lat (60-kobiety, 65-mężczyźni),

Z_j - liczba miejsc pracy j -tym rejonie,

t_{ij} - odległość czasowa między rejonami i oraz j w [min].

Spośród dwóch podstawowych metod prognozowania ruchu: metod wskaźnikowych (prosty ale niedokładnie uwzględniających zmiany systemu transportowego) oraz metod sieciowych (złożonych ale dobrze uwzględniających zmiany zachodzące w systemie transportowym i otoczeniu) zalecane są modele sieciowe [5] – jedną z nich jest model 4-stopniowy. Pozwalają one na sprawdzenie jak dla przyjętych założeń podaży (sieć transportowa wraz z ofertą przewozową) odpowiada popytowi (modele: powstawania i rozprzestrzeniania się ruchu). Ponadto metody sieciowe umożliwiają sprawdzenie, jak proponowane rozwiązania inwestycyjne czy organizacyjne (ujęte w zdefiniowanych wariantach inwestycyjnych) wpływają na sprawność działania systemu transportowego z uwzględnieniem zmian w dystrybucji potencjałów ruchu (zmian w zagospodarowaniu przestrzennym). Wybór modelu oraz zakresu analizy ruchu uwarunkowany jest oddziaływaniem inwestycji⁵, dla której wykonywana jest analiza i prognozy ruchu [5], a także dostępnością danych oraz istniejącymi już modelami.

⁴ W modelowaniu ruchu zamiejskiego odmienny charakter tego ruchu powoduje, że założenia oraz dane przyjmowane w modelach ruchu miejskiego, podczas ich adaptacji do modeli ruchu zamiejskiego, muszą zostać skorygowane i przekształcone [16,17].

⁵ Niebieska Księga definiuje 3 grupy inwestycji: grupa 1 - wymiana taboru bez zmiany częstotliwości kursowania i marszrutyzacji linii – założenie, że nie wystąpi przenoszenia się użytkowników pomiędzy systemami transportu

Zbudowany model [6] obejmuje 185 rejonów komunikacyjnych, dla których wykonano modele cząstkowe na podstawie wyników przeprowadzonych badań ankietowych oraz zgromadzonych wyników pomiarów natężenia ruchu w sieci transportu indywidualnego i zbiorowego (napełnienia linii komunikacyjnych)⁶. Opracowane modele cząstkowe dla motywacji dom-praca-dom, dom-nauka-dom, dom-inne-dom, niezwiązane z domem, to: modele generowania ruchu, modele rozkładu przestrzennego (więźby ruchu), modele podziału zadań przewozowych oraz modele rozkładu ruchu na sieć transportową: transportu indywidualnego i transportu zbiorowego. Do wykonania całego modelu niezbędne było zbudowanie modelu sieci transportowej, który obejmuje 4262 węzły sieci, 11788 odcinków sieci, 1912 przystanków transportu zbiorowego, 1654 przystanki obsługiwane przez zamodelowane linie, 3928 połączeń, 499 podlinii, 276 linii, 22496 relacji skrajnych w węzłach. Wymienione modele stanowią 4-stopniowy model ruchu będący narzędziem⁷ umożliwiającym wykonywanie analiz ruchu dla stanu istniejącego oraz prognoz ruchu. Jak podano we wstępie i w [5] model taki zasadniczo powinien być zbudowany oddzielnie na podstawie danych z kompleksowych badań ruchu, a nie w ramach analizy kosztów i korzyści dla określonej inwestycji. Jednak obszar objęty analizą [6] nie posiadał ani kompleksowych badań ruchu ani modelu ruchu.

3.1. Ruchliwość mieszkańców

Wykorzystując dane z badań ankietowych do obliczenia podstawowych charakterystyk, określanych wspólnie jako zachowania i preferencje komunikacyjne mieszkańców, może wystąpić problem zbyt niskiej wartości współczynnika ruchliwości komunikacyjnej mieszkańców (podawanym dla: osoby statystycznej, osoby powyżej 6 lat oraz osoby podróżującej, z dalszym podziałem na motywacje i kierunki podróży). Ze wskaźnikiem tym powiązana jest bezpośrednio liczba podróży w poszczególnych motywacjach, ich rozkład czasowy oraz podział na środki transportu. Co w efekcie końcowym warunkuje jakość opracowanego modelu matematycznego ruchu. Prawdopodobnymi przyczynami zaniżonej wartości mogą być [18]: zaniżanie faktycznej liczby podróży wykonanych przez respondenta (pomijanie części nieistotnych podróży w wyniku zmęczenia respondenta czasem trwania ankiety), nieścisłość w odtworzeniu szczegółów podróży w dniu poprzednim (niemożność zapamiętania wszystkich podróży przez respondenta), brak w ankietach odpowiedzi tych mieszkańców, którzy podróżują intensywnie w ciągu doby i tym samym albo są nieobecni podczas badań, albo nie wypełniają ankiety (dzienniczka podróży) z powodu braku czasu lub braku chęci.

(indywidualnym i publicznym), a także środkami transportu publicznego; grupa 2 - zmiany częstotliwości kursowania lub marszrutyzacji linii w zakresie jednego środka transportu – założenie, że może wystąpić przenoszenie się użytkowników pomiędzy środkami transportu publicznego ale nie wystąpi przenoszenie pomiędzy systemami transportowymi (indywidualnym i publicznym); grupa 3 - zmiany marszrutyzacji linii oraz częstotliwości kursowania w zakresie więcej niż jednego środka transportu, budowa nowej trasy, uruchomienie nowej linii – założenie, że wystąpi przenoszenie się ruchu pomiędzy systemami transportowymi i środkami transportu.

⁶ Wyniki zgromadzono z wielu różnych źródeł, m.in. z PKP, Tramwaje Śląskie, KZK GOP i z urzędów miejskich.

⁷ Warto dodać, że czasami spotyka się pogląd, iż zadanie pod nazwą analiza i prognozy ruchu dla określonej inwestycji to jedynie budowa modelu ruchu. Dlatego wskazano byłoby położenie większego nacisku na podkreślanie (np. w [5]), że model ruchu jest tylko narzędziem i aż narzędziem (bo od niego zależą wyniki analizy) do wykonania prognoz ruchu, dla zdefiniowanych co najmniej kilku wariantów inwestycyjnych.

Opisane problemy ze zbieraniem danych od respondentów wystąpiły na przykład w KBR Gdańsk 2009 [10]. Wpływ jakości danych na wyniki modelu pokazuje również przykład *Warszawskiego Badania Ruchu WBR 2005 wraz z opracowaniem modelu ruchu* [19]. Jak podano w [3, s.3] podczas budowy modelu, w I etapie wykorzystano dane o ruchliwości (liczbie podróży) wprost z ankiet. Wyniki rozkładu potoków na sieć nie zgadzały się z pomierzonymi wartościami natężenia ruchu w punktach charakterystycznych sieci rzeczywistej (punkty na kordonie i na ekranach). W związku z powyższym zwiększono wartości wskaźników ruchliwości, szczególnie dla podróży nieobligatoryjnych, zmniejszono wskaźniki udziału godzin szczytu i zwiększono udział komunikacji indywidualnej w podziale zadań przewozowych. Ostatecznie otrzymano ruchliwość mieszkańców Warszawy w podróżach wewnętrznych pieszych ogółem równą 1,84 (wartość o około 32% większa od ruchliwości 1,39 z badania ankietowego). Udział podróży pieszych ogółem w godzinie szczytu porannego w stosunku do ruchu dobowego wyniósł 9,6% natomiast wartość uzyskana w badaniu ankietowym wyniosła 11,9%. Dodatkowo wynikowe udziały podróży samochodem osobowym w podróżach pieszych ogółem są wyższe od uzyskanych w badaniu ankietowym.

Dla innych miast wskaźnik ruchliwości kształtuje się następująco: KBR Poznań 2000 – 1,83 podróży pieszych (2,5 podróży ogółem)⁸, KBR Gdańsk 2009 – 1,93 podróży ogółem (1,96 po korekcie analitycznej) [10]. W modelu dla aglomeracji górnośląskiej wskaźnik ruchliwości otrzymany z badań wynosi 1,83 dla mieszkańców powyżej 6 lat [6].

3.2. Okres przeprowadzania badań

Zasadnicze znaczenie dla otrzymywanych wyników ma okres, w którym wykonywane są pomiary i badania ruchu. Nie zawsze jednak terminy wynikające ze specyfikacji istotnych warunków zamówienia umożliwiają dotrzymanie właściwego merytorycznie terminu – obejmują na przykład miesiące wakacyjne. W takim przypadku wskazane jest przesunięcie badań a tym samym harmonogramu całości opracowania. Powodem jest występowanie sezonowości przewozów, które powoduje w okresie wakacyjno-urlopowym zmianę rozkładu przestrzennego i czasowego podróży zarówno obligatoryjnych, jak i fakultatywnych. Jednocześnie wakacyjny pobyt części ludności poza miejscem zamieszkania zmienia strukturę populacji. W konsekwencji utrzymanie losowo wybranej reprezentacji mieszkańców w przeprowadzanych badaniach jest praktycznie niemożliwe, a wiarygodność statystyczna otrzymanych wyników może być podważalna. Istnieje więc ryzyko otrzymania wyników powierzchniowych lub wręcz mylących. Dla opracowania [6] termin przeprowadzenia badań przesunięty został z okresu wakacyjnego najpierw na październik 2008 roku, a ostatecznie badania wykonano w marcu, kwietniu i maju 2009r.

Wpływ okresu badań na wyniki i ich porównywalność zaobserwowano również podczas analizy porównawczej wyników dla WBR 2005, WBR 1998 i WBR 1993 [3, s.6]. W analizie tej stwierdzono minimalny (znikomy) wzrost podróży pieszych w roku 1998 (badania wykonane jesienią) w stosunku do roku 1993 (badania wykonane wiosną). Natomiast dla badań w roku 2005 (również wykonanych wiosną) wzrost wyniósł ponad 8% w stosunku do wyników z lat poprzednich.

⁸ BIT Poznań – witryna nt KBR Poznań 2000r. - <http://bit-poznan.com.pl/prezentacje/tekst.htm#3>

3.3. Wybór gospodarstw do badań ankietowych

Dobór adresów gospodarstw może odbyć się poprzez ich losowanie z bazy ewidencji ludności PESEL. Jednak istnieje ryzyko iż tylko taka metoda dotarcia do respondentów może okazać się niewystarczająca. W obecnych czasach, mimo przygotowania szeroko zakrojonej akcji informacyjnej w mediach⁹ o przeprowadzanych badaniach, istnieje wysokie prawdopodobieństwo spotkania się z odmową wpuszczenia ankietera do mieszkania. Wskazują na to doświadczenia WBR 2005 [19, s.9], w którym oprócz bazy danych PESEL wykorzystano również metodę *random route* (losowanie punktu startowego na ulicy) dla 45% adresów z Warszawy oraz 15% adresów ze strefy. Podobnie postąpiono w przypadku aglomeracji górnośląskiej [2, s.118] w badaniach ankietowych z 2007 roku oraz w badaniach ankietowych uzupełniających w roku 2009 (badania z lat 2007 i 2009 wykorzystano do opracowania [6]). Bazę adresową zawierającą: nazwę ulicy, numer domu, numer lokalu i liczbę zamieszkałych osób (bez imion, nazwisk i innych danych osobowych) otrzymano w części z urzędów gmin, które zdążyły takie dane przygotować a w pozostałych przypadkach wielkość populacji określono na podstawie danych GUS. Następnie na podstawie liczebności całkowitej próby liczba wywiadów w poszczególnych gminach określona została proporcjonalnie do udziału ludności każdej gminy w populacji całego obszaru. W zależności od zgromadzonych danych adresowych [2, s.120]: losowano adres mieszkania z bazy lub punkt startowy na wylosowanej ulicy. W pierwszym przypadku najpierw losowane były ulice z prawdopodobieństwem proporcjonalnym do liczby zamieszkałych na nich osób (przy pomocy schematu prostego ze zwracaniem – każda z ulic mogła pojawić się w próbie więcej niż jeden raz). Następnie na ulicach losowane były adresy mieszkalne. W drugim przypadku (dla punktów startowych) operatem losowania był zbiór losowy, wypracowany w praktyce PBS DGA – wykonawcy badań. Najpierw w poszczególnych gminach losowane były ulice z jednakowym prawdopodobieństwem doboru, przy pomocy schematu prostego ze zwracaniem. Następnie niezależnie na każdej z ulic losowano punkt startowy z jednakowym prawdopodobieństwem.

3.4. Sieć transportowa i jej charakterystyki

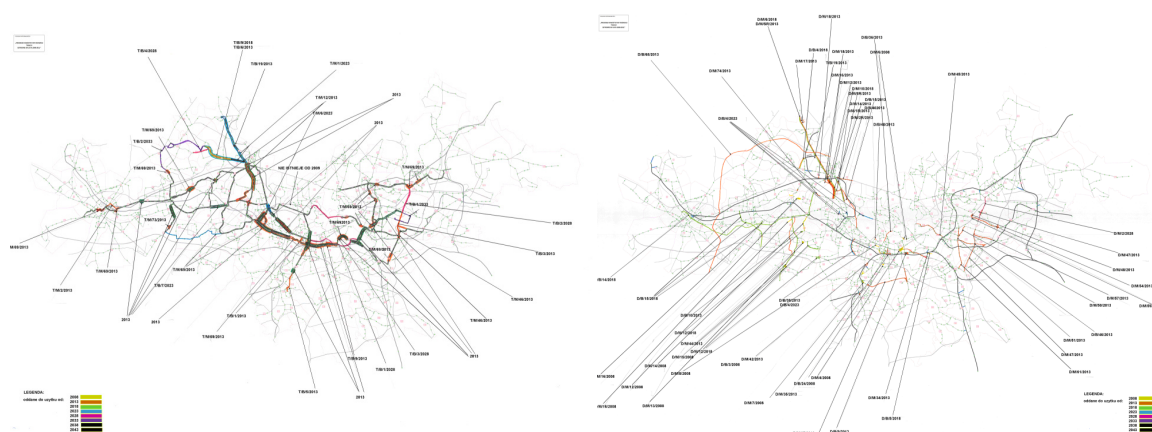
Dokładność wyników prognoz, oprócz wspomnianych wcześniej podstawowych problemów z pozyskaniem wiarygodnych danych do modelu ruchu dla stanu istniejącego, zależy również w zasadniczym stopniu od modeli prognostycznych sieci transportowych [7,8], na które rozkładane są macierze (więźby) ruchu. Wynika to z faktu iż ostatni, czwarty model cząstkowy ruchu (rozkład potoków na sieć) jest w całości zależny od odwzorowania struktury sieci transportowej i jej właściwości oraz od odwzorowania systemów transportowych w niej funkcjonujących [4]. Określenie wiarygodnego kształtu sieci transportowej oraz jej podstawowych charakterystyk, m. in.: długości odcinków,

⁹ Oprócz akcji informacyjnej w mediach praktykowane jest również wysyłanie, odpowiednio wcześniej, do wszystkich wylosowanych gospodarstw listu zapraszającego mieszkańców gospodarstwa do udziału w badaniach. Na przykład w KBR Gdańsk 2009 list zawierał najważniejsze informacje dotyczące badania (cel badań, zlecający badania, firma wykonująca badanie; zawarty był również przykład prezentowania wyników. Następnie ankieterzy odwiedzali tylko te gospodarstwa, w których wszyscy członkowie do nich należący wyrazili zgodę na udzielenie odpowiedzi [10].

organizacji ruchu w węzłach sieci (skrzyżowania i węzły drogowe), przepustowości odcinków i skrzyżowań, funkcji oporu odcinków i relacji skrajnych, tras linii i częstotliwości kursowania środków transportu zbiorowego oraz jakości oferty przewozowej wymaga ścisłych informacji dotyczących przyszłych modernizacji i inwestycji kształtujących wymienione charakterystyki [12,13,15] oraz działań w zakresie kreowania oferty transportu zbiorowego [4].

Jak przedstawiono poglądowo na rysunku 6 a szczegółowo w [6], w rzeczywistej sieci transportowej aglomeracji górnośląskiej w okresie od 2008 roku do roku 2043 zaprogramowana jest znaczna liczba modernizacji i inwestycji oddziałujących w różnym stopniu¹⁰ na wszystkie podsystemy transportowe (ruch pieszy, transport indywidualny i transport zbiorowy: tramwaj, autobus, pociąg). Ogólna liczba największych modernizacji i inwestycji dających się odwzorować¹¹ w poszczególnych horyzontach prognoz wynosi odpowiednio: 2008r. – 23, 2013r. – 53, 2018r. – 13, 2023r. – 5, 2028r. – 6, 2033r. – 2, 2038r. i 2043r. – brak informacji. Źródłem informacji były między innymi dokumenty strategiczne (strategie, plany inwestycyjne i plany rozwoju, programy operacyjne, diagnozy stanu, programy rewitalizacji, uchwały rad miejskich, studia uwarunkowań) na poziomie regionu, województwa śląskiego, poszczególnych miast, organizatorów transportu zbiorowego [6].

Dodatkowo w każdej z perspektywicznych sieci transportowych – określonych dla przyjętych horyzontów prognozy – muszą być uwzględnione zmiany wynikające z wariantów inwestycyjnych przyjętych w analizie kosztów i korzyści (CBA – *cost benefit analysis*). W przypadku [6] zdefiniowano 4 warianty inwestycyjne co w połączeniu z wariantem bazowym (wariantem odniesienia) dało w sumie 36 wariantów sieci transportowej (5 wariantów x 7 horyzontów prognozy + 1 rok bazowy 2008).



Rys. 6. Rysunki poglądowe zmian w sieci drogowej i tramwajowej w latach: 2008-2043 co 5 lat [6]

¹⁰ Dokładność opisu inwestycji w zakresie organizacyjno-technicznym oraz jej efektów jest zróżnicowana i maleje wraz ze wzrostem horyzontów prognoz, co utrudnia a nierazkiedy uniemożliwia określenie wiarygodnych charakterystyk odcinków i węzłów sieci, m.in. przepustowości i czasu przejazdu.

¹¹ Możliwość odwzorowania inwestycji w modelu sieci: efektów jej oddziaływania na system transportowy oraz oddziaływania na zachowania komunikacyjne mieszkańców jest zależna od szczegółowości opracowań źródłowych.

4. PODSUMOWANIE

W artykule z powodu ograniczonej objętości przedstawiono jedynie niewielką część problemów, jakie mogą wystąpić podczas wykonywania modelu ruchu. Mimo obecnych bardzo dobrych narzędzi informatycznych wspomagających proces modelowania oraz szeroko rozumianych baz danych gromadzących niezbędne informacje, wciąż występują problemy wiarygodności danych źródłowych oraz wyników pośrednich otrzymywanych z modeli cząstkowych składających się na 4-stopniowy model ruchu. Jednocześnie same modele cząstkowe w ujęciu metod są niekiedy bardzo wyrafinowane matematycznie (wiele zmiennych, modele liniowe i nieliniowe, modele prognostyczne), jednak potencjalne możliwości otrzymania dokładnych i wiarygodnych wyników mogą być zniweczone niską jakością danych wejściowych.

Nie należy również zapominać, że wyniki otrzymywane z modelu ruchu są danymi wejściowymi innych analiz niezbędnych w ramach studium wykonalności określonej inwestycji. Są to na przykład analizy środowiskowe [1], analizy kosztów zdarzeń drogowych oraz bezpieczeństwa ruchu drogowego [9], czy też cała analiza kosztów i korzyści [5]. Można jednak mieć nadzieję, że problem wiarygodności danych nie będzie sprowadzał się do konkluzji *garbage in – garbage out*, lecz będzie się zmniejszał wraz ze wzrostem jakości i ilości gromadzonych i efektywnie przetwarzanych danych.

Kwestiami trudnymi do uwzględnienia w prognozach pozostaną prawdopodobnie różne, nieprzewidywalne, i nierzadko kontrowersyjne decyzje organów zarządzających transportem, jak na przykład decyzja władz miejskich dotycząca likwidacji tramwaju w Gliwicach w 2009 r.

Bibliografia

1. Bohatkiewicz J., Dudek M.: Wpływ prognozowania ruchu na analizy środowiskowe w drogownictwie. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP o/Kraków Nr 90 Z.148. Kraków 2009, s. 215.
2. Ernst&Young: Diagnoza stanu systemu transportowego oraz Plan rozwoju transportu zbiorowego w obszarze działania KZK GOP. Katowice-Warszawa. Sierpień 2007.
3. Informacja na temat wyników WBR2005. Urząd Miasta Stołecznego Warszawy, BDiK, Warszawa 2006.
4. Janecki R.: Organizacja transportu publicznego w metropolii górnośląskiej – stan istniejący i kierunki rozwoju. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej Plan transportowy w ustawie o publicznym transporcie zbiorowym, Warszawa 25 listopada 2009.
5. Jaspers: Niebieska Księga sektor transportu publicznego, Warszawa grudzień 2008.
6. Karoń G., Janecki R., Sobota A. z zespołem: Program inwestycyjny rozwoju trakcji szynowej na lata 2008 – 2011. Analiza ruchu, Praca naukowo-badawcza Politechniki Śląskiej, Katowice 2009.
7. Karoń G., Janecki R., Sobota A.: Modelowanie ruchu w konurbacji górnośląskiej – sieć publicznego transportu zbiorowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria TRANSPORT Gliwice 2010.
8. Karoń G., Macioszek E., Sobota A.: Selected problems of transport network modeling of Upper-Silesian Agglomeration (in Poland). Transbaltica 2009, Proceedings of the 6-th International Scientific Conference. April 22-23 2009. Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania 2009. s. 103-108.
9. Karoń G., Pawlicki J., Pytel D.: Analysis of Road safety using SEWIK database. W monografii pt. "Współczesne systemy transportowe. Wybrane problemy teorii i praktyki. Rozwój systemów transportowych." Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
10. KBR na terenie miasta Gdańska 2009. Raport III z wykonania badań i raport IV opracowanie wyników. Sopot-Warszawa listopad 2009. PBS DGA Sp. z o.o.
11. Komar Z., Wolek Cz.: Inżynieria ruchu drogowego. Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Warszawa 1994.
12. Krawiec S., Karoń G., Celiński I., Sobota A.: Warunki ruchu w sieci drogowej konurbacji górnośląskiej w latach 2007-2008. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria TRANSPORT Gliwice 2010.

13. Pawlicki J., Karoń G.: Wzrost ruchu drogowego jako efekt nowych koncepcji w logistyce. s. 83-92 w monografii Woch J. (red.): Współczesne systemy transportowe. Wybrane problemy teorii i praktyki. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
14. Podoski J.: Transport w miastach. WKŁ. Warszawa 1977.
15. Sobota A., Karoń G.: Postrzeganie warunków ruchu miejskiego – płynność ruchu – wyniki badań ankietowych. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP o/Kraków Nr 90 Z. 148. Kraków 2009, s. 215-234.
16. Supernak J.: Modele powstawania miejskiego ruchu osobowego. WKiŁ, Warszawa 1980.
17. Suwara T.: Analiza ruchu zamiejskiego. WKŁ Warszawa 1988.
18. Tracz M. (red.): Pomiar i badania ruchu drogowego. WKŁ Warszawa 1984.
19. Warszawskie Badanie Ruchu 2005 wraz z opracowaniem modelu ruchu. BPRW S.A. Warszawa 2005 r.

SELECTED QUESTIONS OF TRANSPORT MODELLING

Abstract: Selected questions of transport modelling on example of 13 cities of Upper-Silesian Agglomeration has been presented in this article. Questions of data for standard-4-step model: trip generation, trip distribution, origin – destination (O-D) matrix, mode choice – modal split, distribution of traffic flow on transport network have been described based on example of some survey of traffic.

Keywords: mathematical modelling of transport, standard-4-step model, trip generation, trip distribution, origin – destination (O-D) matrix, mode choice – modal split, distribution of traffic flow on transport network, cost-benefit analysis, The Blue Book, survey of traffic