

MODELOWANIE PODRÓŻY DO CENTRALNEGO MIASTA AGLOMERACJI Z OTACZAJĄCYCH GO MIEJSCOWOŚCI

Maciej Kruszyna

dr inż., Politechnika Wroclawska, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: +48 71 320 2421, e-mail: maciej.kruszyna@pwr.wroc.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono uwarunkowania modelowania podróży pomiędzy centralnym miastem aglomeracji a otaczającymi go miejscowościami. Na tle stosowanych metod i elementów modeli (przegląd literatury) wyspecyfikowano aktualne uwarunkowania nawiązujące do badań przeprowadzonych dla aglomeracji wrocławskiej. Autor wskazał istotne wyniki prowadzonych przez siebie badań oraz, posiłkując się „studium przypadku” dla wybranych miejscowości, omówił proponowane przez siebie elementy modelu.

Słowa kluczowe: modelowanie podróży w aglomeracji, gromadzenie danych, analiza wyników

1. Wprowadzenie

Agglomeracja nie jest pojęciem precyzyjnie zdefiniowanym. Dla potrzeb niniejszych rozważań przyjmuje się, że jest to obszar składający się z centralnego miasta (metropolii) i otaczających go gmin (ewentualnie innych jednostek terytorialnych). Rozległość aglomeracji może być postrzegana różnorodnie (przykładem jest nieprecyzyjny zasięg aglomeracji wrocławskiej). Co ciekawe, zasięg aglomeracji można definiować poprzez występowanie na danym obszarze podróży o stosownym charakterze (np. codzienne dojazdy do pracy), przeciwnie do analizowania podróży w zdefiniowanym już wcześniej obszarze (na podstawie kryteriów niezwiązanych z ruchem). Niezależnie od powyższego, prezentowane tu badania przeprowadzono na terenie dwóch gmin przylegających bezpośrednio do Wrocławia.

W wyniku postępującej deglomeracji obserwuje się dynamiczny przyrost zaludnienia w obszarach (gminach) otaczających duże miasta, przy stagnacji lub zaniku przyrostu zaludnienia tego miasta. Ludzie osiedlający się poza granicami metropolii nie likwidują codziennych z nią kontaktów. Wręcz przeciwnie, mieszkając „na wsi” pracują, uczą się, korzystają z usług miasta, dość często jedynie nocując w domu. Efektem jest bardzo duży przyrost natężeń ruchu aglomeracyjnego oznaczającego codzienne przekraczanie granic miasta. Przy słabym rozwoju oferty transportu publicznego dla tych relacji, zdecydowana większość podróży odbywa się prywatnymi samochodami, co wydatnie powiększa problemy transportowe

miast (w tym związane z parkowaniem w centrum oraz z wyczerpywaniem przepustowości dróg dojazdowych). Badania ruchu w aglomeracji są dosyć nowym problemem w Polsce i czasami nie dostrzega się wagi tego zagadnienia. Nierzadko kompleksowe badania ruchu w mieście dotyczą podróży wyłącznie jego mieszkańców, a nie podróży odbywających się w mieście. W efekcie, gubi się znaczącą część populacji podróżnych i uzyskuje niemiernodajne wyniki. Problem terytorialnego ujęcia badań ruchu w mieście jest pierwszym zagadnieniem poruszonym w niniejszym artykule. Drugim problemem jest trudność w gromadzeniu danych (zmiennych opisujących) podróże aglomeracyjne. Oficjalne statystyki (dane meldunkowe) z uwagi na polską specyfikę, są niemiernodajne do budowy modelu podróży. Autor artykułu wskazuje na potencjalne problemy badań kompleksowych, stawia hipotezy i weryfikuje je badaniami cząstkowymi. Ma to na celu sformułowanie wytycznych i metodyki planowanych w najbliższej perspektywie badań kompleksowych.

2. Uwarunkowania modelowania podróży pomiędzy centralnym miastem aglomeracji a otaczającymi go miejscowościami w dotychczas stosowanych modelach

Zagadnienia podróży aglomeracyjnych są badane od lat i nie sposób w krótkim artykule dokonać nawet przeglądu poruszanych problemów. Ograniczono się zatem do przywołania kilku pozycji z poprzedniej konferencji „Modelling” ilustrujących aktualną problematykę zbieżną z rozpatrywanymi tu zagadnieniami. W pozycji [1] wskazano na użyteczność modelu pośrednich możliwości dla estymacji liczby podróży do pracy w aglomeracjach Wrocławia, Frankfurtu nad Menem, Kassel i innych. Wskazano na wielość czynników wpływających na prawdopodobieństwo akceptacji rozważanego celu podróży. Uwypuklono znaczenie spisów powszechnych dla gromadzenia niezbędnych danych. Przykłady danych wykorzystywanych do generowania ruchu (w oparciu o model grawitacyjny) dla Gdańska zestawiono w artykule [3]. Analizowano około 20 zmiennych objaśniających, m.in.: powierzchnia rejonu, liczba mieszkańców, liczba i powierzchnia lokali mieszkaniowych, liczba miejsc pracy, liczba miejsc w szkołach i inne. Zaobserwowano, że *liczba podróży wyjazdowych do pracy (...) jest silnie powiązana z liczbą mieszkańców, liczbą lokali mieszkaniowych, powierzchnią lokali i liczbą zawodowo czynnych.*

Z powyższego wynika, że niezależnie od stosowanej metody modelowania podróży (pośrednie możliwości, model grawitacyjny) istotnym jej elementem jest zebranie odpowiedniego zestawu danych (zmiennych opisujących). W kontekście modelowania podróży w aglomeracji, wskazać należy na trudność w zgromadzeniu stosownych danych miernodajnie opisujących stan istniejący. Przy okazji tworzenia modelu ruchu dla Szczecina [4] podkreślono wpływ niedoskonałości danych wejściowych na wyniki modelu oraz konieczność właściwego modelowania sieci komunikacyjnej dla ujęcia specyfiki podróży wewnętrznych (w tym realizowanych

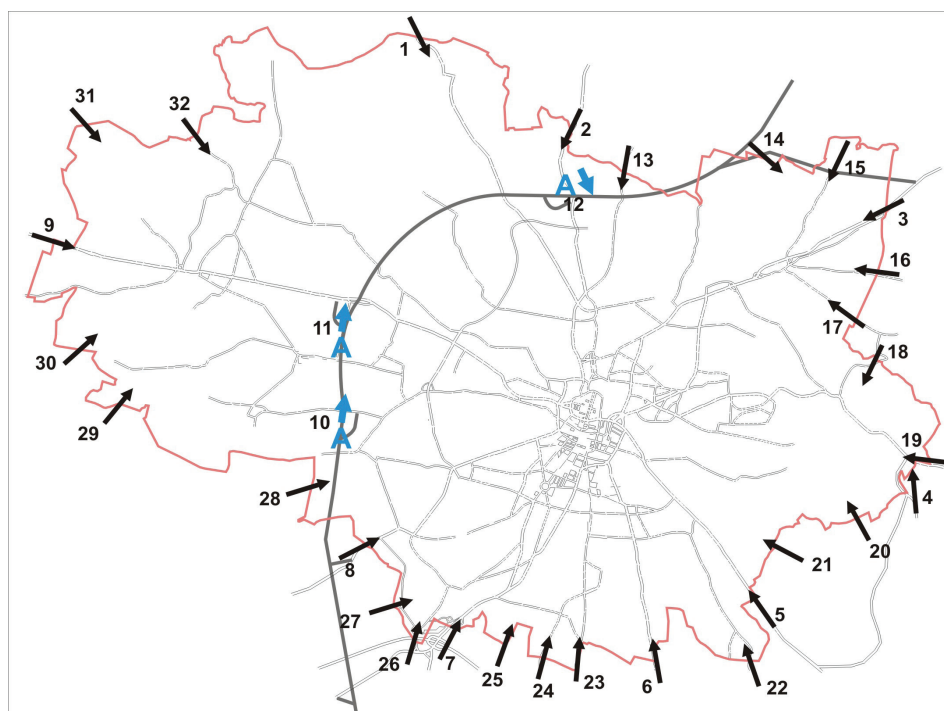
z wykorzystaniem sieci zewnętrznej) i zewnętrznych. Autorzy pracy [2] analizowali różnice w strukturach syntetycznych (teorii modelowania) i dedykowanych (określonym obszarom) w prognozowaniu potoków ruchu. Zauważono, że *w modelowaniu dedykowanym dla miast natrafia się na coraz większe problemy badań reprezentacyjnych, ograniczenia kosztowe i administracyjne (...). Dotyczy to (...) także implikacji związanych z relacjami pomiędzy ruchem zewnętrznym i wewnętrznym (...)*.

3. Badania prowadzone w aglomeracji wrocławskiej

Aktualnie nie dysponujemy kompleksowymi danymi odnośnie podróży w aglomeracji wrocławskiej. We Wrocławiu przeprowadzono kompleksowe badania ruchu w latach 2010-2011 [5]. Badania te skoncentrowano jednak na obszarze miasta. Zarejestrowano co prawda liczbę pojazdów pojawiających się na kordonach (w tym na granicach miasta), ale bez badań odnośnie źródeł, celów i motywacji podróży. Wyniki prezentowane w opracowaniu [5] pokazują że *około 190 tys. pojazdów w ciągu doby wjeżdża i tyle samo wyjeżdża z miasta*. W liczbie tej mieści się także tranzyt nie związany z Wrocławiem (w okresie badań nie funkcjonowała jeszcze Autostradowa Obwodnica Wrocławia, AOW). Podano ponadto, że *na granicy miasta rano wjeżdża ponad 13 tys. pojazdów a wyjeżdża ponad 9 tys. pojazdów*. Liczby te prawdopodobnie dotyczą godziny szczytu i w świetle badań prowadzonych przez autora nie opisują całego ruchu szczytowego generowanego przez aglomerację.

Istotne zmiany w sieci drogowej (przede wszystkim uruchomienie AOW) spowodowały dezaktualizację danych o ruchu zewnętrznym z opracowania [5]. Interesujące wydawałyby się być wyniki nowszego opracowania [6], gdzie badano podróże z 26 gmin otaczających Wrocław (tak zwany Wrocławski Obszar Funkcjonalny, WrOF). Niestety, pomiary ruchu drogowego ograniczono do wlotów dróg krajowych (w tym zjazdy z AOW) i wojewódzkich. Takich wlotów jest 12, względem sumarycznej liczby dróg wjazdowych wykorzystywanych w podróżach aglomeracyjnych w liczbie 32. Wszystkie wloty pokazano na mapie (rys. 1) gdzie numery od 1 do 12 dotyczą dróg krajowych i wojewódzkich. W oczywisty sposób pominięto znaczną liczbę pojazdów (i osób) wjeżdżających do stolicy aglomeracji (według badań autora około 50%). Przełożyło to się na nieprawidłowe wartości podziału zadań przewozowych wskazanego w opracowaniu [6].

Dla zarejestrowania wielkości ruchu aglomeracyjnego konieczne jest przeprowadzenie badań kompleksowych uwzględniających specyfikę podróży tego typu. Szczególnie ważne jest: określenie obszaru aglomeracji, stosownej sieci drogowej, tras wykorzystywanych w podróżach aglomeracyjnych, „odsianie” podróży innego typu. Badania przeprowadzone przez autora mają za zadanie wskazać metodykę kompleksowych pomiarów w aglomeracji.



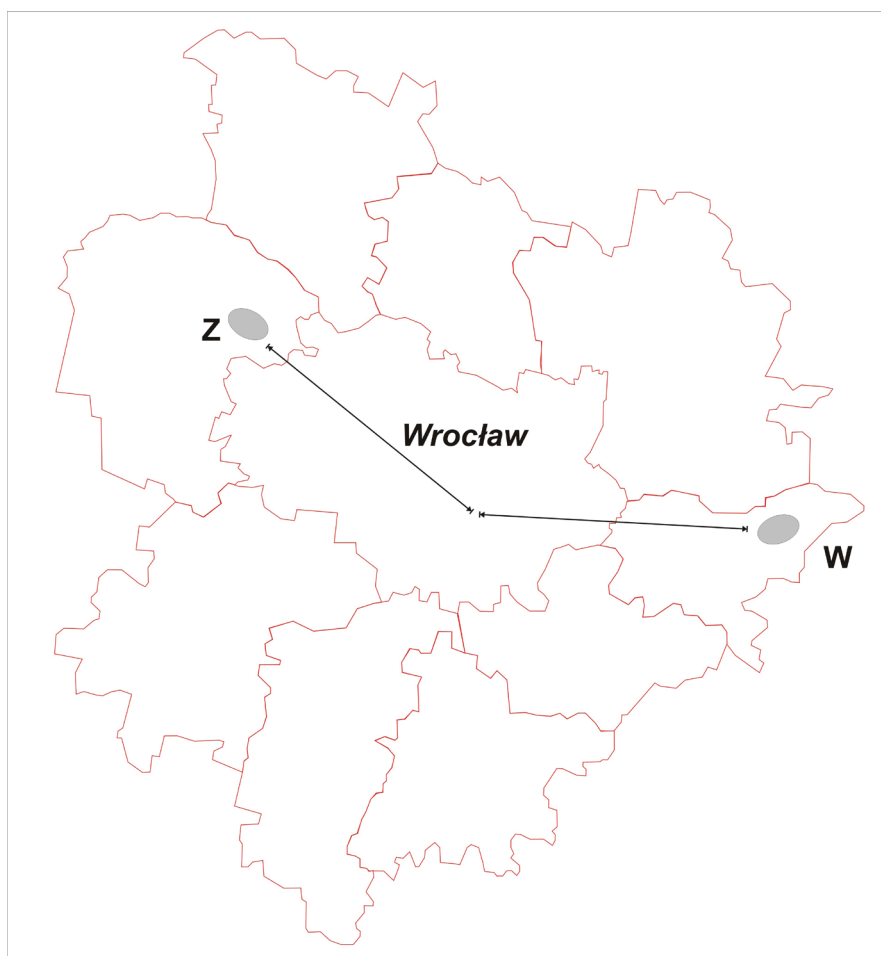
Rys. 1. Drogi wjazdowe do Wrocławia

4. Studium przypadku dla wybranych miejscowości

Do badań o charakterze „studium przypadku” wytypowano dwie miejscowości (grupy wsi) o charakterystycznych cechach wspólnych: położenie po obu stronach Wrocławia w zbliżonej odległości i czasie dojazdu do centrum (około 30 km i 1 h), wyjazd z miejscowości możliwy tylko jedną drogą (brak tranzytu przez miejscowości), obsługa transportem publicznym na podobnym (słabym) poziomie. Obie miejscowości oznaczono symbolicznie: Z (zachodnia) i W (wschodnia) i pokazano na mapie (rys. 2). Zakres badań przeprowadzonych wiosną 2012 roku obejmował liczenie pojazdów wyjeżdżających i powracających do miejscowości z uwzględnieniem struktury rodzajowej oraz z zapisem numerów rejestracyjnych pojazdów. Pomiary przeprowadzono kilkakrotnie, uśredniając uzyskane wyniki i uzyskując zapis ruchu w przedziale od godziny 5.30 do godziny 20.30. Wynik takiego pomiaru nazwano „dobowym” z uwagi na niewielkie natężenia ruchu aglomeracyjnego poza tym przedziałem. Przykładowe wykresy dla miejscowości W i wybranego dnia pomiarów (tylko pojazdy osobowe) pokazano na rysunkach 3 i 4.

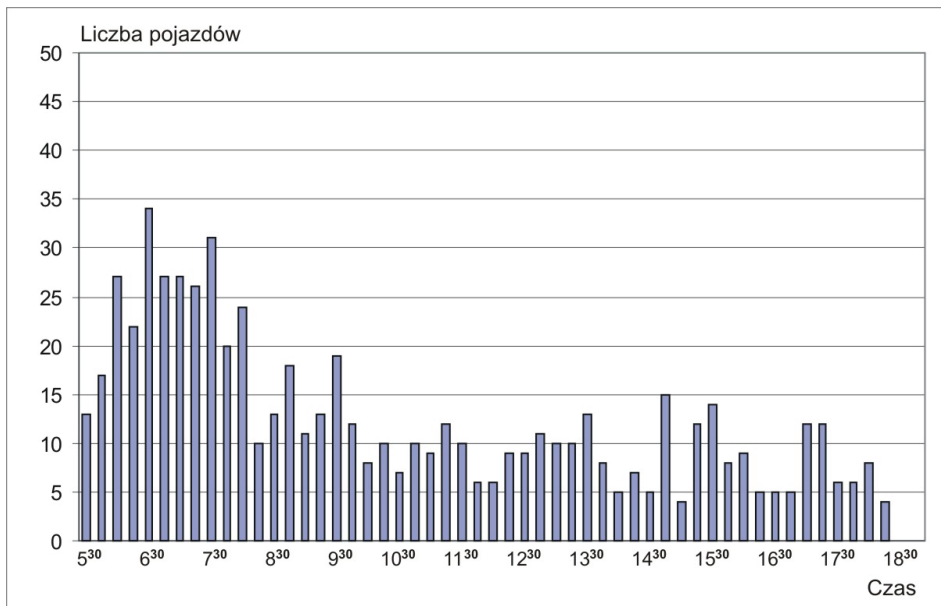
Na podstawie zgromadzonych danych wyliczono sumaryczną wielkość ruchu dobowego generowanego przez daną miejscowość (wyjazdowego, d) oraz specyficznie definiowany tu ruch aglomeracyjny (a) i szczytowy (s). Ruch aglomeracyjny dotyczy podróży pomiędzy miejscowością W lub Z a centrum aglomeracji (główne

miasto – Wrocław) i nie obejmuje podróży do innych celów (na przykład wewnątrz gminy). Zgodnie z hipotezą roboczą sformułowaną dla niniejszych badań, wielkość ruchu aglomeracyjnego można obliczyć odejmując od ruchu dobowego tak zwane „tło”, czyli podróże lokalne realizowane przez cały okres doby w mniej więcej stałej wielkości. Rachunkowo, „tło” oblicza się jako 70% średniej z natężeń ruchu wszystkich kwadransów pomnożone przez ich liczbę. Pozostałe podróże to ruch aglomeracyjny. Ruch szczytowy to suma najbardziej obciążonych 8 sąsiadujących kwadransów w ciągu doby. Są to zatem dwie godziny (i jest to druga hipoteza robocza niniejszych badań).

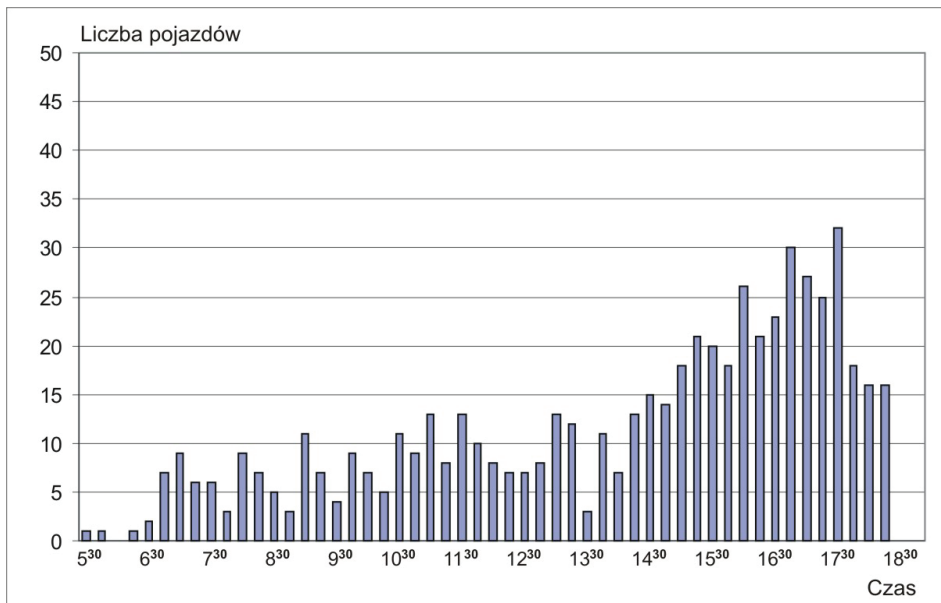


Rys. 2. Lokalizacja analizowanych miejscowości

Wyznaczenie ruchu aglomeracyjnego i szczytowego jest punktem wyjścia do kolejnego kroku badań: poszukiwania korelacji pomiędzy danymi o ruchu a zmiennymi opisującymi analizowane miejscowości (tu dotyczącymi zaludnienia).



Rys. 3. Dobowy rozkład ruchu do Wrocławia z miejscowości W



Rys. 4. Dobowy rozkład ruchu z Wrocławia do miejscowości W

Oprócz liczby mieszkańców rejestrowanej w danych meldunkowych uwzględniono: rejestr wyborców oraz liczbę gospodarstw domowych (domów). Przesłanką do uwzględnienia tych danych był fakt iż dane meldunkowe nie są wiarygodnym opisem faktycznie mieszkających osób. Przykładowo, obserwując pojazdy wyjeź-

dżające z badanych miejscowości zliczano mniej więcej tak samo liczebne grupy pojazdów o rejestracjach wrocławskich (DW) jak i poza miejskich (DWR lub DSR). Oznacza to, że duża grupa ludzi mieszka w miejscowościach W lub Z bez zmiany meldunku (rejestracja wrocławska oznacza zameldowanie we Wrocławiu). Dane o liczbie zameldowanych osób zaniżają więc zaludnienie miejscowości otaczających Wrocław i nie powinny być podstawą do kalibracji modelu ruchu. Stąd, oprócz liczby zameldowanych mieszkańców (m) uwzględniono: liczbę zarejestrowanych wyborców – dane PKW (w), liczbę gospodarstw domowych (domów, g) oraz nowych domów (wybudowanych w XXI. wieku, n).

Dane o ruchu oraz opisujące analizowane miejscowości zestawiono w tabeli 1. Dodatkowo, w tej tabeli, podano obliczenia korelacji pomiędzy poszczególnymi wielkościami. W kolejnym kroku analiz porównano korelacje dla miejscowości W i Z poszukując najbardziej zbliżonych korelacji dla obu miejscowości (różnic korelacji o najmniejszej wartości). W sytuacji, gdy korelacje pomiędzy konkretnymi wielkościami dla obu miejscowości są na podobnym poziomie (czyli różnica pomiędzy nimi jest mała), założyć można że podobne korelacje wystąpią także dla innych miejscowości, czyli tym samym konkretna zmienna opisująca nadaje się do wykorzystania w modelu. Wartości różnic w korelacjach zestawiono w tabeli 2.

Tabela 1. Dane dotyczące analizowanych miejscowości

	Miejscowość W ¹	Miejscowość Z ²
Liczba mieszkańców (m)	1679	3065
Zarejestrowani wyborcy (w)	1282	2378
Liczba gospodarstw domowych (domów) (g)	664	923
Liczba nowych domów (n)	370	532
Ruch dobowy ³ (d)	654	1029
Ruch aglomeracyjny ³ (a)	394	549
Ruch szczytowy ³ (s)	214	319
d/m	0,390	0,336
d/w	0,510	0,433
d/g	0,985	1,115
d/n	1,768	1,934
s/m	0,127	0,104
s/w	0,167	0,134
s/g	0,322	0,346
s/n	0,578	0,600
a/m	0,235	0,179
a/w	0,307	0,231
a/g	0,593	0,595
a/n	1,065	1,033

¹ Miejscowość W: Chrzęstawa Mała, Chrzęstawa Wielka (gm. Czernica)
² Miejscowość Z: Brzezina, Brzezinka Średzka, Pisarzowice, Wilkszyn (gm. Miękinia)
³ definicje ruchu dobowego, aglomeracyjnego i szczytowego – w tekście

Tabela 2. Różnice w korelacji zmiennych pomiędzy analizowanymi miejscowościami

	d	a	s
m	0,054	0,056	0,023
w	0,077	0,076	0,033
g	0,130	0,001	0,023
n	0,167	0,033	0,021

Z analizy różnic korelacji konkretnych wielkości w kontekście obu analizowanych miejscowości wynika, że najbardziej zbliżone wyniki uzyskano w kontekście ruchu szczytowego (s). Ponieważ dla wszystkich zmiennych opisujących uzyskano podobne korelacje – możliwe jest ich wykorzystanie do estymacji ruchu szczytowego. Interesujące wydaje się być także specyficzne skorelowanie pomiędzy konkretnymi parami zmiennych (w kontekście niewielkich różnic pomiędzy wynikami dla obu miejscowości). I tak, dla wyznaczenia ruchu aglomeracyjnego „najlepszą” zmienną opisującą jest liczba gospodarstw domowych (różnica w korelacjach 0,001), dla ruchu szczytowego – liczba nowych domów, a dla ruchu dobowego – (jednak) liczba mieszkańców. Mimo iż uzyskane wyniki są zbieżne z intuicją, zaznaczyć należy ich wycinkowy charakter (ograniczenie do dwóch miejscowości oraz przyjęcie stosownych hipotez roboczych). Uogólnienie powyższych wniosków wymaga szerszych badań, co podkreślono w podsumowaniu niniejszego artykułu.

5. Podsumowanie

Wskazano na intrygującą korelację pomiędzy liczbą podróży aglomeracyjnych a liczbą gospodarstw domowych, w tym nowych domów. Zależność ta odpowiada intuicji, lokatorzy nowych domów w otoczeniu miasta najczęściej pozostają w aktywności z tym miastem i regularnie podróżują tam do pracy, nauki, w celach rozrywkowych. Do modelowania podróży aglomeracyjnych wystarczy prawdopodobnie zebrać dane o zabudowie w obszarze otaczającym centralne miasto aglomeracji. Do ustalenia jest zasięg aglomeracji – zakres obszaru zabudowanego, z którego odbywają się stosowne podróże (zakres obszaru w którym należy liczyć domy). Osobnym problemem jest także ustalenie liczby domów. Pomocne mogą być rejestry pozwoleń na budowę. Powinny być jednak weryfikowane za pomocą map, zdjęć satelitarnych, czy wręcz obserwacji „w terenie”.

Wybór specyficznego typu miejscowości (oddalenie od centrum aglomeracji, jedna droga dojazdowa, słaba obsługa transportem publicznym) miał na celu, przede wszystkim, uchwycenie wyłącznie ruchu lokalnego (brak tranzytu). Zatem, zdaniem autora, omówiony przypadek nadaje się do generalizowania wniosków i rozciągania na wszystkie miejscowości aglomeracji przede wszystkim w kontekście modelowania wielkości ruchu w zależności od liczby domów (wpływ odległości danej miejscowości od miasta może być pomijany z uwagi na nieznaczące różnice w czasie podróży). Miejscowości leżące w innych obszarach

aglomeracji (szczególnie położone bliżej granic miasta) cechować może jednak lepsza obsługa transportem zbiorowym i tym samym większy udział w podróży tym środkiem lokomocji. Wymaga to przeprowadzenia dalszych badań.

Prezentowane zależności mogą być wykorzystane do kalibracji modelu podróży o charakterze aglomeracyjnym. Konieczne jest jednak rozszerzenie i uogólnienie zakresu badań i to w aspekcie terytorialnym (inne miejscowości), jak i metodycznym. Uzyskane wyniki warto zweryfikować poprzez badania ankietowe (najlepiej dla wszystkich mieszkańców analizowanych miejscowości) mające za cel ustalenie celów i motywacji podróży, sposób wyboru środka lokomocji, czasu podróży itp. Uzyskać można wtedy potwierdzenie przyjętych hipotez oraz nowe wartości współczynników korelacji.

Niezależnie od potrzeby uszczegółowienia i weryfikacji prezentowanych wyżej badań, autor referatu proponuje wykorzystanie poczynionych spostrzeżeń przy formułowaniu metodyki i zakresu kompleksowych badań ruchu w aglomeracji (możliwych do przeprowadzenia w roku 2015). Jako zalecenia do KBR proponuje się: dopracować zasięg terytorialny aglomeracji (obejmując obszar w którym istotne są podróże o stosownej specyfice), uwzględnić kompletną sieć transportową (wszystkie drogi istotne dla podróży aglomeracyjnych niezależnie od ich przynależności administracyjnej oraz klasy i jakości technicznej), zebrać dane opisujące najbardziej skorelowane z wielkością ruchu, zweryfikować wartości parametrów modelu (współczynników korelacji), w tym za pomocą badań ankietowych, badania ankietowe przeprowadzić dla wybranych miejscowości na możliwie największej próbie – preferowani są wszyscy mieszkańcy lub wszyscy podróżujący z wybranych miejscowości (ankiety te należy przeprowadzić obok klasycznie wykonywanych na próbach losowych).

Bibliografia

- [1] Głogowski Ch., Zipser T., Formy i charakterystyki splotowego modelu pośrednich możliwości dla ruchów do pracy w dużych aglomeracjach. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie, nr 1(97)/2012.
- [2] Krych A. i inni, Wielopoziomowe struktury syntetyczne a struktury dedykowane w modelowaniu i prognozowaniu potoków ruchu. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie, nr 1(97)/2012.
- [3] [Romanowska A., Jamroz K., Budziszewski T., Problemy modelowania liczby podróży generowanych i absorbowanych na przykładzie Gdańska. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie, nr 1(97)/2012.
- [4] Sarbiewska J., Mokrzański M., Konarski A., Tworzenie modeli podróży na przykładzie miasta Szczecina. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie, nr 1(97)/2012.
- [5] Wrocławskie Badania Ruchu 2010/2011, Biuro Rozwoju Wrocławia

{6} Wyniki pomiaru ruchu na terenie 26 gmin Wrocławskiego Obszaru Funkcjonalnego, Instytut Rozwoju Terytorialnego 2013