ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2003
Seria: TRANSPORT z. 47 Nr kol. 1586

Simon WAINAINA[1]

PROBABILISTYCZNE MODELE WYBORU ŚRODKÓW TRANSPORTU W ŁAŃCUCHACH AKTYWNOŚCI

Streszczenie. Referat jest próbą stworzenia dynamicznych modeli probabilistycznych dziennej zmiany popytu na środki lokomocji w miarę wydłużania się łańcucha aktywności. Aby to realizować, analizowany był równocześnie sekwencyjny wybór aktywności i środka lokomocji przy użyciu danych z kompleksowych badań ruchu w Siemianowicach Śląskich, Katowicach i Poznaniu. Przyjęty model próbuje wyjaśniać poziom popytu na środki lokomocji pod względem zbiorów związków strukturalnych zawierających dwa zbiory zmiennych objaśnianych: potrzebę użycia tego samego środka lokomocji w następnych stanach w łańcuchu aktywności albo potrzebę użycia różnych środków lokomocji w następnych stanach w łańcuchu aktywności.

MODE CHOICE PROBABILISTIC MODELS IN ACTIVITY CHAINS

Summary. This paper is aimed at developing dynamic probabilistic models of daily changes in demand for passenger transportation modes as the activity chain lengthens. To accomplish this, simultaneous sequential choice of activity and mode of transportation are analysed by use of comprehensive travel surveys conducted in Siemianowice Sląskie, Katowice and Poznan towns in Poland. The models therefore attempt to explain the level of demand for each mode of transport in terms of sets of structural relationships involving two sets of explanatory variables: the need of the same mode at the next states in activity chain or the need of a different mode at the next state in activity chain.

1. WPROWADZENIE

Ujęcie zachowań komunikacyjnych jako łańcuchów aktywności opisuje, jaki rodzaj aktywności wybierają ludzie (np. gdzie, kiedy, jak długo, z kim, jakie wybiorą przy tym środki transportu) oraz w jaki sposób ta aktywność jest planowana przy założeniu miejsca oraz atrybutów potencjalnych celów, stanu systemu transportowego, atrakcyjności programu urbanistycznego i charakterystyki gospodarstwa domowego, w tym osoby odbywającej podróż. Pojedyncze gospodarstwa domowe i ich członkowie są traktowani jako jednostki behawioralne, które stanowią źródło udziału w aktywnościach. Wybory aktywności członków gospodarstwa domowego są dyktowane przez zbiór uwarunkowań, które obejmują związki rodzinne w gospodarstwie domowym, oraz dostępne zasoby (w tym środki finansowe). Podróż jest popytem będącym konsekwencją udziału w aktywnościach, które są oddalone od

[1] Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. (+48 12 6281278), simon@transys.wil.pk.edu.pl

siebie zarówno przestrzennie, jak i czasowo. Łańcuch aktywności określony jest chronologiczną sekwencją miejsc przebywania i działania w cyklu dobowym, przy czym pierwsza i ostatnia aktywność jest realizowana w tym samym miejscu. Na tym polega różnica w stosunku do podejścia klasycznego, ponieważ podstawowym modułem zachowania komunikacyjnego nie jest pojedyncza podróż, lecz dobowy łańcuch podróży łączący wszystkie aktywności. Łańcuch zawiera sekwencję trzech lub więcej aktywności. W przypadku gdy w sekwencji aktywności pojawia się ponownie aktywność „dom", wówczas zamyka to kolejny cykl łańcucha. Łańcuch podróży tworzony jest przez ogniwa łączące poszczególne zmiany aktywności, o wielu przerwach w podróży, wynikających z realizacji różnych celów podróży. Identyfikacja tych łańcuchów wymaga zebrania danych o wszystkich aktywnościach wykonanych przez podróżujących w ciągu dnia, wraz z dokładnymi danymi o charakterystyce podróżującego i cechach jego gospodarstwa domowego.

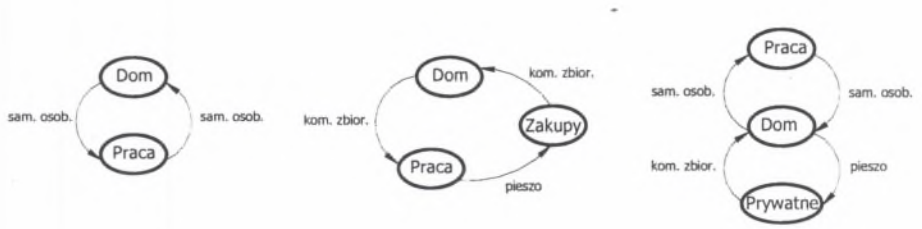
Prognozowanie popytu w modelach klasycznych nie daje zadowalających wyników. Decyzja co do liczby podróży do wykonania w ciągu dnia musi być poprzedzona decyzją, jakie aktywności ma dana osoba do zrealizowania oraz gdzie i w jaki sposób ma tam dojechać. Te względy spowodowały m.in. rozwój i zastosowanie nowego podejścia do modelowania podróży – tzw. modeli bazujących na aktywnościach, rozumianych jako wszystkie formy zajęć osoby poza miejscem zamieszkania. Zakłada się, że poszczególne podróże danej osoby są wzajemnie zależne, gdyż ich krańcami jest ta sama aktywność (np. podróż z domu do pracy oraz podróż z pracy do usług; praca jako aktywność jest końcem jednej podróży, a także początkiem następnej). Kolejność podejmowania decyzji przez podróżującego jest wynikiem procesu ciągłego i prowadzi do powstawania łańcucha podróży w miejscach zmian wykonywanych aktywności.

Zaletą tych modeli jest odwzorowanie popytu na transport w sposób integralny. Modele łańcuchów aktywności wykazują dużą wrażliwość na zmiany spowodowane przez politykę transportową. Jest to zaleta godna potencjalnego wykorzystania, jednakże tworzenie modeli łańcuchów aktywności wymaga dodatkowych kosztów, gdyż dotychczas zebrane dane o podróżach przestają być wystarczające. W szczególności konieczne jest uzyskanie informacji o sekwencji realizowanych aktywności, a także przewidywanie czasu podejmowania decyzji oraz czasu trwania aktywności. Model bazujący na aktywności stara się wniknąć w mechanizm przyczynowy podróżowania, poprzez analizę zachowań osób będących faktycznymi bądź potencjalnymi podróżnymi. W ostatnich latach doszło do znaczących zmian w strukturze aktywności wykonywanych przez poszczególne osoby w gospodarstwie domowym. Dodatkowo pojawiło się wiele współzależności w zachowaniach komunikacyjnych członków gospodarstwa domowego. Zmiany te według [7] dotyczą: wzrostu liczby jednoosobowych gospodarstw domowych, zmniejszającej się liczby dzieci, wzrostu liczby kobiet pracujących poza gospodarstwem domowym i wzrostu liczby kobiet stanowiących głowy rodziny. Zatem konieczne jest uwzględnienie tych czynników w procedurach modelowania podróży.

Problem modelowania łańcuchów podróży (wynikających z łańcuchów aktywności) był wielokrotnie podejmowany i prezentowany (np. w [1], [2], [3] i [7]), w tym analizowano dużo czynników wpływających na wybór miejsc wykonania aktywności. Zastosowanie ujęcia stochastycznego (np. w [4] i [6]) daje zbliżone wyniki do podejścia deterministycznego. Nie spotyka się natomiast ujęcia, jak się wydaje najbardziej „zadaniowego", polegającego na równoczesnym uwzględnieniu łańcuchów aktywności i łańcuchów środków transportu (w tym preferencji w wyborze środka lokomocji) dla jednorodnych grup zachowań komunikacyjnych. Próbę takiego podejścia przedstawia niniejszy referat.

2. DECYZJA WYBORU CAŁODOBOWEJ AKTYWNOŚCI I ŚRODKÓW LOKOMOCJI

W modelu stochastycznym uwzględnia się losowy charakter decyzji dotyczącej podróżny. Rysunek 1 zakłada, że podróżny zaczyna dzień w domu po pewnym czasie pobytu w tym miejscu. Zwykle w godzinach porannych podejmuje się decyzję, czy wziąć udział w aktywności poza domem czy nie. Jeśli zostanie wybrana aktywność poza domem, podróżny musi zdecydować, czy realizuje sztywny czy elastyczny plan aktywności. Przy wyborze planu osoba napotyka na ograniczenia przestrzenne, które musi pokonać (poprzez wybór środka lokomocji), aby móc wziąć udział w aktywności. Po dojeździe do celu danym środkiem lokomocji, decyzja o czasie pobytu jest uzależniona od stopnia elastyczności w doborze czasu trwania realizowanej aktywności. Po wzięciu udziału w pierwszej aktywności (sztywna, np. praca najemna lub elastyczna, np. zakupy), osoba może zdecydować, czy wrócić do domu (wybór środka lokomocja) – rys. 1a, 1c - czy wziąć udział w innej aktywności poza domem (poprzez wybór środka i celu) – rys. 1b. Jeżeli osoba wraca do domu i wychodzi jeszcze raz - rys. 1c, cały proces zaczyna od nowa - cykl danego łańcucha zamyka się, a zaczyna się drugi.



a) 2 ogniwa b) 3 ogniwa c) 4 ogniwa

Rys. 1. Przykładowa struktura połączeń łańcuchów aktywności
Fig. 1. An example of structural connections in activity chains

3. RÓWNOCZESNE UWZGLĘDNIENIE WYBORU ŚRODKA LOKOMOCJI I AKTYWNOŚCI

Podstawowa koncepcja w modelowaniu podziału zadań przewozowych z uwzględnieniem łańcuchów aktywności zakłada, że dostępne środki lokomocji wybrane w pierwszym ogniwie aktywności (tj. z domu) są podzielone na dwie grupy: wymienne (np. pieszo, pasażer samochodu osobowego, komunikacja zbiorowa) i niewymienne środki lokomocji (np. kierowca sam. osobowego, rower). Jeśli został wybrany wymienny środek transportu dla pierwszej aktywności, wybór środka lokomocji jest również dokonany dla kolejnych ogniw łańcucha. Natomiast, jeśli niewymienny środek lokomocji został wybrany w pierwszym ogniwie, to wtedy nie dokonuje się wyboru środka dla pozostałych ogniw aktywności. Model ten próbuje uchwycić zmienność w czasie charakteru popytu na środki lokomocji, spowodowaną wyborem rodzaju aktywności. Przeanalizowano wszystkie aktywności, które zostały wykonane przez osoby, aby sprawdzić, czy pierwszy środek, który został wybrany do miejsca wykonywania aktywności, został zachowany czy zmieniony w

miarę wydłużenia łańcucha aktywności. Stworzono model dynamicznych zmian popytu na środki lokomocji i przy użyciu testów statystycznych sprawdzano, czy badaną hipotezę propozycję przyjąć czy odrzucić. Przyjęty model próbuje wyjaśniać poziom popytu na środki lokomocji pod względem zbiorów związków strukturalnych zawierających dwa zbiory zmiennych objaśnianych:

- Potrzeba użycia tego samego środka lokomocji w następnych stanach w łańcuchu aktywności. Diachroniczny obraz poziomu popytu na ten sam środek w różnych momentach czasowych ujmuje stabilność korzystania ze środka lokomocji w ciągu dnia.
- Potrzeba użycia różnych środków lokomocji w następnych stanach w łańcuchu aktywności. Ujmuje to systematyczne dostosowywanie się popytu na środki lokomocji w miarę wydłużenia się łańcucha aktywności.

Sekwencyjny wybór aktywności i środka lokomocji został równocześnie przeanalizowany przy użyciu danych z kompleksowych badań ruchu z trzech miast: Katowic, Siemianowic Śląskich i Poznania. Ankietowanie mieszkańców w ramach badań w Katowicach i Siemianowicach Śląskich zostało przeprowadzone w okresie od 22 listopada do 2 grudnia 1998 roku. Zakres zbieranych informacji obejmował między innymi – dane o wszystkich aktywnościach w dniu objętym ankietowaniem przez każdego członka gospodarstwa domowego w wieku powyżej 6 lat (to jest zdolnego do odbywania samodzielnych podróży), z określeniem lokalizacji i rodzaju punktów początkowych i końcowych podróży, godzin odbycia i czasów trwania podróży, a także wykorzystywanych środków lokomocji i tras przejazdu. Łącznie przeankietowano w Katowicach 3074 gospodarstwa domowe (ogółem - 6399 osób) i w Siemianowicach Śląskich 1357 gospodarstw domowych (ogółem 2654 osoby), a efektywnie zrealizowana wielkość próby wyniosła 2% dla Katowic i 4% dla Siemianowic Śląskich. W Poznaniu, kompleksowe badanie ruchu zostało przeprowadzone w terminie od 3 do 15 kwietnia 2000 roku, a łącznie przeankietowano 8023 gospodarstwa domowe (ogółem – 25 775 osób).

Wypełnione ankiety zostały przeanalizowane szczegółowo - przebadano każdy dzienny łańcuch aktywności ankietowanego i sprawdzono, jaki środek lokomocji był wybierany w każdym ogniwie aktywności. Jeśli rozpatrywany środek lokomocji nie był wykorzystywany w ciągu dnia, to taką osobę określono jako *nieużytkownik*. Jeśli środek lokomocji był zmieniany w trakcie wykonywania łańcucha, to osobę określono jako *zmiennik*. Jeśli środek lokomocji w ogóle nie był zmieniany, osobę określono jako *użytkownik*. Tablica sekwencji liczebności obserwowanych będzie miała 4 wiersze dla łańcucha dwuogniwowego (tablica 1). Łańcuch trójogniwowy będzie zawierał 8 pozycji.

Tablica 1

Przykład tablicy liczebności obserwowanych korzystających ze środka lokomocji dla dwuogniwowego łańcucha aktywności

Lp.	Środek lokomocji (0=nie/1=tak)		Korzystanie ze środka lokomocji
	Podróż 1	Podróż 2	
1	0	0	**nigdy** nie korzystano z tego środka w tym dniu (*nieużytkownik*)
2	0	1	**zaczął** korzystać z określonego środka po pierwszej podróży (*zmiennik*)
3	1	0	**zrezygnował** z danego środka po pierwszej podróży (*zmiennik*)
4	1	1	**zawsze** korzystał z tego środka (*użytkownik*)

Oddzielne tabele zostały skonstruowane dla wszystkich kombinacji środków lokomocji. Dla łańcuchów dwuogniwowych tabele zostały pogrupowane dla aktywności sztywnych i elastycznych. Przesłanki teoretyczne i analizy empiryczne sugerują, że oddzielne modelowanie sztywnych i elastycznych aktywności może ostatecznie doprowadzić do lepszego zrozumienia ograniczeń przestrzennych i czasowych (sztywne aktywności są ograniczone zarówno czasowo, jak i przestrzennie, podczas gdy aktywności elastyczne mogą nie być ograniczone).

Częstości występowania każdego z 5 środków lokomocji zostały przeanalizowane niezależnie, aby wyjaśnić wzajemną zależność w korzystaniu ze środka lokomocji, przy realizacji różnych łańcuchów aktywności. Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego artykułu nie pokazano wszystkich wyników; pełne wyniki badań zestawiono w [5].

Jak widać w tablicy 2 (dla sztywnego łańcucha aktywności) i tablicy 3 (dla elastycznego łańcucha aktywności), kierowcy samochodu osobowego w Poznaniu przejawiają najsilniejszą tendencję do korzystania z tego samego środka lokomocji w całym dwuogniwowym łańcuchu aktywności. Jednak można zauważyć, że więcej kierowców samochodów osobowych zmieniało ten środek w przypadku sztywnego łańcucha aktywności niż w przypadku łańcucha elastycznego. Jest to spowodowane faktem, iż niektórzy kierowcy mają do dyspozycji samochód służbowy, który podejmują i zostawiają w firmie. Rodzaj wykonanej aktywności miał wpływ na wybór środka lokomocji i można to zauważyć we wszystkich miastach. Środek lokomocji „pieszo" był częściej wykorzystywany w Siemianowicach Śląskich i Katowicach niż w Poznaniu, w którym najczęściej wybierano samochód osobowy. We wszystkich miastach komunikacja zbiorowa była najczęściej wykorzystana tylko jako pierwszy albo tylko jako drugi środek lokomocji.

Tablica 2

Tablica częstości korzystania ze środka lokomocji na przykładzie sztywnego łańcucha aktywności „Dom – Praca – Dom" na podstawie próby badania ankietowego w Poznaniu

Łańcuch aktywności	Sekwencja korzystania ze środka lokomocji			
Dom - Praca - Dom	**00**	**01**	**10**	**11**
Pieszo	4407	253	164	414
Kierowca s.o.	3237	14	19	1968
Pasażer s.o.	4609	109	124	396
Tramwaj	3933	393	262	650
Autobus	4039	214	395	590

Tablica 3

Tablica częstości korzystania ze środka lokomocji na przykładzie dla elastycznego łańcucha aktywności „Dom – Zakupy – Dom" na podstawie próby badania ankietowego w Poznaniu

Łańcuch aktywności	Sekwencja korzystania ze środka lokomocji			
Dom - Zakupy - Dom	**00**	**01**	**10**	**11**
Pieszo	724	30	20	247
Kierowca s.o.	754	1	3	263
Pasażer s.o.	866	6	4	145
Tramwaj	883	25	19	94
Autobus	858	21	34	108

4. MODELE LOGARYTMO-LINIOWE DO ESTYMACJI PRAWDOPODOBIEŃSTWEM WYBORU ŚRODKA LOKOMOCJI W KOLEJNYCH PODRÓŻACH

Tabele liczebności obserwowanych zostały przeanalizowane przy użyciu modeli logarytmo-liniowych. Takie modele są stosowane do dekompozycji tablic kontygencyjnych na składniki ujmujące poszczególne procesy probabilistyczne, w celu rozpoznania logicznej struktury tabeli. Modele logarytmo-liniowe były wcześniej stosowane przez Goloba [2] do estymacji zmian w funkcji czasu wielomodalnego popytu na podróż. Program STATISTICA ma moduły logarytmo-liniowe i dzięki niemu można przeglądać tablicę kontygencyjną w najbardziej wygodny sposób, tj. wycinek po wycinku, wedle wyboru użytkownika. W szczególności test chi-kwadrat pozwala wyliczać statystyczną istotność wpływu różnych czynników, które zostały zestawione w tablicy. Jeśli w tablicy kontygencyjnej występują więcej niż dwa czynniki, program pozwala utworzyć tablicę dwudzielczą dla każdego przedziału wartości pozostałych czynników. Za pomocą analizy logarytmo-liniowej można też analizować tablice niekompletne, to znaczy zawierające zera strukturalne. Zera strukturalne (w odróżnieniu od losowych) - to komórki tabeli, które są puste z założenia. Pojęcie logarytmo-liniowe bierze się stąd, że poprzez transformacje logarytmiczne można przedefiniować problem analizy wielodzielczych tablic kontygencyjnych w sposób bardzo podobny do analizy wariancji. W szczególności można utworzyć wielodzielczą tablicę liczebności jako odzwierciedlenie efektów głównych i efektów interakcyjnych, które dodają się do siebie w sposób liniowy, tworząc tabelę liczebności obserwowanych. Istotność statystyczną dobroci dopasowania konkretnego modelu można ocenić za pomocą testu chi-kwadrat. Program obliczy dwa rodzaje statystyki chi-kwadrat: tradycyjną chi-kwadrat Pearsona oraz statystykę chi-kwadrat wg największej wiarygodności. W praktyce interpretacja i znaczenie obu statystyk chi-kwadrat są w zasadzie identyczne. Oba testy służą do oceny, czy oczekiwane - zgodnie z odpowiednim modelem - liczebności w komórkach tablicy różnią się istotnie od obserwowanych liczebności komórek. Jeśli tak, to badany model jest odrzucany.

Przeprowadzono porównanie liczebności obserwowanych dla danego środka lokomocji i dla danego miasta, równocześnie uwzględniając *użytkowników* i *zmienników* dla danego łańcucha aktywności. *Nieużytkownicy* zostali pomijani, natomiast *zmiennicy* w pierwszej i drugiej podróży zostali zakwalifikowani do jednej grupy. Zatem, test hipotezy zastosowano dla *zmienników* i *użytkowników* dla poszczególnych rodzajów łańcucha aktywności oraz dla każdego z analizowanych miast. Wynik testu pokazał, że dla wszystkich badanych miast zachowania komunikacyjne przy wyborze środka lokomocji zależą od rodzaju łańcucha.

5. PRAWIDŁOWOŚCI WYKORZYSTANIA ŚRODKA LOKOMOCJI W POSZCZEGÓLNYCH RODZAJACH ŁAŃCUCHÓW

Ponieważ obserwowana liczebność w łańcuchach o długości powyżej sześciu ogniw była niewielka, zdecydowano analizować prawdopodobieństwo wyboru środka lokomocji tylko do szóstego ogniwa. W każdym ogniwie obliczone zostało prawdopodobieństwo wyboru środka lokomocji. Następnie sporządzono wykresy tych prawdopodobieństw, a stosując program STATISTICA dopasowano funkcję wg rozkładu wykładniczego. Próba dopasowania innych funkcji rozkładów nie powiodła się. W ten sposób uzyskano zależności

o tendencji bądź zmniejszającej, bądź zwiększającej prawdopodobieństwo wyboru środka lokomocji w miarę wydłużania łańcucha aktywności. Estymowany model ma ogólną postać:

$$P(\text{śr. lok.}) = B * e^{C*x} + \varepsilon, \qquad (1)$$

gdzie:

P (śr. lok.) – prawdopodobieństwo wyboru określonego środka lokomocji w każdym ogniwie aktywności,

B i C – kalibrowane parametry modelu,

x – liczba kroków w łańcuchu aktywności (równoważna liczbie podróży),

ε - błąd przypadkowy.

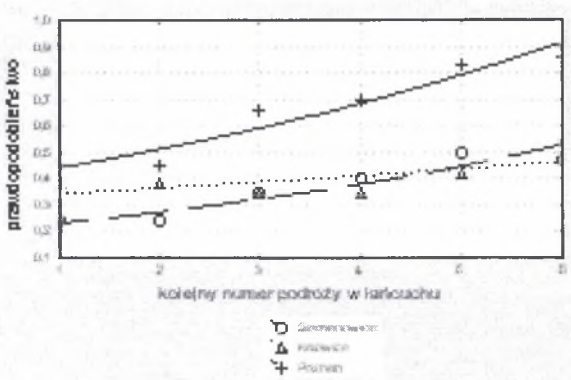
Model wykładniczy wyboru samochodu osobowego w łańcuchu aktywności w odpowiednich miastach jest następujący:

$P(\text{s.o.}) = 0{,}198 * e^{0.164*x} + \varepsilon$ dla Siemianowic Śląskich,

$P(\text{s.o.}) = 0{,}324 * e^{0.060*x} + \varepsilon$ dla Katowic,

$P(\text{s.o.}) = 0{,}384 * e^{0.145*x} + \varepsilon$ dla Poznania,

co graficznie przedstawiono na tle wyników ankietowania na rys. 2.



Rys. 2. Wykorzystanie samochodu osob. w Siemianowicach Śląskich, Katowicach i Poznaniu
Fig. 2. The usage of private car in Siemianowice Śląskie, Katowice and Poznań

Dodatni parametr C wskazuje, że prawdopodobieństwo wyboru samochodu osobowego we wszystkich miastach zwiększa się w miarę wzrostu liczby aktywności do zrealizowania przez osobę w ciągu dnia. Dla x=2 (typowy łańcuch aktywności), prawdopodobieństwo wyboru samochodu osobowego wynosi 0,275 - w Siemianowicach Śląskich, 0,365 - w Katowicach i 0,513 - w Poznaniu. Dla 3-ogniwowego łańcucha aktywności prawdopodobieństwo wyboru samochodu osobowego jest większe. W Poznaniu wybór tego środka jest ponadto większy niż w pozostałych miastach, co tłumaczyć można większym wskaźnikiem motoryzacji.

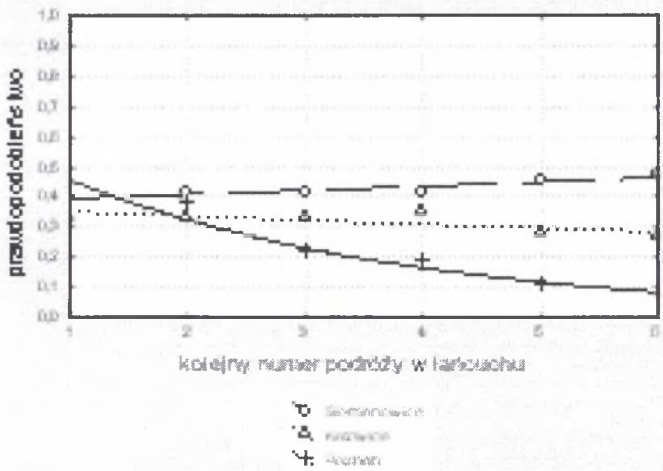
W przypadku środka lokomocji *pieszo* modele wykładnicze wyboru są następujące:

$P(\text{pieszo}) = 0{,}383 * e^{0.032*x} + \varepsilon$ dla Siemianowic Śląskich,

$P(\text{pieszo}) = 0{,}367 * e^{-0.042*x} + \varepsilon$ dla Katowic,

$P(\text{pieszo}) = 0{,}639 * e^{-0.339*x} + \varepsilon$ dla Poznania,

i graficznie zostały przedstawione na rys 3.



Rys. 3. Wykorzystanie środka transportu pieszo w Siemianowicach Śląskich, Katowicach i w Poznaniu
Fig. 3. The usage of mode of transport walk in Siemianowice Śląskie, Katowice and Poznań

Ujemny parametr C dla Katowic i Poznania pokazuje, że prawdopodobieństwo wyboru środka lokomocji *pieszo* zmniejsza się w miarę zwiększenia liczby aktywności realizowanych przez osobę w ciągu dnia. Natomiast dla Siemianowic Śląskich wykazano odwrotny kierunek zachowań komunikacyjnych, gdzie parametr C jest dodatni, więc tendencja do korzystania z podróży pieszej zwiększa się w miarę wzrostu liczby aktywności wykonywanych w ciągu dnia. Ogólnie można stwierdzić, że prawdopodobieństwo wyboru środka „pieszo" zależy od wielkości miasta: im większe miasto, tym mniejsze prawdopodobieństwo wyboru tego środka lokomocji pieszo w całym łańcuchu aktywności.
W przypadku komunikacji zbiorowej modele wykładnicze wyboru są następujące:

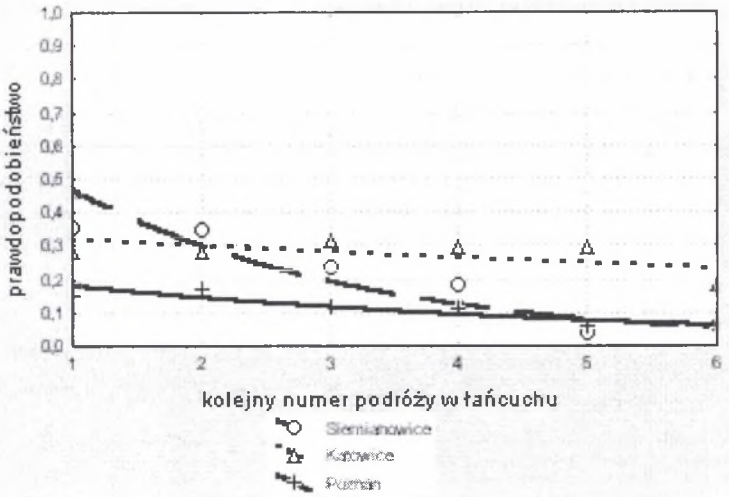
$$P(k.z.) = 0{,}736 * e^{-0.446*x} + \varepsilon \text{ dla Siemianowic Śląskich,}$$

$$P(k.z.) = 0{,}340 * e^{-0.064*x} + \varepsilon \text{ dla Katowic,}$$

$$P(k.z.) = 0{,}224 * e^{-0.220*x} + \varepsilon \text{ dla Poznania,}$$

co graficznie zostało przedstawione na rys. 4.

Ujemny parametr C dla wszystkich miast pokazuje, że prawdopodobieństwo wyboru komunikacji zbiorowej zmniejsza się w miarę zwiększenia liczby aktywności realizowanej przez osobę w ciągu dnia, przy czym w Siemianowicach Śląskich przebieg funkcji jest bardziej stromy niż w pozostałych dwóch miastach. Ogólnie można stwierdzić, że przebieg funkcji opisującej prawdopodobieństwo wyboru komunikacji zbiorowej w trakcie wykonania łańcucha aktywności jest we wszystkich przebadanych miastach zupełnie odmienny niż dla samochodu osobowego.



Rys. 4. Wykorzystanie transportu zbior. w Siemianowicach Śląskich, Katowicach i w Poznaniu
Fig. 4. The usage of public transport in Siemianowice Śląskie, Katowice and Poznań

6. WNIOSKI

- Probabilistyczne ujęcie zachowań komunikacyjnych, w tym wyboru środka lokomocji w kolejnych ogniwach sekwencji aktywności tworzących łańcuchy podróży, dobrze odzwierciedla charakter badanego procesu.
- Korzystanie z samochodu osobowego przez kierowcę w pierwszej podróży warunkuje bardzo wysokie prawdopodobieństwo wykorzystania tego środka transportu w całym łańcuchu aktywności. Natomiast pasażerowie samochodu osobowego z reguły zmieniają ten środek transportu na inny w kolejnej podróży: najbliższej lub po niej następującej.
- Zmiana środka lokomocji w łańcuchu podróży jest częstsza w Poznaniu niż w Siemianowicach Śląskich i w Katowicach. Dla łańcuchów aktywności „Dom – Praca – Dom" jest we wszystkich miastach wyraźnie widoczna tendencja do zmiany środka transportu. Dla pozostałych rodzajów łańcuchów, a zwłaszcza „Dom – Cele prywatne – Dom", „Dom - Zakupy – Dom", zmiana środka lokomocji następuje bardzo rzadko.
- Zastosowany test chi-kwadrat wykazał, że nie występuje zależność pomiędzy częstością korzystania z określonego środka transportu a wielkością miasta.
- W miarę wydłużania się łańcucha aktywności zwiększa się w badanych miastach korzystanie z samochodu osobowego. Dla podróży pieszych zależność jest odwrotna (z wyjątkiem Siemianowic Śląskich). Im większe miasto, tym mniej podróży jest wykonywanych pieszo w miarę wydłużania się łańcucha aktywności. Udział komunikacji zbiorowej w podróżach maleje w miarę jak łańcuch aktywności wydłuża się. Ten spadek jest wyraźniej widoczny w Siemianowicach Śląskich niż w pozostałych badanych miastach.

Literatura

1. Adler T., Ben-Akiva M. A.: Theoretical and Empirical Model of Trip Chaining Behaviour, Transportation Research B vol. 13B No. 3, pp. 243-257, 1978.
2. Golob T.F. - Meurs H.: A Structural Model of Temporal Change In Multi-modal Travel Demand, Transportation Research A vol. 21A No. 6, 1987.
3. Jang Y.T.: Casual Relationship Among Travel Mode, Activity and Travel Patterns, Journal of Transportation Engineering vol. 129, No.1, Jan./ Feb.2003.
4. Lerman S. R.: The Use of Disaggregate Choice Models in Semi-Markov Process Models of Trip Chaining Behaviour, Transportation Science, Vol. 13, No. 4, 1979.
5. Wainaina S.: Modal Split Modelling in Urban Travels with Consideration of Activity Chains, Praca Doktorska, Politechnika Krakowska, 2002.
6. Wainaina S., Richter M.: Stochastic Approach in Modelling Travellers Behaviour as a Result of Activity Chains, Archives of Transport; Quarterly, volume 14, issue 2; Polish Academy of Sciences - Committee of Transport Warsaw 2002.
7. Wegmann J.F., Jang Y.T.: Trip Linkage Patterns for Workers; Journal of Transportation Engineering vol. 124, No.3, May/ June 1998.

Abstract

The use of unexchangeable mode (private car) in the first trip determines the further usage of this mode with very high probability. On the other hand, car passengers and public transport passengers are likely to change the mode either after the first or the second trip. It was shown that the modal stability (homogeneity) is stronger for not exchangeable modes and weak for exchangeable modes. In Poznan town, there is greater mode changeability than in Siemianowice Śląskie and Katowice. In the activity chain *Home-Work-Home*, there is a more visible change of all modes of transport than in the rest of activity chain i.e. *Home-Recreation-Home*, *Home-Shopping –Home* where only slight changes of transport modes was noted. The results of chi-square test proved that, in most cases there was independence between the frequencies of individuals who use only one mode of transport and the size of the city. Tendency to use private car as the activity chain becomes longer is observed in the studied towns. For the walk as a mode of transport, the usage decreases as the activity chain increases and with only slight increase in the case of Siemianowice Śląskie. The bigger the town, the less the tendency of walking as the chain become longer. For public transport the usage also decreases as the chain becomes longer. This is very strong in Siemianowice Śląskie as compared to the other towns.