

## ZASTOSOWANIE MODELI LOGITOWYCH DO OCENY SKUTECZNOŚCI INSTRUMENTÓW ZARZĄDZANIA MOBILNOŚCIĄ

---

Katarzyna Nosal

Katedra Systemów Komunikacyjnych, Politechnika Krakowska, 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, tel. +48 12 628 2178, e-mail: knosal@pk.edu.pl

---

*Streszczenie. Niniejszy artykuł posiada charakter przeglądowy. W celu przypomnienia procesu modelowania wyborów dyskretnych, zaprezentowano ich ramy teoretyczne oraz konstrukcję funkcji użyteczności w oparciu o przykładowe parametry związane z procesem wyboru środka transportu. Następnie, opierając się na przykładach odnalezionych w literaturze zagranicznej, przedstawiono zastosowania modeli logitowych wielomianowych i zagnieżdżonych do oceny efektywności instrumentów zarządzania mobilnością.*

*Słowa kluczowe: zarządzanie mobilnością, ocena instrumentów zarządzania mobilnością, modele logitowe*

### 1. Wprowadzenie

Wiele procesów i zjawisk społecznych posiada charakter jakościowy – zmienne opisujące je, zarówno te zależne, jak i niezależne, przyjmują skończoną liczbę wartości. Zjawiska tego typu najczęściej dotyczą pewnych jednostek ekonomicznych, np. gospodarstw domowych, ale i pojedynczych jednostek, które dokonują codziennych wyborów spośród zbioru skończonych możliwości, przy czym zbiór ów składa się z conajmniej dwóch alternatyw. Przykładem takiego zjawiska może być proces podejmowania decyzji związanej z wyborem środka transportu – jednostka zastanawiając się nad środkiem lokomocji, którym odbędzie podróż, ma zazwyczaj do wyboru kilka opcji: samochód osobowy, środki transportu publicznego, niekiedy podróż pieszą lub rowerową, etc. Przedłożenie jednej z dostępnych alternatyw nad pozostałe uzależnione jest od różnorodnych czynników opisujących każdą z możliwości, dostępną dla osoby podejmującej decyzję. W przypadku rozważań dotyczących środka transportu takimi zmiennymi mogą być: czas, koszt, czy komfort podróży, natomiast modele wykorzystujące te zmienne i pozwalające określić prawdopodobieństwo podjęcia przez jednostkę określonej decyzji to modele logitowe i probitowe, zwane również modelami wyboru dyskretnego.

Mając na uwadze problemy dotyczące współczesne miasta, takie jak: kongestia komunikacyjna, problemy z parkowaniem, zanieczyszczenie powietrza, wypadki, etc., będące skutkiem wzrastającej motoryzacji, dąży się do ograniczania ruchu

samochodowego, m.in. poprzez wpływanie na wybory dotyczące wyboru środka lokomocji. Służy temu m.in. koncepcja zarządzania mobilnością. Zarządzanie mobilnością to ogół działań związanych z planowaniem, organizowaniem, koordynowaniem i kontrolowaniem przemieszczania się ludzi, mających na celu wpływanie na postawy, wybory i zachowania komunikacyjne, a tym samym kształtowanie popytu na alternatywne, w stosunku do samochodów osobowych, środki transportu (transport publiczny, komunikacja piesza i rowerowa, czy podróżowanie w tzw. systemach carpooling i carsharing). Zmianie postaw i zachowań komunikacyjnych służy szereg instrumentów zarządzania mobilnością, m.in. instrumenty związane z koordynacją i organizacją usług transportowych, polityką parkingową, wdrażaniem rozwiązań fiskalnych oraz z działaniami informacyjnymi, edukacyjnymi i marketingowymi. Środki przeznaczane na realizację działań zarządzania mobilnością pochodzą zarówno z funduszy publicznych, jak i prywatnych, a w obydwu przypadkach pożądanym efektem jest uzyskanie jak najkorzystniejszego bilansu korzyści, wynikających z zastosowania instrumentów, do poniesionych kosztów ich realizacji. Dlatego tak ważną kwestią jest ocena pozwalająca odpowiedzieć na pytanie, które ze stosowanych instrumentów zarządzania mogą okazać się najskuteczniejsze i zapewnić najlepsze efekty. Literatura zagraniczna wskazuje, jako jedno z narzędzi wspomagających ocenę skuteczności tego typu instrumentów, metodykę modeli logitowych. Za ich pomocą pokazać można, jakie jest prawdopodobieństwo wyboru konkretnego środka transportu, spośród zbioru dostępnych alternatyw, jeśli na poprawę funkcjonowania oraz sposób podróżowania tym środkiem lokomocji wpływamy wybranymi instrumentami zarządzania mobilnością, co wiąże się z ingerencją w wartości zmiennych określających alternatywę [1, 2, 3, 6, 7].

Niniejszy artykuł posiada charakter przeglądowy – w celu przypomnienia procesu modelowania wyborów dyskretnych, zaprezentowano ich ramy teoretyczne, a następnie przedstawiono przykłady zastosowania modeli logitowych do oceny efektywności instrumentów zarządzania mobilnością, odnalezione w literaturze zagranicznej.

## 2. Ramy teoretyczne modelowania wyborów dyskretnych

Modelowanie wyborów dyskretnych wymaga odniesienia się do następujących kwestii [4,5]:

- Decydent i jego charakterystyka – modelowanie wyborów dyskretnych dotyczy decyzji podejmowanych przez indywidualne podmioty, rozumiane jako: gospodarstwo domowe, rodzina, firma, stowarzyszenie, bądź pojedyncza osoba (np. osoba realizująca podróż). Istotną częścią procesu budowy modelu jest określenie charakterystyk socjoekonomicznych badanych decydentów (jednostek), a co za tym idzie populacji. Najczęściej są to informacje o wieku, płci, dochodzie, posiadaniu samochodu, etc.

- Zbiór dostępnych alternatyw – w celu dokonania wyboru decydent określa zbiór dostępnych alternatyw, zwany zwyczajowo zbiorem możliwych wyborów. Zbiór ten musi posiadać conajmniej dwie alternatywy, które wzajemnie się wykluczają. Jednostka wybiera zawsze tylko jedną alternatywę ze zbioru wszystkich dostępnych opcji. W procesie modelowania zagadnień transportowych problem decyzyjny może dotyczyć wyboru środka transportu – w tym przypadku zbiór dostępnych alternatyw zawiera wszystkie dostępne formy lokomocji, którymi decydenci mogą odbywać podróże realizowane w analizowanym obszarze: samochód osobowy, autobus, tramwaj, metro, rower, podróże piesze, etc.
- Zmienne określające dostępne alternatywy – alternatywom składającym się na zbiór możliwych wyborów przypisuje się atrybuty charakteryzujące je i rzutujące na proces podejmowania decyzji. Przykładowo, w odniesieniu do wyborów dotyczących środka transportu atrybutami mogą być: czas, koszt, komfort poroży, etc.
- Zasada wyboru – w procesie dokonywania wyboru, decydent porównuje wszystkie dostępne alternatywy (np. dostępne środki transportu) i wybiera najlepszą, przynoszącą najwyższy poziom satysfakcji, to znaczy tę, która charakteryzuje się największą tzw. funkcją użyteczności, uwzględniająca m.in. charakterystyki socjoekonomiczne decydenta oraz atrybuty dostępnych alternatyw. Tym samym, zasada wyboru związana jest z maksymalizacją funkcji użyteczności. Problemem badawczy w modelowaniu wyborów dyskretnych jest budowa funkcji użyteczności dla rozpatrywanych alternatyw, natomiast celem analizy jest wyjaśnienie zachowania populacji (grupy jednostek), na które składa suma wyborów poszczególnych jednostek.

### 3. Konstruowanie funkcji użyteczności w oparciu o przykładowe parametry oraz zastosowanie modeli logitowych do pokazania prawdopodobieństwa wyboru środka transportu

Mając na uwadze wspomniane powyżej ramy teoretyczne modelowania wyborów dyskretnych, badając przykładowo kwestię wyboru środka transportu w drodze do pracy, przez decydentów – pracowników przedsiębiorstwa, w pierwszej kolejności zdefiniować należy zbiór dostępnych dwóch alternatyw, np. autobus i samochód osobowy, a więc zbiór  $C = \{autobus, samochód\}$  [4]. Następnym etapem jest identyfikacja czynników odpowiedzialnych za dokonywane wybory. W analizowanym przykładzie, decydent podejmując decyzję rozpatrywać może następujące cechy dostępnych środków lokomocji: czas i koszt podróży. Proces modelowania wymaga pomiaru preferencji, czyli określenia wpływu czasu i kosztu podróży danym środkiem transportu na wybór decydenta. Określenie preferencji odbywa się za pomocą badań ankietowych preferencji ujawnionych, bądź stwierdzonych. Na tym etapie analizy należy mieć na uwadze również następującą kwe-

ścię: w modelu obserwowane są wybory jednostek (suma wyborów to popyt), przy czym można mówić o wyborze:

- bezwarunkowym – nie uzależnionym od innych czynników, czy wcześniejszych wyborów i nie wymagającym założeń wstępnych,
- warunkowym – uwarunkowanym innym czynnikiem, np. koniecznością realizacji innych celów podróży; w przypadku tego rodzaju wyborów istotne jest zbadanie zależności o charakterze przyczynowo-skutkowym.

Podjmując próbę budowy funkcji użyteczności  $U$  dla zdefiniowanych wcześniej alternatyw (autobus czy samochód), przyjmujemy atrybuty dostępnych alternatyw związane z czasem oraz kosztem podróży [4]. Dla autobusu będą to przykładowo: czas dojazdu do przystanku, czas podróży autobusem, koszt podróży, natomiast dla samochodu: czas podróży samochodem oraz koszt parkingu. Przy początkowym założeniu, że funkcja posiada charakter liniowy, funkcję użyteczności dla autobusu można zapisać w następujący sposób:

$$U(\text{autobus}) = \alpha_1 * (\text{czas dojazdu do przystanku}) + \alpha_2 * (\text{czas podróży autobusem}) \quad (1)$$

Analogicznie, buduje się funkcję użyteczności dla samochodu.

Przy uwzględnieniu parametrów socjoekonomicznych decydentów, które mogą różnicować wybory (np. wiek, płeć, dochód, etc.), funkcja użyteczności dla autobusu przyjmuje postać:

$$U(\text{autobus}) = \alpha_1 * (\text{czas dojazdu do przystanku}) + \alpha_2 * (\text{czas podróży autobusem}) + \alpha_3 * (\text{koszt podróży/dochód}) + \dots \quad (2)$$

Wybór deterministyczny dla rozpatrywanego problemu badawczego wyglądałby następująco:

$$\begin{aligned} \text{Jeśli } U(\text{autobus}) - U(\text{samochód}) > 0, & \quad \text{prawdopodobieństwo (autobus)} = 1 \\ \text{Jeśli } U(\text{autobus}) - U(\text{samochód}) < 0, & \quad \text{prawdopodobieństwo (autobus)} = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Jednak konstruując funkcję użyteczności badacz musi być świadomym kilku faktów. Po pierwsze, różne jednostki charakteryzują różne preferencje, a więc różni decydenci mogą inaczej oceniać te same alternatywy. Analiza wyborów dyskretnych ma na celu wyjaśnienie różnicowania podejmowanych decyzji w populacji oraz identyfikację czynników, które determinują zarówno to zróżnicowanie, jak i same wybory. Należy pamiętać również o tym, że decydent jest świadomy, na jakiej podstawie dokonuje wyboru, natomiast badacz zna jedynie efekt końcowy. Dodatkowo, zazwyczaj nie bada się całej populacji, a tylko reprezentatywną próbę, co, pomimo faktu reprezentatywności, wiąże się z ryzykiem pewnej niedokładności i przekłada się na dodatkową wariancję błędu. Mając na uwadze powyższe, badacz musi się zmierzyć z problemem występowania nieobserwowanych czynników, które mają wpływ na wybór decydenta. Ze względu na ów komponent nieobserwowany  $\beta$  nie można opisywać funkcji użyteczności równaniem regresji

liniowej. Wybór decydenta ma charakter probabilistyczny, a funkcję użyteczności przedstawić można w następujący sposób:

$$U_i = V_i + B_i \quad (4)$$

gdzie:

$U_i$  - całkowita funkcja użyteczności związana z wyborem alternatywy  $i$ ,

$V_i$  - część obserwowana funkcji użyteczności (atrybuty alternatywy  $i$ , parametry socjoekonomiczne),

$\beta_i$  - komponent nieobserwowany

Przykładowo dla autobusu:

$$U(\text{autobus}) = \alpha_1 * (\text{czas dojścia do przystanku}) + \alpha_2 * (\text{czas podróży autobusem}) + \beta \quad (5)$$

Zakłada się, że obie składowe funkcji użyteczności  $V_i$  i  $\beta_i$  są niezależne i addytywne. Osoba budująca model wyboru posiada mniej informacji niż decydenci. Obserwując zrealizowane wybory i cechy alternatyw oraz charakterystyki decydentów może pomijać pewne istotne czynniki, a więc w rezultacie może ona posługiwać się jedynie prawdopodobieństwem wyboru. Prawdopodobieństwo, że jednostka  $n$  wybierze alternatywę  $i$  jest niemniejsze niż prawdopodobieństwo tego, że użyteczność przypisana tej alternatywie jest wyższa od użyteczności przypisanych pozostałym alternatywom:

$$P(Y=i) = Pr(U_{ni} > U_{nj} \quad \forall i \neq j) \quad (6)$$

W rzeczywistości nie obserwuje się jednak użyteczności, ale atrybuty alternatyw i decydenta.

$$\begin{aligned} P(Y=i) &= Pr(V_{ni} + \beta_{ni} > V_{nj} + \beta_{nj} && \forall i \neq j) \\ P(Y=i) &= Pr(V_{ni} - V_{nj} > \beta_{nj} - \beta_{ni} && \forall i \neq j) \end{aligned} \quad (7)$$

Po powyższych przekształceniach, prawdopodobieństwo wyboru przez jednostkę alternatywy  $i$  jest równe prawdopodobieństwu, że różnica pomiędzy relatywną użytecznością z części nieobserwowanej jest nie większa niż różnica w obserwowanej części użyteczności. W zastosowaniach przyjmuje się rozkład logistyczny, ponieważ daje się on wyrazić za pomocą wzoru analitycznego:

$$P(\beta_j - \beta_i < \beta) = \exp(-\exp(-\beta)) \quad (8)$$

Przyjęcie rozkładu logistycznego dla nieobserwowanej części użyteczności oraz założenie o niezależności niezwiązanych alternatyw prowadzi do najczęściej stosowanego, modelu logitowego wielomianowego [4,5]:

$$P(Y=i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jn}}} \quad (9)$$

Jeśli pomiędzy dostępnymi alternatywami zachodzi korelacja, korzysta się z modeli logitowych zagnieżdżonych. Grupa podobnych alternatyw, np. autobus czerwony i autobus niebieski, tworzą tzw. gniazdo, a każda z dostępnych alternatyw należeć może tylko do jednego gniazda. Natomiast w przypadku modelowania wyborów dotyczących alternatyw, które mogą należeć do więcej niż jednego gniazda (np. autobusu, który jest jednocześnie środkiem transportu publicznego oraz środkiem transportu drogowego), stosuje się modele logitowe zagnieżdżone krzyżowe.

#### 4. Zastosowanie modeli logitowych do oceny skuteczności instrumentów zarządzania mobilnością

Literatura zagraniczna podaje przykłady zastosowania modeli logitowych (wielomianowych, zagnieżdżonych) do pokazania wpływu instrumentów zarządzania mobilnością na wybór środka transportu. Oceniając skuteczność instrumentu zarządzania mobilnością w tym kontekście, bada się, czy zastosowanie instrumentu prowadzi do zmniejszenia prawdopodobieństwa wyboru samochodu w podróżach (oraz o ile?) lub zwiększenia prawdopodobieństwa wyboru środków alternatywnych w stosunku do samochodu [1, 2, 3, 6, 7].

Autorzy publikacji „Wybór oraz ocena instrumentów zarządzania mobilnością” [7] wykorzystują model logitowy przyrostowy (stopniowy, narastający) dla oceny korzyści z zastosowania instrumentów zarządzania mobilnością. W swoich badaniach podkreślają ważność pozyskania danych dotyczących charakterystyki osób podróżujących w rozpatrywanym w obszarze oraz informacje o istniejącym podziale zadań przewozowych i obecnym poziomie usług transportu publicznego. Dane wyjściowe zastosowanego modelu mówią o spodziewanym podziale zadań przewozowych oraz redukcji pojazdo-km, uzyskanych w skutek zastosowania konkretnych instrumentów zarządzania mobilnością.

Wykorzystany w badaniach model logitowy pokazujący prawdopodobieństwo wyboru alternatywnego w stosunku do samochodu osobowego, środka transportu, miał następującą postać:

$$P'_n(i) = \frac{P_n(i)e^{\Delta U_{in}}}{\sum_{j \in C_n} P_n(j)e^{\Delta U_{jn}}} \quad (10)$$

gdzie:

$P'_n(i)$  – prawdopodobieństwo wyboru przez jednostkę  $n$  środka transportu  $i$  po zastosowaniu instrumentów zarządzania mobilnością,

$P_n(i)$  – prawdopodobieństwo wyboru przez jednostkę  $n$  środka transportu  $i$  przed zastosowaniem instrumentów zarządzania mobilnością,

$\Delta U_{in}$  – zmiana w funkcji użyteczności dla alternatywy  $i$ ,

$C_n$  – zbiór środków transportu, z których jednostka  $n$  może dokonać wyboru.

Co ważne, jeśli wcześniej, w odniesieniu do któregośkolwiek środka transportu, prawdopodobieństwo jego wyboru w podróżach było równe 0, to dla wyboru tego środka transportu po wprowadzeniu zmian (zastosowaniu instrumentu zarządzania mobilnością), nowe prawdopodobieństwo jego wyboru również będzie równe 0.

Badania przeprowadzono w mieście Syracuse w stanie Nowy York, posiadającym ok. 470.000 mieszkańców, z czego 163.000 mieszka w mieście Syracuse. Istnieje tam dobrze rozbudowana sieć połączeń autostradowych oraz lotnisko. Przez miasto przebiega także główny korytarz kolejowy łączący miejscowości Buffalo i Albany. Miasto obsługiwane jest przez komunikację autobusową, jednakże udział transportu autobusowego w podróżach, w ostatnich latach wyraźnie się obniżył, a podróże w większości realizowane były przy użyciu samochodu prywatnego. Na potrzeby badań wyodrębniono mniejszy, przemysłowo-biznesowy obszar, mając na uwadze następujące czynniki:

- percepcję publiczną dotyczącą postrzegania problemów z zatłoczeniem komunikacyjnym, parkingami i innymi trudnościami w ruchu,
- dostępność alternatywy dla jednoosobowych podróży realizowanych samochodem lub możliwość dostarczenia (stworzenia) takich alternatyw,
- duże potoki ruchu, duża liczba podróży realizowanych w badanym obszarze.

Obszar składający się z 338 rejonów komunikacyjnych zagregowano do 116, dla uniknięcia problemu występowania zerowych podróży realizowanych którymkolwiek ze środków lokomocji oraz zapewnienia dostępności każdego z rejonów komunikacyjnych do sieci ulic głównych i usług transportowych. Badano podróże o motywacjach: dom-praca, praca-dom (godziny szczytu), poddając analizie decyzję wyboru środka transportu spośród następujących dostępnych alternatyw:

- samochód osobowy – podróże jednoosobowe,
- samochód osobowy – podróże 2 lub więcej osobowe (2, 3, 4 i 5 – osób w pojeździe),
- środki transportu publicznego (komunikacja autobusowa).

Jako, że starano się pokazać wpływ instrumentów zarządzania mobilnością na redukcję przejechanych pojazdów-km, czynnikiem ważnym z tego punktu widzenia był dystans podróży (oszacowany, jako najkrótsza ścieżka pomiędzy poszczególnymi rejonami komunikacyjnymi) oraz czas podróży, wyznaczony wskutek podzielenia dystansu przez prędkość podróży. Obserwowano zmiany w czasie oraz koszcie podróży, natomiast funkcja użyteczności  $U_k$  opisana została w następujący sposób:

$$U_k = A_k + 0.02 (IVTT) + 0.05 (AOVTT) + 0.05 (TOVTT) + 0.004 (TCOST) + 0.02 (PKCOST) + 0.1 (HOVTT) \quad (10)$$

gdzie:

$U_k$  – funkcja użyteczności dla środka transportu  $k$ ,

$A_k$  – współczynnik skali dla środka transportu  $k$ ,

IVTT – czas podróży w pojeździe (min) ,

- AOVTT – czas dojścia do samochodu (parkingu) dla użytkowników samochodu (min),
- TOVTT – czas podróży poza środkiem transportu zbiorowego – dojścia do przystanku, etc., (min) ,
- TOST – koszt biletu transportu publicznego,
- PKCOST – koszt parkingu,
- HOVTT – oszczędność czasu podróży wskutek użycia pasów HOV (pasów ruchu na których dowolny jest ruch pojazdów w więcej niż dwoma pasażerami na pokładzie).

Ocenie poddano instrumenty zarządzania mobilnością związane z wpływaniem na czas lub koszt podróży i rezultaty tego zabiegu związane ze zmianą zachowań komunikacyjnych. Badano efekty zastosowania następujących instrumentów:

- zmniejszenie opłat (zmian taryfy) za korzystanie z transportu zbiorowego,
- skrócenie czasu przejazdu środkami transportu publicznego,
- skrócenie czasu dojścia do przystanków transportu publicznego,
- skrócenie czasu podróży realizowanej w systemie carpooling wskutek możliwości skorzystania z pasów HOV,
- skrócenie czasu podróży realizowanej w systemie carpooling wskutek możliwości skorzystania z preferencyjnego miejsca parkingowego,
- zmiany dotyczące kosztu miejsca parkingowego (zależne od liczby osób w samochodzie).

Badania wykazały, że najbardziej wyraźne zmiany w podziale zadań przewoźowych można uzyskać wprowadzając instrumenty zarządzania mobilnością mające na celu zwiększanie kosztów miejsca parkingowego, szczególnie w przypadku osób realizujących jednoosobowe podróże samochodem. Analiza wrażliwości pozwoliła na pokazanie, jakiego rzędu zmian w prawdopodobieństwie wyboru środka transportu można się spodziewać, zmieniając wartości odpowiednich zmiennych: czasu i kosztów podróży wykonywanych poszczególnymi środkami lokomocji.

Model logitowy zbudowany przez Berkowitz'a [3], który badał wpływ różnych instrumentów zarządzania mobilnością na zmianę w zachowaniu komunikacyjnym i wybór środka lokomocji, uwzględniał następujące alternatywy: środek transportu wodnego (prom pasażerski), samochód osobowy oraz komunikację autobusową przyspieszoną. Badacz położył duży nacisk na najważniejsze elementy czasu, kosztu, komfortu podróży oraz przekonania i upodobania użytkowników. Zauważył, że zmiana środka transportu z promu pasażerskiego na autobus przyspieszony jest wynikiem zastosowania instrumentów zarządzania mobilnością związanych ze skróceniem czasu podróży komunikacją autobusową, zwiększeniem poziomu komfortu oraz zmianą struktury cenowej. Natomiast spadek użytkowników autobusu na rzecz promu uwarunkowany jest zwiększeniem kosztu podróży autobusem, ograniczaniem pojemności pojazdu, oraz spadkiem ogólnie pojętej jakości usługi komunikacji autobusowej. Z kolei Aljarad i Black [1], analizując wpływ różnych strategii na wybór środka transportu spośród następujących form lokomocji: środki transportu wodnego, środki transportu drogowego oraz lotniczego



wykorzystywali jako zmienne: częstotliwość kursowania oraz moment podejmowania decyzji.

Nam i Park [6] w swoich badaniach dotyczących wytypowania najbardziej efektywnych instrumentów zarządzania mobilnością, mających na celu zmianę zachowań komunikacyjnych podróżnych w kierunku wyboru promu pasażerskiego, zamiast środków transportu drogowego, wykorzystali modele logitowe wielomianowe oraz zagnieżdżone. Zbiór alternatyw służących budowie modelu stanowiły: prom pasażerski, autobus, samochód osobowy typu van, samochód osobowy o małej pojemności. Zmienne wykorzystane w procesie budowy modelu dotyczyły atrybutów dostępnych alternatyw oraz charakterystyk socjoekonomicznych, takich, jak: czas podróży (oraz poszczególne jego składowe: czas dojścia do przystanku, czas jazdy w pojeździe, etc.), koszt podróży, strefa dostępu (w przypadku promu), komfort podróży, liczba właścicieli samochodu, liczba osób podróżujących w pojeździe (w przypadku samochodów), poziom dochodu, płeć, wiek. Dane do budowy modelu pozyskano z badań prowadzonych w oparciu o preferencje ujawnione. Badano wpływ różnych instrumentów zarządzania mobilnością mając na uwadze podróżę dom – praca, ale również i te niezwiązane z domem. Dla pokazania preferencji dotyczących komfortu podróży, użyto skali składającej się z poziomów komfortu: bardzo ubogi, ubogi, przyzwoity, dobry i bardzo dobry, a następnie, dla pokazania komfortu podróży w ujęciu ilościowym, każdemu z poziomów przyporządkowano odpowiednią liczbę od 1 do 5. Podejmując próbę wytypowania najefektywniejszych instrumentów zarządzania mobilnością, badano wpływ stosowania takich, które powodują zmiany w czasie, koszcie lub komforcie podróży, a następnie korzystając z analiz elastyczności, szacowano prawdopodobieństwo wyboru uprzywilejowanego środka transportu w zależności od skali zmian.

Wykazano, że najbardziej skutecznym zabiegiem zachęcającym do podróżowania środkami transportu wodnego jest stosowanie instrumentów mających na celu zmniejszanie czasu podróży promem (czas jazdy w pojeździe), redukcję kosztów podróży oraz czasu oczekiwania na przystankach obsługujących prom. Na tej podstawie wytypowano kilka strategii pozwalających zmniejszyć wskazane, czas i koszt podróży:

- poprawa parametrów związanych z prędkością podróży,
- lepsza koordynacja usług transportu wodnego i autobusowego w celu zmniejszenia czasu oczekiwania,
- zapewnienie informacji o funkcjonowaniu usługi transportu wodnego oraz dostępnej infrastrukturze przystankowej,
- zapewnienie informacji o możliwości realizowania podróży intermodalnych różnymi środkami transportu,
- wprowadzenie specjalnych tygodniowych taryf na przejazdy środkami transportu wodnego,
- stworzenie darmowej usługi autobusów wahadłowych kursujących pomiędzy najbliższym węzłem przesiadkowym, a przystankami obsługującymi prom,
- zwiększenie częstotliwości kursowania.

## 5. Podsumowanie

Mając na uwadze wskazane powyżej przykłady, zasadnym wydaje się podjęcie próby wykorzystania modeli logitowych dla potrzeb badania skuteczności instrumentów zarządzania mobilnością w warunkach polskich. Do pokazania prawdopodobieństwa wyboru alternatywnych do samochodu form lokomocji, w przypadku zastosowania instrumentów zarządzania mobilnością, można by było wykorzystać model logitowy zagnieżdżony, jak i zagnieżdżony krzyżowy dla następujących alternatyw: samochód osobowy (zarówno w odniesieniu do podróży realizowanych pojedynczo, jak i w systemie carpooling), środki transportu publicznego (autobus, tramwaj) oraz komunikacja piesza i rowerowa. Badania wymagałyby danych o decydentach (grupie adresatów projektów zarządzania mobilnością, np. pracowników lub mieszkańców miasta, bądź wyodrębnionego obszaru w mieście) oraz ich charakterystyki socjoekonomicznej, pozyskanych w badaniach ankietowych preferencji deklarowanych oraz ujawnionych.

Jako charakterystyki dostępnych alternatyw proponuje się przyjąć: czas podróży oraz koszt podróży (wszystkie ich składowe, w zależności od rozpatrywanego środka transportu), a także komfort podróży. Następnym etapem jest poszukiwanie związku pomiędzy zastosowaniem konkretnego instrumentu zarządzania mobilnością, jego wpływem na zmianę wartości charakterystyk, a co za tym idzie zmianę dotyczącą prawdopodobieństwa wyboru środka lokomocji. Przykładowo, można by badać, jakie rezultaty przynosi wprowadzenie nowej polityki parkingowej, np. redukcji części miejsc parkingowych, rzutującej na zwiększenie czasu oraz kosztu podróży, lub, jaki jest efekt zamontowania wyświetlaczy z informacją o rzeczywistym czasie przyjazdu pojazdu na przystanek, w jaki sposób zmniejszany tym samym postrzegany czas oczekiwania na przystanku wpływa na prawdopodobieństwo wyboru środków transportu publicznego w podróżach.

Zastosowanie modeli logitowych wydaje się być zasadne z uwagi na jeszcze jeden fakt – za ich pomocą można badać efekt synergii, czyli skutki zestawiania kilku różnych instrumentów zarządzania mobilnością i ich wpływ na proces podejmowania decyzji dotyczącej środka lokomocji. Analiza wrażliwości pozwoli pokazać, jaki pakiet instrumentów może okazać się najbardziej skuteczny.

## Literatura

- [1] Alijarad S.N., Black W.R., Modeling Saudi Arabia-Bahrain Corridor Mode Choice. *Journal of Transportation Geography*, No.3, pp.257-268, 1995.
- [2] Beaton P., Chen C., Meghdir H., Stated Choice for Transportation Demand Management, Models Using a Disaggregate Truth Set To Study Predictive Validity. *Transportation Research Record* 1598, Paper No. 970431.
- [3] Berkowitz B., Modeling Waterborne Passenger Transportation User Characteristics. *Transportation Research Record* 1263, pp.68-76, 1990

- 
- {4] Ben-Akiva M., Lerman S., Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. The MIT Press, 1977.
  - {5] Chow G.C., Ekonometria. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1995.
  - {6] Nam D., Park D., Strategies enhancing water transportation using econometric model approach. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp. 825 - 837, 2005
  - {7] Taylor Ch.J., Nozick L.H., Meyburg A.H., Selection and Evaluation of Travel Demand Management Measures, Transportation Research Record 1598, Paper No. 971114 49.

