



Daniel KASZUBOWSKI

# WYBÓR SPOSOBU PRZEMIESZCZANIA SIĘ W MIEŚCIE Z WYKORZYSTANIEM ANALIZY WIELOKRYTERIALNEJ

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono analizę możliwości substytucji przemieszczania się transportem indywidualnym za pomocą transportu zbiorowego w wybranej relacji w Gdańsku. Na potrzeby analizy dokonane zostały pomiary wybranych parametrów przejazdów wykonywanych samochodem osobowym oraz transportem zbiorowym – autobusem i tramwajem w różnych kombinacjach. Stworzony został wielokryterialny model decyzyjny w aplikacji SuperDecisions, oparty na metodyce analitycznego procesu hierarchicznego AHP. Celem modelu było uzyskanie odpowiedzi, czy dla osoby korzystającej obecnie z samochodu osobowego transport zbiorowy może stać się racjonalną alternatywą w codziennych podróżach.*

### WSTĘP

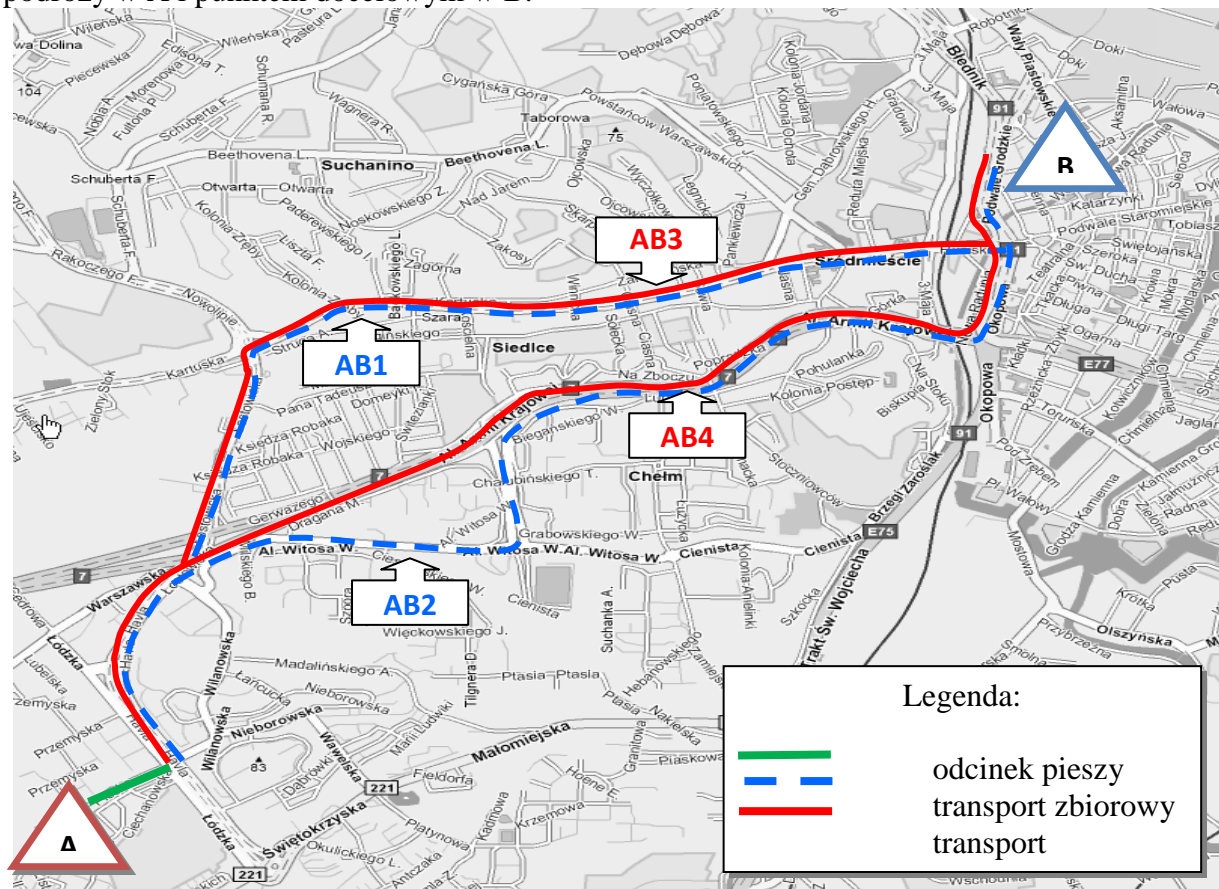
Wybór sposobu przemieszczania w mieście w związku z codziennymi potrzebami jest kwestią indywidualnych decyzji mieszkańców podejmowanych w konkretnej sytuacji na bazie własnych doświadczeń oraz dostępnych źródeł informacji. Najczęściej podejmowaną decyzją jest wybór pomiędzy transportem indywidualnym lub zbiorowym.

Ocena przyczyn decyzji transportowych mieszkańców miasta w ujęciu przekrojowym zawsze będzie obciążona dużym błędem wynikającym ze zróżnicowania tej zbiorowości. Problem ten można jednak odnieść do konkretnej sytuacji w postaci wybranej relacji podróży, w której potrzeba transportowa może zostać zrealizowana poprzez różne warianty dostępnych sposobów przemieszczania. Rozsądne zawężenie obszaru badawczego pozwoli na jasne wyznaczenie kryteriów decyzyjnych, ich pomiar lub ocenę oraz sformułowanie wniosków.

Kierując się tak sformułowanym problemem sformułowano cel prezentowanego artykułu. Jest nim ocena, czy w momencie przeprowadzania badania (pierwszy kwartał 2012) transport zbiorowy może być racjonalną alternatywą dla przemieszczania się własnym samochodem w wybranej relacji w Gdańsku. Badanie dotyczyło przemieszczania się pomiędzy dzielnicą Gdańsk – Południe a punktem docelowym w centrum miasta. Analizowano podróże o charakterze obligatoryjnym, związane z codziennymi dojazdami do centrum z peryferyjnej dzielnicy mieszkaniowej charakteryzującej się bardzo dynamicznym rozwojem przestrzennym nie w pełni skorelowanym z poprawą dostępności transportowej. Zastosowaną metodą badawczą jest analityczny proces hierarchiczny (AHP), natomiast model został wykonany w dedykowanej aplikacji *SuperDecisions*.

# 1. OBSZAR ANALIZY I WARIANTY PRZEJAZDU

Rysunek 1 przedstawia wybranie warianty przejazdu pomiędzy punktem rozpoczęcia podróży w A i punktem docelowym w B.



Rys. 1. Wybrane warianty przejazdu

Warianty zakładają przemieszczanie się pomiędzy ulicą Płocką w dzielnicy Ujeścisko – Łostowice i ulicą Podwale Grodzkie na wysokości Dworca Głównego PKP w Gdańsku. Na rys. 1 warianty przemieszczeń oznaczono symbolami AB1 i AB2 dla transportu zbiorowego oraz AB3 i AB4 dla transportu indywidualnego. Schemat tras i przedstawione w dalszej części tekstu wyniki pomiarów odpowiadają sytuacji w marcu 2012. Oddano wtedy do użytku układ drogowy Al. W. Havla, natomiast budowana w ramach tej inwestycji linia tramwajowa został uruchomiona w maju 2012. W momencie pomiędzy oddaniem do użytku układu drogowego i uruchomieniem linii tramwajowej transport zbiorowy opierał się na liniach autobusowych. Osią systemu transportu zbiorowego w analizowanym obszarze jest obecnie linia tramwajowa z pętlą na ul. Świętokrzyskiej, spełniająca rolę węzła integracyjnego dla nowego układu linii autobusowych. Kontynuacją przeprowadzonych badań powinno stać się porównanie wyników pomiarów i symulacji decyzji pasażerskich dla sytuacji analizowanej w prezentowanym referacie i stanu po oddaniu do użytku nowych inwestycji. Tabela 1 przedstawia charakterystykę przyjętych wariantów.

**Tab. 1.** Charakterystyka wariantów przejazdu [1]

Wariant	Rodzaj transportu	Opis
AB1	indywidualny	ul. Płocka, ul. Łódzka, ul. Warszawska, ul. Łostowicka, ul. Kartuska, ul. Nowe Ogrody, ul. Wały Jagiellońskie
AB2	indywidualny	ul. Płocka, ul. Łódzka, ul. Warszawska, al. Armii Krajowej, ul. Okopowa, Hucisko, ul. Wały Jagiellońskie
AB3	zbiorowy	dojście piesze do przystanku Płocka, autobus nr 155, 255, 118 do pętli tramwajowej Chełm-Witosa, następnie tramwaj nr 2, 6, 11 w kierunku Dworca Głównego PKP.
AB4	zbiorowy	dojście piesze do przystanku Płocka, następnie autobus nr 175 do przystanku Dworzec Główny PKP

## 2. DOBÓR KRYTERIÓW DECYZYJNYCH DLA MODELU

### 2.1. Znaczenie postulatów przewozowych

Zachowania komunikacyjne definiuje się jako zbiór działań, mających na celu zaspokojenie potrzeb przewozowych poprzez zdobywanie usług według określonego systemu preferencji [2]. Integralnym elementem tych działań jest proces decyzyjny, który poprzedza i warunkuje zachowania komunikacyjne. System preferencji wyraża się w postaci określonych postulatów przewozowych, które zostaną zweryfikowane w dalszej części tekstu. Na tej podstawie sporządzona zostanie lista kryteriów decyzyjnych wykorzystanych w modelu AHP wraz z ich wagami, określającymi znaczenie każdego czynnika dla decydenta. Dla lepszego zobrazowania tych zależności przyjęto założenie, że model będzie odpowiadał sytuacji osoby wykorzystującej samochód osobowy do codziennego przemieszczania się, która rozważa wariant alternatywny w postaci transportu zbiorowego. Do podstawowych czynników warunkujących zachowania komunikacyjne należy zaliczyć [3]:

- czas poświęcony na podróż: czas dotarcia do pojazdu lub przystanku, czas oczekiwania, rzeczywisty czas przemieszczania się wraz z ew. zmianą środka transportu oraz czas dotarcia do punktu docelowego (zwykle pieszo),
- poniesione koszty: bezpośrednie koszty podróży (bilet, koszt paliwa, inne opłaty) oraz koszty pośrednie, takie jak koszt eksploatacji samochodu.
- jakość usług: niezawodność, bezpieczeństwo związane z konkretnym środkiem transportu, płynność i przewidywalność czasu podróży,
- wygoda podróży: poczucie bezpieczeństwa osobistego, prywatność, dostępność miejsc, status społeczny podróżnego.

Czynniki są powiązane z postrzeganiem ryzyka przez potencjalnych użytkowników wybranego rodzaju transportu. Postrzeganie (i tolerancja) na ryzyko zależy najczęściej od posiadania lub nie własnego samochodu. Będzie to miało wpływ na wagi przypisane poszczególnym kryteriom decyzyjnym. Najczęściej wymienia się ryzyko [4]:

- funkcjonalne: uzyskanie oczekiwanych cech usługi,
- straty czasu: możliwe wydłużenie podróży w przypadku transportu zbiorowego,
- fizyczne: fizyczne (bezpieczeństwo środka transportu i bezpieczeństwo osobiste),
- ekonomiczne: odpowiednie wykorzystanie dostępnych środków finansowych,
- społeczne: postrzeganie decyzji przez otoczenie przez pryzmat określonego statusu społecznego (lub aspiracji do takiego),
- psychologiczne: wpływ na samopoczucie osoby podejmującej decyzję,

Wśród przedstawionych czynników ryzyka występują zarówno te odnoszące się do mierzalnych parametrów takich jak czas lub koszt, jak również wynikające z sytuacji społecznej i psychologicznej decydenta. Do prawidłowego skonstruowania modelu wielokryterialnego modelu decyzyjnego niezbędne jest określenie, co w największym stopniu

wpływa na wykorzystanie samochodu osobowego oraz jakie czynniki mogą zmienić tę decyzję na korzyść transportu zbiorowego w przypadku posiadania dostępu do samochodu. Przyjmuje się, że w praktyce zweryfikowanej badaniami marketingowymi są to czynniki wymienione w tabeli 2.

**Tab. 2.** Czynniki warunkujące wykorzystanie samochodu osobowego w podróżach miejskich [3]

czynniki sprzyjające wykorzystaniu samochodu osobowego	korzystanie z transportu zbiorowego w przypadku posiadania własnego samochodu
<ul style="list-style-type: none"> <li>– krótszy czas podróży samochodem,</li> <li>– lepsze warunki jazdy samochodem,</li> <li>– brak konieczności oczekiwania na pojazd,</li> <li>– wykorzystanie samochodu jako narzędzia pracy,</li> <li>– brak konieczności dojścia do i z przystanku,</li> <li>– większe bezpieczeństwo osobiste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– korzystanie z samochodu przez inną osobę,</li> <li>– niższy koszt podróży transportem zbiorowym,</li> <li>– trudności z parkowaniem w miejscu docelowym,</li> <li>– zatłoczenie dróg,</li> <li>– zadowalająca jakość transportu zbiorowego.</li> </ul>

Metodą oceny wymagań wpływających na decyzje komunikacyjne jest określenie hierarchii postulatów przewozowych. Postulaty przewozowe są zależne od bieżącej sytuacji na rynku transportu miejskiego, dlatego nie istnieje ustandaryzowane zestawienie ich ważności. Sposobem uzyskania aktualnych informacji na ten temat powinny być systematycznie wykonywane badania ankietowe. W przypadku Gdańska nie są dostępne wyniki dotychczas przeprowadzonych badań, dlatego przy tworzeniu modelu AHP wykorzystano wyniki badań marketingowych prowadzonych w Gdyni. Wyniki przedstawia tabela. 3

**Tab. 3.** Czynniki warunkujące wykorzystanie samochodu osobowego w podróżach miejskich [2], [5]

Postulat	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2010
bezpośredniość	2	4	4	4	1	1	1
częstotliwość	3	3	3	3	2	3	4
dostępność	4	2	2	1	4	4	3
informacja	10	10	10	10	10	10	10
koszt	5	5	5	5	5	5	5
niezawodność	7	8	7	7	6	8	6
prędkość	8	7	8	8	7	7	7
punktualność	1	1	1	2	3	2	2
rytmiczność	9	9	9	9	9	9	9
wygoda	6	6	6	6	8	6	8

Wyniki badań wskazują, że największa waga jest przykładana do bezpośredniości, punktualności oraz dostępności. W tej sytuacji interesujące jest przedstawienie priorytetów osób poruszających się samochodem osobowym, gdzie trzy najważniejsze czynniki (łącznie blisko 72% odpowiedzi) to:

- większa wygoda (34,3%),
- krótszy czas podróży (23,1%),
- brak konieczności oczekiwania na przystanku (14,8%).

Dla użytkowników samochodów osobowych szczególnie ważna jest wygoda, która wśród pasażerów transportu zbiorowego znajduje się stosunkowo odległej pozycji na liście priorytetów

## 2.2. Badanie wariantów przejazdu z zastosowaniem wybranych kryteriów

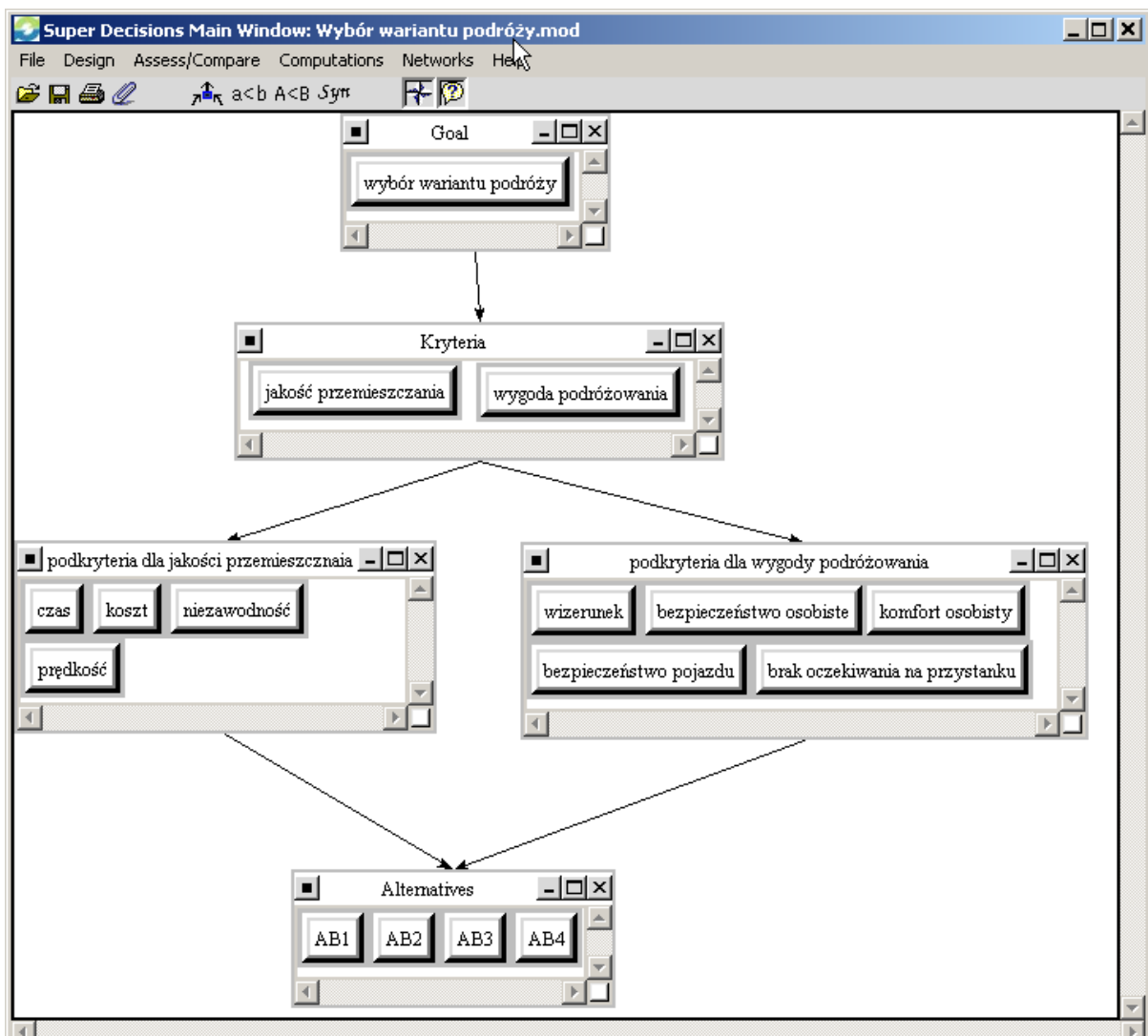
Na podstawie analizy postulatów przewozowych oraz oceny czynników wpływających na wybór pomiędzy transportem indywidualnym i zbiorowym opracowano zbiór kryteriów decyzyjnych. Zostaną one wykorzystane do stworzenia hierarchicznego modelu decyzyjnego dla założonego celu badania. Większość kryteriów ma charakter ilościowy, co uwzględniono przy porównaniu rozważanych wariantów. Zastosowano również kryteria jakościowe, które odzwierciedlają postrzeganie konkretnego rodzaju transportu z punktu widzenia bezpieczeństwa osobistego oraz odczuwanego komfortu podróżowania. Zestawienie wyników badań dla kryteriów ilościowych oraz oceny jakościowe dla pozostałych kryteriów przedstawia tabela 4.

**Tab. 4.** Wyniki badania wariantów przejazdu

Kryterium	Relacja					
	AB1	AB2	AB3	AB4		
środek transportu	samochód	samochód	autobus + tramwaj	autobus		
odległość [km]	6,1	5,6	6,0	5,7		
<b>kryteria ilościowe</b>						
teoretyczny czas przejazdu [min]	13	10	dojście do/z przystanków	3	dojście do/z przystanków	3
			oczekiwanie na przesiadkę	3	oczekiwanie na przesiadkę	0
			jazda właściwa	18	jazda właściwa	18
			łączy czas	24	łączy czas	21
zmierny czas przejazdu [min]	18	16	dojście do/z przystanków	2	dojście do/z przystanków	2
			oczekiwanie na przesiadkę	3	oczekiwanie na przesiadkę	0
			jazda właściwa	22	jazda właściwa	24
			łączy czas	27	łączy czas	26
czas przejazdu (rozstęp) [%]	38,46	60,00	15,88	31,98		
teoretyczna średnia prędkość przejazdu [km/h]	28	34	16	17		
zmierny średnia prędkość przejazdu [km/h]	20	21	13	13		
średnia prędkość przejazdu (rozstęp) [km/h]	27,28	37,50	13,70	24,23		
koszt przejazdu [zł]	8,05	7,39	4,4	4,4		
<b>kryteria jakościowe</b>						
bezpieczeństwo osobiste	bardzo dobre	bardzo dobre	dobrze	dobrze		
komfort osobisty	bardzo dobry	bardzo dobry	zadowalający	zadowalający		
bezpieczeństwo środka transportu	dobrze	dobrze	bardzo dobre	bardzo dobre		

## 2.3. Struktura modelu decyzyjnego

Model decyzyjny został opracowany zgodnie z zasadami metody analitycznego procesu hierarchicznego AHP w dedykowanej aplikacji *Superdecisions*. Jest ona wykorzystywana do graficznego przedstawiania struktury złożonych problemów decyzyjnych, uproszczenia procesu obliczeniowego oraz symulacji zmian (analiza wrażliwości). Aplikacja pozwala na elastyczne tworzenie modeli dla metody AHP oraz ANP (*analytic network process*), która jest jej rozwinięciem. Omówienie podstaw teoretycznych metod AHP i ANP znajduje się w licznych publikacjach ich autora, prof. T.L. Saaty [6], [7]. Przykłady praktycznego zastosowania obu metod w dziedzinie transportu i logistyki zostały przedstawione w wybranych publikacjach autora referatu [8], [9]. Widok modelu decyzyjnego przygotowanego w programie *Superdecisions* z zastosowaniem opisanych wcześniej kryteriów decyzyjnych przedstawia rys. 2

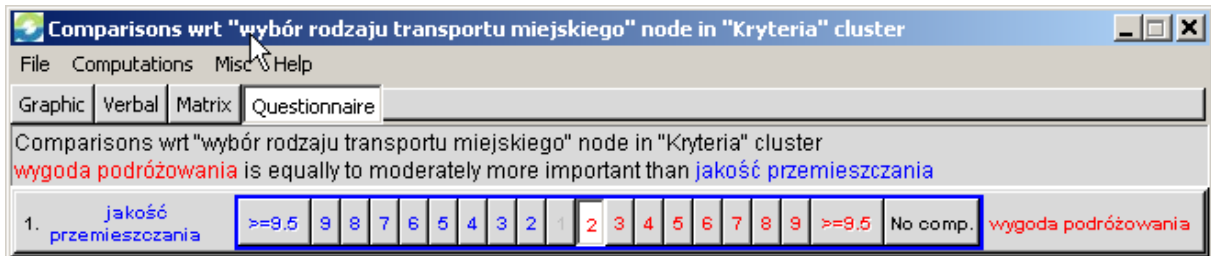


Rys. 2. Struktura modelu decyzyjnego w oknie aplikacji *SuperDecisions*

Opracowywanie modelu decyzyjnego polega na przedstawieniu problemu w postaci hierarchicznie uporządkowanego drzewa kryteriów, w którym poszczególne poziomy odpowiadają możliwe jednorodnym obszarom badanego zjawiska. W opracowanym modelu wyodrębniono dwa poziomy kryteriów decyzyjnych:

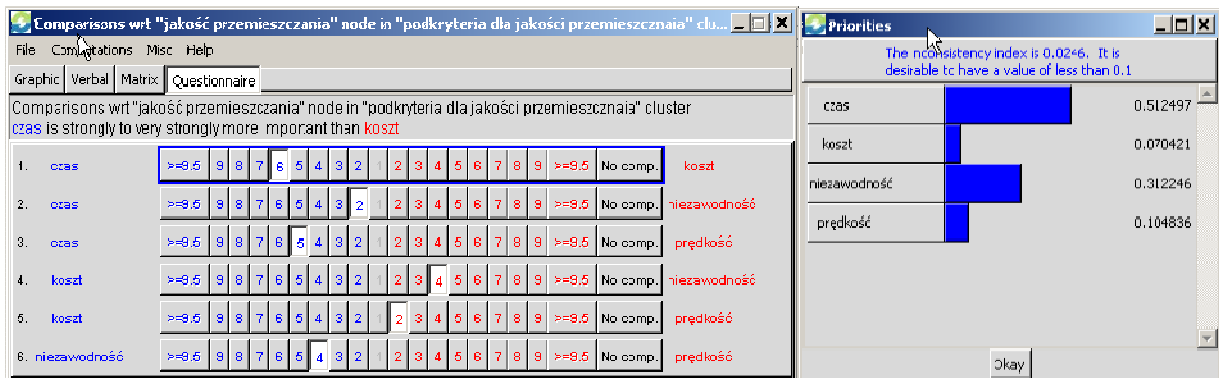
1. poziom kryteriów nadrzędnych, gdzie uwzględniono jakość przemieszczania oraz wygodę podróżowania,
2. poziom podkryteriów dla każdego kryterium nadrzędnego.

Wyodrębnienie kryteriów nadrzędnych jest uwarunkowane przyjętym założeniem o badaniu możliwości substytucji przejazdów samochodem osobowym podróżami transportem zbiorowym. Rysunek 3 przedstawia w jaki sposób oceniono preferencje dla kryteriów nadrzędnych.



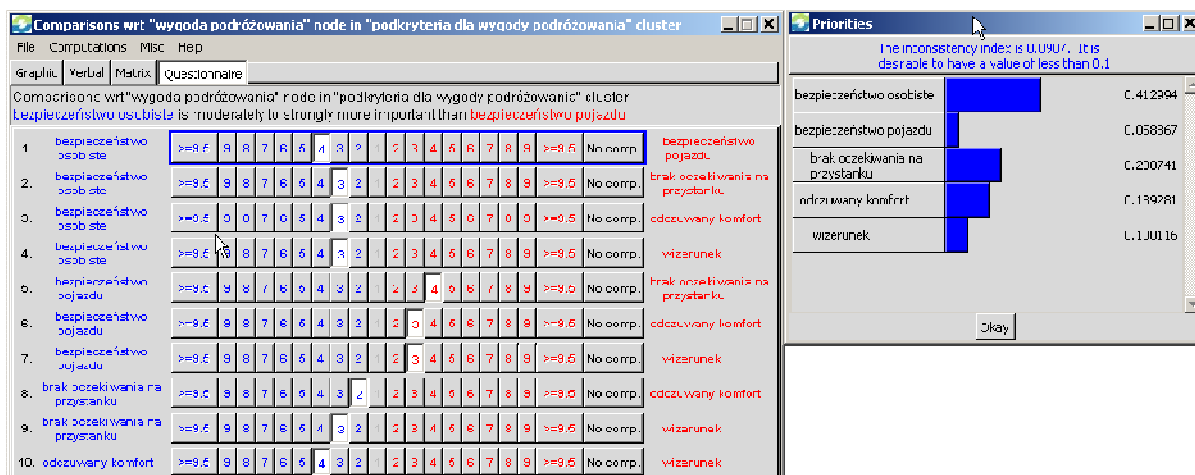
Rys. 3. Wagi nadane kryteriom nadrzędnym

Przy określaniu preferencji przyjęto nieznacznie większy priorytet dla kryterium wygody podróżowania. Odzwierciedla to często występujące obawy osób przemieszczających się samochodem osobowym dotyczące bezpieczeństwa osobistego w środkach transportu zbiorowego i niechęć do oczekiwania i dojścia do przystanku. Ważnym czynnikiem jest tu również poczucie pogorszenia osobistego wizerunku z powodu korzystania z transportu zbiorowego traktowanego często jako usługa „socjalna”. Założenie nieznacznej przewagi kryterium wygody podróżowania nad jakością przemieszczania pozwala jednak w dalszym ciągu na racjonalne uwzględnienie zawartych w drugiej grupie ważnych kryteriów czasu przejazdu oraz postrzeganej niezawodności przemieszczania. Kolejnym etapem analizy jest określenie priorytetów dla podkryteriów obu kryteriów nadrzędnych. Porównania parami pomiędzy poszczególnymi podkryteriami określające ich wagę przedstawiono na rys. 4 i 5.



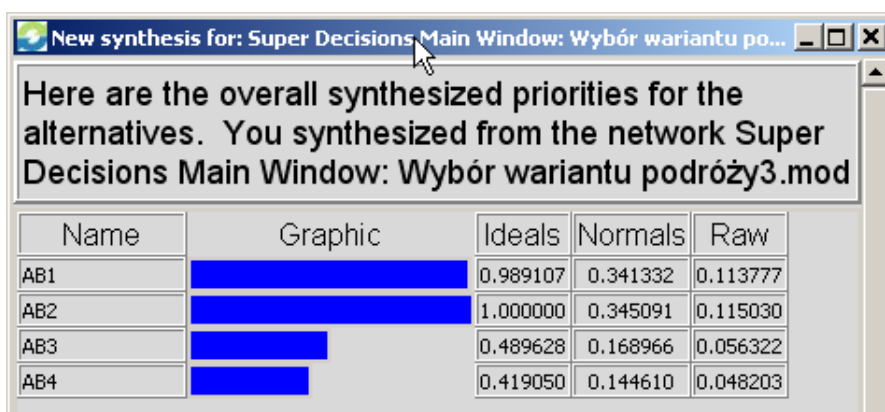
Rys. 4. Wagi dla podkryteriów kryterium nadrzędnego „jakość przemieszczania”





Rys. 5. Wagi dla podkryteriów kryterium nadrzędnego „wygoda podróżowania”

W grupie podkryteriów dla jakości przemieszczania największą wagę uzyskał czas przejazdu (0,51). Odzwierciedla to jeden z najważniejszych czynników przywoływanym przez osoby preferujące transport indywidualny, jakim jest krótszy czas podróży własnym samochodem w porównaniu do transportu zbiorowego. W grupie podkryteriów dla wygody podróżowania największe wagi uzyskało poczucie bezpieczeństwa osobistego (0,41) oraz brak oczekiwania na przystanku (0,23). Dysponując hierarchicznie zorganizowaną strukturą kryteriów i podkryteriów dokonano oceny przyjętych wariantów przemieszczania się w wybranej relacji. Dla podkryteriów czasu przejazdu, kosztu, prędkości i niezawodności (rozstęp czasu przejazdu) do modelu podstawiono wartości wynikające z obserwacji zawarte w tabeli 4, natomiast dla pozostałych kryteriów wykorzystano porównania jakościowe w oparciu o skalę preferencji 1 – 9. Wynik porównania przyjętych wariantów przemieszczania przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Wagi końcowe dla analizowanych wariantów przejazdu

W wyniku przeprowadzonej analizy uzyskano wynik wskazujący na przewagę dwóch wariantów zakładających przemieszczanie się samochodem osobowym. Uzyskały one bardzo zbliżone oceny na poziomie 0,341332 (AB1) i 0,345091 (AB2). Wynika to z podobnej odległości przejazdu i zbliżonych warunków jazdy. Warianty przemieszczania się transportem zbiorowym uzyskały wyraźnie niższe wyniki – 0,168966 dla AB3 i 0,144610 dla AB4. Odnosząc uzyskane wyniki w odniesieniu do najlepszej alternatywy (AB2) można powiedzieć, że w rozważanym przypadku jest ona dwa razy lepsza niż warianty dla transportu zbiorowego.



## PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza wielokryterialna z wykorzystaniem metody AHP i aplikacji *SuperDecisions* wykazała, że w momencie przeprowadzenia badania transport zbiorowy nie był racjonalną alternatywą dla samochodu osobowego z punktu widzenia osoby rozważającej zmianę dotychczasowych zachowań komunikacyjnych. Potwierdza to potrzebę prowadzenia przemyślanej polityki transportowej, ukierunkowanej na zmianę relacji pomiędzy transportem zbiorowym i indywidualnym, uwzględniającej nie tylko eksploatacyjne parametry usług przewozowych, ale pozatechniczne czynniki wpływające na decyzje komunikacyjne. Należy zaznaczyć, że w sytuacji ujętej w modelu zobrazowano pewien przejściowy etap inwestycji polegającej na budowie Al. W. Havla wraz z linią tramwajową. Badania wykonano w sytuacji, gdy układ drogowy został ukończony i oddany do użytku, natomiast uruchomienie połączenia tramwajowego nastąpiło kilka miesięcy później. W związku z tym sytuacja aktualna jest odmienna, gdyż dostępność i czas przejazdu transportem zbiorowym uległ skokowej poprawie. Interesujące może być ponowne wykonanie pomiarów oraz przeprowadzenie analizy wielokryterialnej dla oceny, jak wprowadzone zmiany wpłynęły na konkurencyjność transportu zbiorowego w badanej relacji.

## SELECTION OF URBAN PASSENGER TRANSPORT MODE WITH MULTICRITERIA ANALYSIS

### *Abstract*

*Paper discussed the possibility for modal change in urban passenger transport towards public transport. For the purpose of this analysis four trip alternatives were selected and measured according to the set of quantitative and qualitative criteria. On this basis a decision making model was created in the SuperDecisions application using the AHP methodology. General aim was to verify, if public transport could be a practical alternative for person currently using his own car on the daily basis.*

## BIBLIOGRAFIA

1. w pracy wykorzystano wyniki badań terenowych przeprowadzonych na potrzeby pracy magisterskiej autorstwa mgr inż. M. Ptaka, przygotowanej pod kierunkiem D. Kaszubowskiego
2. Wyszomirski O.: *Transport miejski. Ekonomika i organizacja*. Gdańsk, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego 2008.
3. Grava S.: *Urban Transportation Systems*. Nowy Jork, McGraw-Hill 2002.
4. Wyszomirski O.: *Funkcjonowanie rynku komunikacji miejskiej*. Gdańsk, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego 1998.
5. *Preferencje i zachowania komunikacyjne mieszkańców Gdyni w 2010 roku*. Zarząd Komunikacji Miejskiej w Gdyni.
6. Saaty T.L.: *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. RWS Publications, Pittsburgh
7. Saaty T. L., Vargas Louis G.: *Decision Making with the Analytic Network Process*. Springer Science&Business Media, 2006r.
8. Kaszubowski D., Oskarbski J.: *Symulacja procesu wyboru metody wykrywania zdarzeń drogowych*. „Logistyka“ nr 3/2012

9. Kaszubowski D.: *Evaluation Of Urban Freight Transport Management Measures*. LogForum, 2012, 8(3).

***Autor:***

**dr Daniel KASZUBOWSKI**– Politechnika Gdańska