

Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Lądowej
Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej

Praca doktorska

**Ocena efektywności funkcjonalnej
parkingów przesiadkowych (P+R)**

mgr inż. Andrzej Szarata

Promotor: Prof. dr hab. inż. Andrzej Rudnicki

Kraków, październik 2005



Spis treści

Rozdział 1. Wprowadzenie

1.1 Geneza i cel pracy.	4
1.2 Cel i zakres pracy.	6
1.3 Tezy pracy.	6

Rozdział 2. Park and Ride w racjonalnej polityce parkingowej.

2.1 Istota polityki transportowej państwa i samorządów miejskich.	8
2.2 Polityka transportowa Unii Europejskiej.	10
2.4 Wnioski z rozdziału 2.	12

Rozdział 3. Analiza funkcjonowania parkingów przesiadkowych.

3.1 Przegląd stanu badań dotyczących preferencji użytkowników systemu P&R.	13
3.2 Sondażowe badania własne, dotyczące preferencji w korzystaniu z Park and Ride w warunkach krajowych.	17
3.3 Badania dotyczące charakterystyki potencjalnych użytkowników i ich gotowości do płacenia za P&R.	19
3.4 Ankieta dotycząca zagospodarowania parkingu przesiadkowego.	24
3.5 Wnioski z rozdziału 3.	28

Rozdział 4. Określenie kosztu uogólnionego podróży w systemie Park and Ride.

4.1 Przegląd dotychczasowych wyników badań.	30
4.2 Model irlandzki.	30
4.3 Model amerykański.	31
4.4 Propozycja formuły kosztu uogólnionego.	32
4.5 Koszt uogólniony podróży realizowanej wyłącznie samochodem osobowym.	33
4.6 Koszt uogólniony podróży realizowanej wyłącznie komunikacją zbiorową.	34
4.7 Określenie formuły kosztu uogólnionego podróży w systemie P&R.	35
4.8 Wyznaczeni współczynników kosztu uogólnionego podróży.	36
4.8.1 Założenia przyjęte do badań.	36
4.8.2 Badania własne nad wartościowaniem czasu podróży	36
4.8.3 Dobór liczebności próby.	37
4.8.4 Wyniki badań.	38
4.8.5 II etap badań – metoda delficka.	41
4.8.6 Ankieta delficka.	41
4.9 Wyznaczeni współczynników kosztu uogólnionego podróży odbywanej wyłącznie samochodem osobowym.	42
4.10 Wyznaczenie współczynników kosztu uogólnionego podróży odbywanej wyłącznie komunikacją zbiorową.	43
4.11 Wyznaczenie współczynników kosztu uogólnionego podróży odbywanej w systemie Park and Ride.	44
4.12 Aplikacja przyjętego modelu i porównanie z modelem irlandzkim.	45
4.12.1 Przyjęte założenia.	45
4.12.2 Zastosowanie modelu własnego.	45
4.12.3 Zastosowanie modelu irlandzkiego.	50
4.13 Wnioski z rozdziału 4.	55

Rozdział 5. Park and Ride w podziale zadań przewozowych.

5.1. Przegląd dotychczasowych badań.	57
5.1.1. Model podziału zadań przewozowych dla Krakowa.	57
5.1.2 Model podziału zadań przewozowych dla Warszawy.	60
5.1.3. Model podziału zadań przewozowych dla Łodzi.	60
5.1.4. Model podziału zadań przewozowych dla Katowic.	62
5.1.5 Model podziału zadań przewozowych dla Siemianowic Śląskich.	63
5.1.6 Model podziału zadań przewozowych dla Poznania.	63
5.1.7. Podejście <i>Supersieci</i> .	64
5.1.8. Porównanie przedstawionych modeli.	65
5.2. Przegląd zastosowań zbiorów rozmytych w zagadnieniach związanych z modelowaniem podróży.	67
5.2.1 System wyboru trasy bazujący na zbiorach rozmytych.	67
5.2.2 Modelowanie wyboru parkingu przez użytkowników.	68
5.3. Wnioski i propozycja dalszych badań.	70
5.4 Badania własne.	72
5.4.1 Zbiory rozmyte - wprowadzenie.	72
5.4.2 Opis modelu wnioskowania.	75
5.4.3 Założenia modelu.	76
5.4.4 Etap 1 - podział na podróże wykonywane wyłącznie komunikacją zbiorową i wyłącznie samochodem osobowym.	78
5.4.5 Wyznaczenie funkcji przynależności dla danych wejściowych (poprzednik reguły).	81
5.4.6 Wyznaczenie funkcji przynależności dla zbioru danych wyjściowych (następnik reguły).	89
5.4.7 Bimodalne modele podziału zadań przewozowych bazujące na wnioskowaniu rozmytym.	93
5.4.8 Porównanie otrzymanego modelu z dostępnymi modelami podziału zadań przewozowych i wnioski do dalszych badań.	94
5.5 Etap II - wydzielenie podróży w systemie Park and Ride z podróży odbywanych komunikacją indywidualną.	96
5.5.1 Określenie terminów opisujących zmienne lingwistyczne.	96
5.5.2 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.	97
5.5.3 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „atrakcyjność lokalizacji”.	99
5.5.4 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży P&R wśród podróży odbywanych komunikacją indywidualną (k.i.)”.	100
5.5.5 Określenie układu wnioskującego i wyniki analizy.	101
5.5.6 Dyskusja otrzymanych wyników.	103
5.6 Etap III - wydzielenie podróży w systemie Park and Ride wśród podróży odbywanych komunikacją zbiorową.	104
5.6.1 Określenie terminów opisujących zmienne lingwistyczne.	104
5.6.2 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.	105
5.6.3 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „atrakcyjność lokalizacji”.	105

5.6.4 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży P&R wśród podróży odbywanych komunikacją zbiorową (k.z.)”.	106
5.6.5 Określenie układu wnioskującego i wyniki analizy.	108
5.6.6 Dyskusja otrzymanych wyników.	111
5.7 Całościowy model podziału zadań przewozowych uwzględniający podróże w systemie P&R.	112
5.8 Przykład aplikacji opracowanego modelu	114
5.9 Podsumowanie i wnioski z rozdziału 5.	116
Rozdział 6. Określenie efektów funkcjonalnych systemu Parkuj i Jedź.	
6.1 Wstęp.	117
6.2. Analiza korytarzowa ciągu ulicznego z i bez funkcjonującego systemu Park and Ride.	118
6.2.1. Przyjęte założenia.	118
6.2.2. Model analityczny – wg. HCM 85.	120
6.2.3 Aplikacja modelu dla wybranych lokalizacji proponowanego systemu parkingów P&R w Krakowie.	120
6.2.4 Wnioski z zastosowania metody HCM 85.	123
6.2.5 Model analityczny – wg. HCM 2000.	123
6.2.6 Aplikacja modelu.	126
6.2.7 Analiza stopnia obciążenia skrzyżowań.	127
6.2.8 Analiza czasu przejazdu ciągu drogowego.	129
6.2.9 Wnioski z zastosowania metody HCM 2000.	131
6.2.10 Metoda symulacyjna z wykorzystaniem programu VISSIM.	131
6.2.11 Wnioski z zastosowania metody symulacyjnej.	133
6.3 Porównanie metod symulacyjnych i analitycznych.	133
6.4 Analiza sieciowa układu z i bez funkcjonującego systemu Park and Ride.	133
6.4.1 Przygotowanie modelu sieciowego.	135
6.4.2 Wyniki przeprowadzonej symulacji.	137
6.4.3. Wnioski z analizy sieciowej.	143
6.5 Wnioski z rozdziału 6.	143
Rozdział 7. Próba oceny efektywności ekonomicznej parkingów P&R.	
7.1 Wprowadzenie.	144
7.2 Przykład wyliczenia wskaźników efektywności ekonomicznej.	145
7.3 Wnioski z rozdziału 7.	150
Rozdział 8. Podsumowanie pracy.	
8.1 Spełnienie założonych celów.	151
8.2 Wnioski generalne.	152
8.3 Kierunki dalszych badań.	154
Bibliografia	155
Załączniki	160

1. Wprowadzenie.

1.1 Geneza i cel pracy:

Znalezienie miejsca do parkowania stanowi coraz większy problem, szczególnie w centrum dużych miast. Pomimo wielu trudności możliwość dojazdu samochodem osobowym do centrum miasta jest wciąż atrakcyjna dla posiadacza samochodu. Szybki wzrost motoryzacji indywidualnej, przy stosunkowo nieznacznej skali rozbudowy infrastruktury drogowo-parkingowej, zwłaszcza w obszarach śródmiejskich powoduje, że dostępność tych obszarów samochodem jest i będzie coraz bardziej ograniczana. Jest to zgodne z zasadami polityki transportowej zrównoważonego rozwoju, zapisanymi w uchwałach wielu rad miast w Polsce i w Europie. Jednak wygoda i elastyczność funkcjonalna samochodu osobowego zachęca do realizacji dojazdów bezpośrednio do celu podróży lub jak najbliżej tego celu. Tego typu zachowania komunikacyjne użytkowników potęgują stany zatłoczenia, szczególnie dotkliwe odczuwane w śródmieściu. Nadmierny ruch samochodów powoduje wzrost hałasu, zanieczyszczeń powietrza oraz drgań, szkodliwych dla ludzi i budynków.

Racjonalna polityka komunikacyjna opierająca się na zasadach zrównoważonego rozwoju może przyczynić się do poprawy jakości życia w miastach, w tym warunków podróżowania. Jednym z ważnych narzędzi takiej polityki jest działanie systemu parkingów strategicznych o charakterze przesiadkowym, zwanych w literaturze jako „Park and Ride”. Jego istota działania polega na dojeździe samochodem osobowym do stacji, pętli lub innych przystanków zlokalizowanych na peryferiach miasta lub w jego strefie podmiejskiej, pozostawienie samochodu na parkingu i dalsza podróż do śródmieścia środkami komunikacji zbiorowej. Celem takiego rozwiązania jest przejęcie przez komunikację zbiorową części ruchu samochodowego zmierzającego z obszarów zewnętrznych do śródmieścia. Zatem „Park and Ride” łączy zalety komunikacji indywidualnej w strefach podmiejskich (dyspozycyjność i elastyczność) z zaletami komunikacji zbiorowej w śródmieściu (wysoka efektywność wykorzystania deficytowej przestrzeni ruchu).

Park and Ride tworzy układ, który ma ściśle określony cel (ogólnie rzecz ujmując poprawę dostępności centrów miast) oraz silne i nierozzerwalne interakcje zarówno wewnętrzne (układ parkingów jest ściśle powiązany zarówno z komunikacją zbiorową jak i komunikacją indywidualną) jak i zewnętrzne (stanowi część układu komunikacyjnego miasta) [101], [102]. Do elementów P&R możemy zaliczyć: samochód osobowy i jego kierowcę, fragment układu drogowego umożliwiający dojazd z domu do przystanku, parking i linie komunikacji zbiorowej. Otoczenie układu stanowią zapisy polityki transportowej (w tym polityki parkingowej), zasady korzystania z parking, taryfy, oznakowanie, informacja o warunkach ruchu i parkowania w centrum miasta, pozostała część układu drogowego, linie komunikacji zbiorowej (niezwiązane bezpośrednio z obsługą korytarza), potoki w ruchu ulicznym i potoki pasażerskie w pojazdach. Do cech układu można zaliczyć: przepustowość przekrojów ulicznych i skrzyżowań, zdolność przewozowa i napełnienie i czas podróży. W układzie tym występują ścisłe relacje między elementami układu oraz między jego cechami a także z otoczeniem. Przykładem relacji między elementami może być wybór danego parkingu P&R uzależniony od czasu przejazdu lub wysokości opłaty (stanowiącej część polityki parkingowej). Do relacji z otoczeniem można zaliczyć wpływ stopnia zatłoczenia innych fragmentów ulic sieci stanowiących alternatywne połączenia. Zatem można stwierdzić, że uzasadnione jest nazywanie parkingów Park and Ride systemem. Należy zaznaczyć, że strukturalizacja systemu P&R stanowi bardzo złożony problem i może być traktowana jako oddzielne zadanie. Przedstawiona próba usystematyzowania problematyki parkingów przesiadkowych ma na celu usankcjonowanie terminologii stosowanej w niniejszej pracy.

System Park and Ride funkcjonuje w wielu krajach europejskich i w Stanach Zjednoczonych. W Polsce, pomimo zapisów w polityce transportowej oraz w dokumentach planistycznych wielu miast (Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, plany miejscowe), w stanie obecnym w zasadzie nie funkcjonuje. Tam gdzie, takie urządzenia istnieją powodem braku zainteresowania użytkowników jest zapewne brak dostatecznej informacji. Jednak głównym powodem władz są wątpliwości, czy system „Park and Ride” jest w stanie przyciągnąć potencjalnych klientów, a także konieczność wydatkowania przez gminę środków finansowych na budowę parkingów przesiadkowych, w tym na pozyskanie gruntów. Wobec podnoszonych opinii, że parkingi te zajmują cenne tereny miejskie, wymagają ponoszenia kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych przez gminę oraz przy wątpliwościach czy Park and Ride znajdzie użytkowników systemu, nakazem chwili jest podjęcie pogłębionych analiz nad efektywnością tego systemu w warunkach krajowych.

Zatem celem pracy jest ocena efektywności przede wszystkim funkcjonalnej, lecz także ekonomicznej rozwiązań Park and Ride. Wyniki pracy powinny być pomocne przy podejmowaniu przez władze gmin decyzji dotyczących realizacji tego systemu, w tym celowości rezerwacji terenu pod parkingi przesiadkowe.

Przeprowadzone w Polsce studia literatury wykazały niemal całkowity brak opracowań naukowych, zajmujących się problematyką parkingów przesiadkowych, zwłaszcza z zakresu obejmującego analizę funkcjonowania tych parkingów w warunkach krajowych. Nieliczne artykuły (np. [40]) przedstawiały ogólne zasady Park and Ride, nie zajmując się głębszą analizą systemu. Istnieją jednak opracowania studialno - techniczne, wykonane dla gmin biorących pod uwagę możliwość wdrożenia systemu parkingów przesiadkowych. Przykładem może być tutaj raport przygotowany dla Krakowa [64] i dwa opracowania dla Warszawy: studium koncepcyjne [63] i studium wykonalności [62]. W tych materiałach podjęto próbę wykazania jego efektywności w warunkach krajowych.

W przypadku opracowań naukowych powstałych w krajach zachodnich, gdzie system funkcjonuje od lat, w artykułach i w internecie dość szeroko przedstawiana są analizy różnych aspektów funkcjonowania parkingów przesiadkowych ([31], [10], [50], [3], [72], [12], [8], [46], [52], [84], [4], [40], [53], [54], [55], [68], [49], [22], [23], [26], [33]). Jednakże badania, na których opierają się zestawione artykuły zostały przeprowadzone na funkcjonującym już systemie, dostarczającym dane empiryczne. Nie można wyników tych badań bezpośrednio przekładać na warunki polskie, np. z powodu różnic między sytuacją gospodarczą czy świadomością ekologiczną rzutującymi na zachowania komunikacyjne. Ocena hipotetycznego systemu przez potencjalnych użytkowników poprzez ankietowanie nie daje tak wiarygodnych wyników, niż wówczas gdyby taki system funkcjonował. Brak właściwego poligonu badawczego w Polsce skutkuje niemożliwością kompletnej weryfikacji modeli uzyskanych za granicą. Weryfikacja może jedynie odbywać się pośrednio, przez analogie odniesione do opracowanych w Polsce modeli zachowań komunikacyjnych. Dokonany przegląd literatury wskazuje, że jednym ze sposobów pozwalających rozwiązać ten problem w warunkach niepewności, co do rzeczywistych zachowań użytkowników, będzie wykorzystanie elementów teorii zbiorów rozmytych, która świetnie się sprawdza w warunkach braku pełnego zbioru danych [66], [7], [67]. W badaniach zagranicznych nie znaleziono odpowiedzi na fundamentalne pytanie o globalną efektywność systemu.

1.2 Cel i zakres pracy:

Obiektem badań jest system składający się z parkingów przesiadkowych Park and Ride, wraz ze współpracującymi elementami układu sieci ulic oraz linii komunikacji zbiorowej. Zakres pracy obejmuje następujące zagadnienia:

1. Miejsce systemu Park and Ride w racjonalnej polityce transportowej miast.
2. Określenie warunków, jakie musi spełniać system „Park and Ride”, aby był atrakcyjny dla użytkownika.
3. Skalibrowanie funkcji uogólnionego kosztu podróży użytkownika systemu „Park and Ride”.
4. Określenie udziału podróży Park and Ride w podziale zadań przewozowych.
5. Określenie miar efektów funkcjonalnych systemu Park and Ride (wpływ na czas i koszt podróży oraz na zatłoczenie)
6. Oszacowanie bilansu oszczędności inwestycyjnych i eksploatacyjnych z tytułu wzrostu podróżowania w systemie Park and Ride oraz wyznaczenie wskaźników efektywności ekonomicznej.

Celem pracy jest wykazanie efektywności funkcjonalnej (i w efekcie ekonomicznej) systemu parkingów przesiadkowych. Osiągnięcie celu może zapewnić zastosowanie różnorodnych technik i narzędzi.

1.3 Tezy pracy.

Teza ogólna - finalna niniejszej dysertacji brzmi:

- Budowa systemu parkingów przesiadkowych (jako elementu infrastruktury komunikacyjnej) jest efektywna funkcjonalnie i ekonomicznie, co uzasadnia rekomendowanie takich rozwiązań w polityce transportowej dla dużych miast.

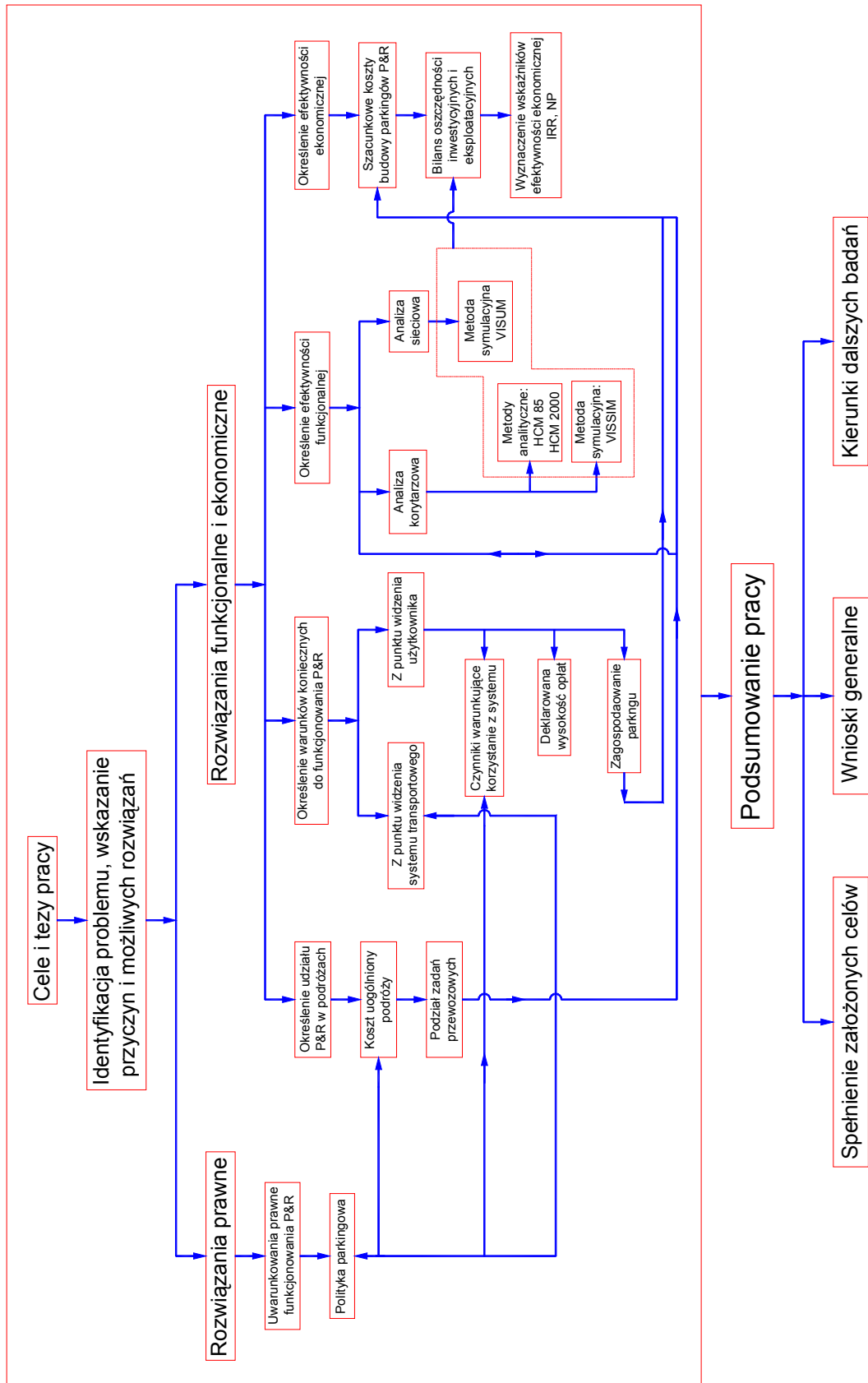
Tezy szczegółowe naukowe można sformułować następująco:

- Problem decyzyjny, polegający na wyborze podróżowania w systemie Park and Ride można modelować wykorzystując elementy wnioskowania rozmytego.
- Możliwe jest stworzenie multimodalnego modelu podziału zadań przewozowych, uwzględniającego podróże w systemie Park and Ride, przy czym syntetycznym czynnikiem wpływu jest uogólniony koszt podróży użytkownika.

Tezy szczegółowe techniczne można sformułować następująco:

- Zmniejszenie natężenia ruchu (związane z przejściem części pojazdów przez parkingi przesiadkowe) w analizowanych korytarzach ma istotny wpływ na skrócenie czasu podróży pozostałych użytkowników (kierowców i pasażerów samochodów).
- Procedury i wyniki oceny efektywności parkingów przesiadkowych stanowić mogą podstawę do oceny trafności lokalizacji i tworzenia rankingu kolejności realizacji poszczególnych parkingów przesiadkowych.

Na schemacie 1-1 przedstawiono układ pracy w formie schematu blokowego obejmującego całościową strukturę dysertacji.



Schemat 1-1 Schemat blokowy rozwiązania poszczególnych etapów pracy.

2. Park and Ride w racjonalnej polityce parkingowej.

2.1. Istota polityki transportowej państwa i samorządów miejskich [56],[57].

Wszystkie większe miasta na świecie odczuwają problemy komunikacyjne związane ze zjawiskiem zatłoczenia ruchem drogowym szczególnie występującym na odcinkach ulic prowadzących do śródmieścia. Próba poprawy sytuacji przez zwiększanie przepustowości ciągów ulicznych skutkuje generowaniem nowych podróży i powrotem do sytuacji poprzedniej. Dający się zauważyć trend polegający na promocji i rozwoju usług transportu publicznego nie jest w stanie rozwiązać problemów komunikacyjnych dla podróży, w których źródła i cele są bardzo rozproszone. Ma to miejsce na peryferiach większych miast i na terenach wiejskich otaczających miasta. Cel podróży stanowi zazwyczaj obszar śródmieścia, gdzie koncentrują się miejsca, do których ludzie chcą podróżować.

Obszary zurbanizowane mogą być traktowane zarówno jako węzeł sieci krajowej jak i samodzielny system transportowy. Charakter intensywność i rodzaj zagospodarowania obszarów zurbanizowanych wymuszają indywidualne podejście przy identyfikacji problemów transportowych. Specyfiką obszaru zurbanizowanego jest silne uzależnienie wielkości i struktury potrzeb transportowych od zagospodarowania przestrzennego. Dlatego analiza wymaga uwzględnienia czynników opartych na specyfice danego obszaru w odniesieniu do zagospodarowania, użytkowania gruntów oraz elementów gospodarczych i społecznych. Czynniki te można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- Czynniki wewnętrzne: obsługa przemieszczeń pasażerskich (podróży) zaczynających się i kończących w obszarze zurbanizowanym. Podróże mogą być wykonywane różnymi środkami transportu, a wybór tego środka jest wynikiem decyzji użytkownika. Każda decyzja jest uwarunkowana szeregiem czynników zarządzających: organizacja ruchu, przepustowość, zatłoczenie, system parkingowy, opłaty czy taryfy. Przyjmuje się, że realizacja zasad podziału zadań przewozowych jest podstawowym elementem polityki transportowej obszaru.
- Czynniki zewnętrzne: obejmują zarówno problemy przeprowadzenia ruchu tranzytowego przez obszar zurbanizowany oraz połączenie tego obszaru z układem zewnętrznym dla obsługi ruchów docelowych i źródłowych.

Bardzo ważną cechą obszaru metropolitarnego jest współzależność różnych podsystemów transportowych. Uwidacznia się to zwłaszcza w związkach pomiędzy ruchem samochodów osobowych, parkowaniem i transportem zbiorowym. Układ ten funkcjonuje jak naczynia połączone, obsługując podróżnych i wpływając na podejmowanie przez nich decyzji. Systemy miejskie podatne są na organizację i zarządzanie ruchem. Nowoczesne techniki pozwalają skutecznie zarządzać ruchem uwzględniając poziom opłat z zatłoczenie, płatne parkowania czy zmienną organizację ruchu. Kształtowanie systemu transportowego obszarów metropolitarnych wymaga oddziaływania na mobilność mieszkańców. Oddziaływanie to powinno mieć charakter przestrzenny, ekonomiczny i fiskalny oraz powinno uwzględniać aspekty organizacji i sterowania ruchem.

Jednym z zasadniczych zjawisk wpływających na zachowania transportowe mieszkańców miast jest określenie stałego budżetu czasu traconego na transport. Zostało to zaobserwowane przez Zahavi'ego w latach 70-ych [99]. Polega to na tym, że podróżny przeznaczą na podróż pewną stałą część doby, bez związku z podażą usług transportowych. Wynika z tego, że rozbudowa systemu transportowego nie skutkuje skróceniem czasu podróży, lecz zwiększeniem

dostępności bardziej oddalonych celów przyczyniając się do podnoszenia kosztów podróży i zwiększenia zatłoczenia w sieci.

Można zatem stwierdzić, że zarządzanie systemem transportowym miast (obszarów metropolitalnych) jest łączeniem działalności administracji samorządowej i rządowej, stanowiącej połączenie czynności badawczych, planistycznych i politycznych. Końcowe ustalenia podejmuje rada gminy miejskiej przez uchwalanie studiów i planów zagospodarowania przestrzennego, przyjmowania programów gospodarczych czy tworzeniu reguł organizacji i zarządzania ruchem.

Głównym celem polityki transportowej państwa wobec miast powinno być dostarczenie instrumentów umożliwiających samorządom miejskim stosowanie szerszego wachlarza aktywnego zarządzania transportem w mieście. Bierze się przy tym pod uwagę działania administracyjne w zakresie organizacji ruchu oraz opłat parkingowych czy strefowych a przede wszystkim możliwość oddziaływania na zagospodarowanie przestrzenne i promocję transportu zborowego jako alternatywnego środka lokomocji. Samorzady wielkich miast stawiają często postulat jednego ośrodka odpowiedzialnego za zarządzanie transportem w obszarze zurbanizowanym. Jednakże zgodnie z normami konstytucyjnymi oraz zapisami ustaw kompetencyjnych, organy administracji publicznej wypełniają swoje zadania w granicach określonych prawem oraz odpowiedzialności administracyjnej i politycznej. Możliwość stworzenia jednego ośrodka zarządzającego transportem to stworzenie dobrowolnych związków, porozumień samorządowych i porozumień z organami rządowymi.

Można zaobserwować tendencję w miastach polskich do formułowania polityki transportowej w postaci akceptowanego przez rady gmin dokumentu precyzującego cele, kierunki rozwoju i zasady funkcjonowania systemu transportowego. Pierwszymi miastami, w których formalnie określono zasady polityki transportowej były: Kraków(1993), Warszawa (1995). Wiele miast opracowano projekty takiej polityki jednakże nie doczekały się one akceptacji rad miejskich. W innych miastach zasady polityki określone zostały w ramach strategii rozwoju. Dokumenty te opierają swą polityką na zasadach zrównoważonego rozwoju. Podstawowymi celami polityki zrównoważonego rozwoju jest [76]:

- Zapewnienie priorytetu w ruchu ulicznym dla pojazdów komunikacji zbiorowej (np. wydzielone pasy dla autobusów czy sygnalizacja świetlna uwzględniająca autobusy i tramwaje);
- Priorytet dla transportu zbiorowego oraz dla ruchu pieszego i rowerowego w wydzielonych strefach śródmieścia (np. centrum miasta, obszary o intensywnej zabudowie itp.);
- Polityka parkingowa ograniczająca liczbę miejsc parkingowych dostosowując ją do przepustowości układu ulicznego, wprowadzająca płatne parkowanie i ograniczenia czasowe wymuszające większą rotację na miejscach parkingowych. W kilku miastach zaproponowano wprowadzanie systemu parkingów przesiadkowych Park and Ride (np. Kraków, Warszawa, Łódź);
- Nacisk na efektywniejsze wykorzystanie istniejącej infrastruktury oraz jej modernizację;
- Rozwój i modernizacja systemu transportowego powinna być poparta analizą ekonomiczną efektywności przyjętych przedsięwzięć oraz realistycznej koncepcji finansowania z uwzględnieniem nowych modeli takich jak np. „PPP” (Partnerstwo Publiczno – Prywatne);
- Rozszerzenie zakresu wprowadzanych opłat – w pierwszym etapie za parkowanie, a następnie wprowadzenie opłat za korzystanie z pasów ruchu czy odcinków ulic

o największym zatłoczeniu (np. w Genui wprowadzono opłatę za przejazd przez centrum miasta [30]).

W zakresie gospodarki przestrzennej, najważniejszym instrumentem zarządzania mobilnością jest tworzenie miasta zwarteo oraz utrzymanie struktur wielofunkcyjnych, jako przeciwieństwa monofunkcyjnych skupisk, np.: mieszkalnictwa czy przemysłu, a także przeciwdziałaniu tendencji do „rozlewania się” miast.

2.2 Polityka transportowa Unii Europejskiej.

Oficjalną polityką transportową Unii Europejskiej jest tzw. „Biała Księga” [86]. Zgodnie z jej zapisami transport jest kluczowym czynnikiem w nowoczesnej gospodarce. W sytuacji, gdy popyt na transport staje się coraz większy, odpowiedzią nie może być budowa nowej infrastruktury i pobudzanie rynku transportowego. System transportowy powinien być poddany procesowi optymalizacji tak, aby sprostać popytowi zrównoważonemu ekonomicznie, społecznie oraz środowiskowo. Nieodłączna kongestia współczesnych aglomeracji rozumiana jest jako brak równowagi między możliwymi środkami transportu. Nierównomierny rozwój tych środków jest powodowany faktem różnej ich adaptacji do nowoczesnej gospodarki. Podejście zalecane przez UE obejmuje zarówno wprowadzenie odpłatności za korzystanie z infrastruktury jak i rewitalizację alternatywnych rodzajów transportu oraz inwestycji drogowych. Takie zintegrowane podejście pozwoli osiągnąć podział zadań przewozowych, jaki był w roku 1998 i utrzymać go do roku 2010. Proponowana strategia bierze pod uwagę następujące elementy [78]:

- Politykę gospodarczą, wpływającą na wzrost popytu na usługi transportowe,
- Politykę przestrzenną, (aby uniknąć zbędnego wzrostu mobilności wywołanej wydłużonym dystansem między domem a pracą),
- Politykę społeczną i edukacyjną, z lepszą organizacją modelu pracy oraz godzin nauki, (aby uniknąć zatłoczenia dróg, szczególnie weekendowych wyjazdów i powrotów, kiedy zdarza się największa liczba wypadków),
- Politykę transportu miejskiego w większych konurbacjach, (aby dochodzić do równowagi pomiędzy unowocześnianym transportem publicznym i bardziej racjonalnym użyciem samochodu osobowego. Umożliwiłoby to spełnienie międzynarodowych porozumień ograniczających emisję CO₂ w miastach i na drogach),
- Politykę budżetową i fiskalną, (aby osiągnąć pełną internalizację zewnętrznych kosztów transportu, w szczególności środowiskowych oraz skompletować trans-europejską sieć),
- Politykę konkurencji, (aby zapewnić otwartość rynku przewozów - szczególnie w sektorze kolei),
- Politykę badawczą transportu, której celem powinno być połączenie wysiłków czynionych przez UE oraz instytucje narodowe i prywatne w ramach europejskiej przestrzeni badawczej.

Kwestie obejmujące miejsce samochodu w mieście, poprawę jakości transportu publicznego leży w gestii decyzji narodowych lub regionalnych a nie decyzji UE. Zasadnicze rozwiązania proponowane w Białej Księdze, a odnoszące się do transportu w miastach to:

- Urzeczywistnienie postulatu intermodalności,
- Poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- Rozpoznanie praw i obowiązków użytkowników sieci transportowej,
- Rozwój transportu miejskiego o wysokiej jakości,
- Kładzenie nacisku w badaniach i technologii na czysty i sprawny transport.

Biała Księga poświęca dużą uwagę postulatowi zapewnienia ciągłości podróży, upatrując w tym wielką rolę planowania miejscowego. Stacje metra, kolei, autobusów oraz parkingi powinny być położone w taki sposób, aby przestrzeń, w której odbywa się przesiadka, oferowała odpowiednie usługi (np. sklepy) oraz zachęcała do korzystania z komunikacji zbiorowej. Zapewniając parkingi na peryferiach miasta w sąsiedztwie stacji metra, tramwaju czy kolei, daje się możliwość zmotoryzowanym pozostawienia samochodu i kontynuowania dalszej podróży komunikacją zbiorową (system Park and Ride). Sukces intermodalności jest uzależniony w dużej mierze od łatwego dostępu do wszystkich środków transportu. Należy zaznaczyć, iż dla osób o ograniczonej ruchliwości, zmiana środka transportu może być realną przeszkodą w spełnianiu zamierzonej mobilności.

Styl życia w miastach wymusza korzystanie z elastycznego środka transportu, jakim jest samochód osobowy. Oferta komunikacji zbiorowej nie zawsze jest adekwatna do potrzeb użytkowników. Decentralizacja mieszkalnictwa oraz innych aktywności zepchnęła na boczny tor rozwój transportu zbiorowego, jego infrastruktury i usług. Utorowało to drogę samochodowi osobowemu do znaczącej roli w podróżach w miastach. Obecnie zatłoczenie obejmuje nie tylko centra miast, ale często obszary peryferyjne, przyczyniając się do znacznego wzrostu emisji gazów cieplarnianych (w miastach wytwarza się 40% emisji CO₂, produkowanego przez pojazdy [86]). Ponadto wzrost natężenia ruchu przyczynia się do wzrostu liczby wypadków drogowych. Władze miast powinny szybko rozwiązać problem samochodu w mieście, którego rola powinna być ograniczana. Alternatywą jest promocja czystych pojazdów i komunikacji zbiorowej charakteryzującej się wysoką jakością obsługi.

Pomimo świadomości, że większość decyzji dotyczących rodzaju działań w sektorze transportu jest uzależniona od władz państwowych, regionalnych lub lokalnych, Komisja Europejska zamierza wspierać miasta podejmujące pionierskie działania i inicjatywy, promować wzrost użytkowania czystych ekologicznie pojazdów i form transportu oraz identyfikować i wdrażać najlepsze rozwiązania. Biała Księga wskazuje na skuteczną rolę eksperymentów w stymulowaniu struktury popytu. W ramach programu Unii Europejskiej CIVITAS m.in. Kraków przystąpił do projektu CARAVEL, dzięki któremu będą podejmowane inicjatywy promowania nowej mobilności w obszarach zurbanizowanych, opierające się na doświadczeniach miast przodujących w tym zakresie. W części dotyczy to, tak jak „Park and Ride”, niekonwencjonalnego użytkowania samochodu osobowego: „car-pooling” (podwożenie własnym samochodem osób jadących do tego samego celu podróży), „car sharing” (posiadanie i użytkowanie wspólnego samochodu).

Zatem zasady polityki transportowej Unii Europejskiej postrzegają Park and Ride jako pożądany, alternatywny sposób użytkowania samochodu, realizujący postulat wielomodalności w realizowaniu podróży, sprzyjającemu w zrównoważonego rozwoju systemu komunikacyjnemu miasta.

2.3 Wnioski z rozdziału 2.

Polityka transportowa państwa pozwala określić kierunki rozwoju systemu transportowego kraju począwszy od szczebla lokalnego a skończywszy na szczeblu ogólnopolskim. Zawiera wytyczne sankcjonujące działania lokalne i łączy je z planami regionalnymi. Podstawowym celem polityki transportowej państwa jest dostarczenie instrumentów umożliwiających samorządom miejskim aktywne zarządzanie transportem w mieście.

System Park & Ride jest postrzegany w polityce transportowej państwa i rekomendowany w uchwałach polityki transportowej dużych miast. Sprzyja integracji systemu komunikacyjnego w obrębie całego obszaru zurbanizowanego, w tym strefy podmiejskiej. Zwraca uwagę na potrzeby zintegrowanego zarządzania transportem (w tym planowania jego rozwoju) w skali metropolitarnej. Lokalizacja parkingów przesiadkowych już poza obszarem miasta wymaga porozumienia ze służbami planowania przestrzennego w ościennych gminach.

W przypadku Unii Europejskiej, zgodni z zapisami „Białej Księgi”, transport jest postrzegany jako kluczowy czynnik w gospodarce i rozwój transportu jest jednym z priorytetów. Uważa się, że system transportowy powinien poddany być procesowi optymalizacji tak, by odpowiedzieć na popyt zrównoważony ekonomicznie, społecznie i środowiskowo. Jednakże kwestie związane z miejscem samochodu w mieście czy poprawą jakości komunikacji zbiorowej leżą w gestii decyzji narodowych lub regionalnych. UE wspiera rozwiązania promowania inicjatyw nowej mobilności tworząc specjalne programy transportowe. Park and Ride jako jedno z narzędzi polityki zrównoważonego rozwoju i jednocześnie niekonwencjonalnego użytkowania samochodu osobowego należy właśnie do takich inicjatyw.

3. Analiza funkcjonowania parkingów przesiadkowych.

3.1 Przegląd stanu badań dotyczących preferencji użytkowników systemu P&R.

System Park and Ride podlegał stopniowej ewolucji. Początkowo obejmował miejsca postojowe położone blisko przystanków autobusowych [72]. Gdy okazało się, że stopień wykorzystania parkingów przesiadkowych zależy istotnie od jakości rozwiązań, dalszy rozwój systemów szedł w dwóch kierunkach. Pierwszy, to udogodnienia w parkowaniu, w tym poprawa bezpieczeństwa pozostawionych samochodów oraz wyposażenia parkingu w inne obiekty obsługi podróżnych. Drugi kierunek to poprawa jakości linii komunikacji zbiorowej, w tym nawet wprowadzenie linii wyłącznie dla użytkowników Park and Ride (np. w Oxfordzie). Aby system Park and Ride można było nazwać rozwiązaniem właściwym, powinny wystąpić następujące uwarunkowania [72]:

- Wysoki stopień zmotoryzowania mieszkańców,
- Występowanie na obrzeżach strefy wielkomiejskiej niskiej gęstości zaludnienia,
- Duża liczba zatrudnionych w centrum miasta,
- Występowanie w centrum miasta zatłoczenie ulic oraz trudności ze znalezieniem miejsca postojowego, wynikających z małej liczby miejsc do parkowania,
- Istnienie systemu transportu publicznego obsługującego duże potoki pasażerskie do centrum. Środki te powinny oferować pasażerom odpowiedni komfort podróży a czas przejazdu porównywalny (a najlepiej krótszy), niż indywidualnymi środkami transportu,
- Występowanie wyraźnych okresów szczytu komunikacyjnego.

Początkowo system Park and Ride rozwijał się z myślą o osobach podróżujących do pracy. Z czasem okazało się jednak, że z tego systemu korzystają także osoby zmierzające do centrum z innej przyczyny. Badania przeprowadzone podczas weekendu w holenderskim mieście Groningen [73] wśród parkujących na parkingach otwartych i kubaturowych w centrum oraz na parkingach Park and Ride pokazują, że parkingi przesiadkowe przede wszystkim wykorzystywane są przy dojazdach na zakupy. Procentowy udział użytkowników różnych rodzajów parkingów planujących zakupy przedstawia tablica 3-1:

Tablica 3-1 Charakterystyka użytkowników parkingów robiących zakupy w Groningen [73].

	Parking P&R	Parking kubaturowy w centrum	Parking otwarty w centrum
Podróże na zakupy	94%	87%	84%
Średni czas parkowania	180 minut	210 minut	127 minut
Miejsce zamieszkania użytkownika	Region	Region	Miasto
Średni wiek kierowcy	45	37	42

Wielu ankietowanych nigdy nie zastanawiało się nad tym czy korzystać z systemu Park and Ride (43%). Inna grupa ankietowanych mogłaby rozważyć czy warto korzystać z systemu, a za główną przyczynę wskazują ograniczona liczbę miejsc parkingowych w centrum. Jeżeli pojemność parkingowa centrum miasta nie zostanie powiększona, to 26% ankietowanych deklaruje chęć korzystania z parkingów przesiadkowych.

Wśród powodów korzystania z P&R wskazano ponadto zatłoczenie ruchem na drogach prowadzących do centrum (6%) oraz wysokie ceny za parkowanie w centrum (5%). Pośród ankietowanych użytkowników P&R 12% stanowiły osoby korzystające z parkingu po raz pierwszy. W tej grupie 90% osób deklarowało chęć częstszego wykorzystywania tych parkingów w przyszłości. Gdyby system Park and Ride nie istniał, to zgodnie z odpowiedziami 71% ankietowanych pojechałoby do centrum i tam szukało miejsca do parkowania, a 9% pojechałoby na zakupy gdzie indziej.

Użytkownicy parkingów P&R mogą być scharakteryzowani w następujący sposób:

- Przyjeżdżają na zakupy dla samej przyjemności robienia zakupów, kupują produkty inne niż spożywcze, odwiedzają wiele sklepów,
- Nie chcą wydawać pieniędzy na parkowanie lub starają się uniknąć problemów związanych z zatłoczeniem dróg i znalezieniem miejsca postojowego na parkingach w centrum. Wygoda parkowanie jest dla nich istotnym czynnikiem,
- Decyzja, gdzie parkować jest zwykle podejmowana w domu. Użytkownicy systemu Park and Ride w 97% z góry decydują o wykorzystaniu tego sposobu parkowania.

Na podstawie ankiet ustalono, że system parkingów przesiadkowych powinien mieć doskonałe połączenie z centrum, które zachęca do planowania podróży już w domu. Ponadto nie dostrzega się potrzeby informowania o aktualnie wolnej liczby miejsc na parkingach systemu.

W Szwecji uzyskano podobne wyniki badań [12] efektywności systemu Park and Ride. Badania przeprowadzono na terenie 29 parkingów zlokalizowanych przy głównych drogach dojazdowych do Sztokholmu. Wyselekcjonowano grupę najistotniejszych czynników wpływających na wykorzystanie systemu:

- Dogodna lokalizacja parkingu (w pobliżu drogi dojazdowej do centrum),
- Zapewnienie bezpieczeństwa na parkingu oraz w jego bezpośrednim otoczeniu,
- Bliska odległość do pokonania z parkingu do przystanku autobusowego,
- Dobre oznakowanie dojazdu do parkingu,
- Niskie opłaty,
- Odpowiedni marketing systemu P&R,
- Dodatkowe usługi (w odniesieniu do samochodu),
- Możliwość korzystania z miesięcznego biletu (ważne dla osób dojeżdżających do pracy).

W Holandii przeprowadzono również szczegółowe badania ankietowe, dotyczące wartościowania czynników wpływających na korzystanie z systemu Park and Ride [8]. Zgodnie z wytycznymi [46] sporządzono listę 60 czynników, które zostały umieszczone we wstępnej ankiecie. Ankietowani mieli za zadanie przypisać wagę każdemu z czynników. Po analizie wyników okazało się, że nie jest możliwe ogarnięcie wszystkich czynników przez respondentów, więc zdecydowano się zredukować ich liczbę do 30, zgrupowanych w osiem grup:

- Niezawodność i komfort komunikacji zbiorowej,
- Czas podróży,
- Informacja dotycząca systemu,
- Szczegółowe rozwiązania parkingów,
- Koszt podróży,
- Bezpieczeństwo,
- Kontakt z innymi ludźmi (np. obsługa parkingu),
- Usługi dodatkowe na parkingu (np. kiosk, niewielki sklep).

Przygotowaną ankietę rozesłano drogą internetową w formie zakładki do kierowców w całej Holandii, posiadających prenumeratę czasopisma motoryzacyjnego (uzyskano łącznie 558 ankiet). Zadaniem ankietowanego było przypisanie wagi dla czynnika (w skali od 1 do 7). Pośród ankietowanych najwięcej osób posiadało wykształcenie wyższe (75%) i wiek poniżej 50 lat (93%) – wynika to z faktu największej dostępności internetu dla tej grupy wiekowej. Jako motyw odbycia podróży wskazywano na szkołę lub pracę (64%). Natomiast doświadczenie z korzystania z P&R zadeklarowało 68% ankietowanych. Zestawienie ważności najważniejszych czynników przedstawia tablica 3-2.

Tablica 3-2 Wagi wybranych czynników decydujących o wyborze systemu P&R jako środka podróżowania wg badań holenderskich [78].

Atrybut	Waga (skala 1-7)
Częstotliwość kursowania pojazdów komunikacji zbiorowej do centrum miasta	5,5
Punktualność komunikacji zbiorowej	5,3
Liczba celów podróży w centrum miasta możliwa do osiągnięcia bez przesiadek	4,9
Czas poszukiwania miejsca parkingowego na parkingu P&R	4,9
Duże natężenie ruchu na ciągach drogowych prowadzących do centrum miasta	4,9
Koszty przesiadki (opłata za P&R i bilet komunikacji zbiorowej)	4,9
Koszty parkowania w centrum	4,6
Odległość przejścia z parkingu na przystanek komunikacji zbiorowej	4,5
Dodatkowy czas podróży z ulicy prowadzącej do centrum, do parkingu przesiadkowego	4,4
Dozorowanie parkingu P&R	4,1
Bezpieczne, oświetlone przejście z parkingu do przystanku komunikacji zbiorowej	3,8

Badania ankietowe preferencji użytkowników systemu Park and Ride pozwalają lepiej zrozumieć potrzeby systemu i miejsca, w których można wprowadzić środki poprawy jakości usługi. Wagi poszczególnych czynników stanowią wskazówki dla projektantów nowych parkingów P&R i wpływają na właściwą promocję. W badaniach holenderskich wyszczególniono grupę użytkowników, którzy korzystają z systemu przy podróżach związanych z wypoczynkiem lub z zakupami. Podzielono również ankietowanych na doświadczonych użytkowników i osoby korzystające sporadycznie z systemu. Doświadczeni użytkownicy przyznawali wyższą wagę dla czynników związanych ze znalezieniem miejsca na parkingu P&R i odległości z parkingu do przystanku niż dla kosztów parkowania czy zatłoczenia centrum miasta. Dla mniej doświadczonych młodszych użytkowników istotniejszym czynnikiem okazał się koszt parkowania w P&R. Co ciekawe - okazało się, że ankietowane kobiety wskazały brak zainteresowania nadzorem parkingów (np. w postaci kamer), za to chętnie wskazywały na konieczność oświetlenia przejścia z przystanku do samochodu.

W Krakowie, w latach dziewięćdziesiątych funkcjonował system Park and Ride. Po 2,5 roku od jego wprowadzenia przeprowadzono badania ankietowe [37], mające na celu określenie motywów kierowców korzystających z systemu. Za podstawowy powód wskazano przeciążenie ulic wiodących do celu podróży, brak możliwości zaparkowania pojazdu w rejonie celu podróży oraz chęć skrócenia czasu dojazdu. Wnioski z analizy sprowadzały się do stwierdzenia, że system Park and Ride był mało popularny, a wyniki ankiety pozwoliły nakreślić strategię działania, kładącą nacisk na zwiększenie atrakcyjności komunikacji zbiorowej. W lutym 1996 r. przeprowadzono kolejne badania [37] na parkingach przy ul. Kapelanka, ul. Kałuży, ul. Heleny, Al. 29 Listopada i Placu Szczepańskim. Cztery pierwsze funkcjonowały w systemie Park and Ride. Ogółem przeankietowano 111 (79% - mężczyźni, 78% - mieszkańcy Krakowa, 50% - osoby w wieku poniżej 40 lat). W badanej grupie znalazło się tylko 9% osób, które korzystały z parkingu w systemie P&R. Pozostali kierowcy traktowali parking jak typowy parking miejski. Celem ankiety było dostarczenie danych na temat oceny problemów parkowania i związanych z tym zasad funkcjonowania strefy ograniczonego postoju oraz oceny komunikacji miejskiej. Szczególny nacisk położono na czynniki warunkujące korzystanie z systemu P&R. Pytania podzielono na dwie części: związane z ogólnymi problemami parkowania w Krakowie oraz z systemem P&R. W pierwszej części pytano o cel i częstotliwość podróży do centrum, rodzaj wykorzystywanego środka transportu, preferowany rodzaj opłaty za parkowanie oraz ocenę istniejącego systemu parkingowego. W części dotyczącej systemu P&R pytano o motyw wyboru miejsca postoju oraz o ocenę informacji o samym systemie oraz o wprowadzonym bilecie promocyjnym komunikacji miejskiej.

Wyniki badań wskazują, że samo stworzenie sytuacji umożliwiającej korzystanie z systemu Park and Ride nie jest wystarczające. Nie znaleziono związku między uznaniem słuszności proekologicznych działań ograniczających ruch samochody w centrum, a korzystaniem z parkingów przesiadkowych: 66% ankietowanych uznało nakładane ograniczenia za słuszne, jednocześnie nie deklarując chęci korzystania z systemu. Jako czynniki wpływające na wybór parkingu P&R wskazano: posiadanie wartościowego samochodu (obawa przed kradzieżą z niestrzeżonego parkingu w centrum), informacje o parkingu przesiadkowym (kampania promocyjna w mediach) i posiadanie karty promocyjnej, stanowiącej zachętę finansowa.

Pomimo, że jeszcze roku 2002 na biletach komunikacji zbiorowej widniał nadruk P+R, system nie funkcjonował. Do upadku idei P&R przyczynił się szereg czynników, wśród których można wyszczególnić: brak chęci władz miasta do rozwoju systemu (poprzestano wyłącznie na czterech parkingach, położonych zbyt blisko centrum) oraz bardzo słabo promowano system w mediach. Spowodowało to coraz niższe zainteresowanie podróżowaniem w systemie P&R oraz stopniową degradację systemu.

Badania dotyczące wpływu parkingów Park and Ride na zmiany w zachowaniach komunikacyjnych są prowadzone bardzo rzadko. Dotyczą one najczęściej opisu istniejącej sytuacji nie wspominając raczej o gotowości do korzystania z P&R. W warunkach krajowych, gdzie system Park and Ride praktycznie nie funkcjonuje nie ma możliwości uzyskania odpowiedzi odzwierciedlających rzeczywiste zachowania, czyli badania typu „RP” (Revealed Preferences), a jedynie na hipotetycznych odpowiedziach mających charakter deklaracji – badania typu „SP” (Stated Preferences). Najpoważniejszym problemem, z jakim można się spotkać przy przeprowadzaniu ankiet jest nie tyle (co zrozumiałe) brak doświadczenia z korzystania z parkingów przesiadkowych ale przede wszystkim brak wiedzy na temat. Wyniki ankiet będą więc obarczone błędem, którego nie jesteśmy w stanie kwantyfikować i wyeliminować. Jednakże wydaje się, że jest to jedyny sposób, aby uzyskać informacje bezpośrednio od potencjalnych użytkowników systemu Park and Ride.

3.2 Sondażowe badania własne, dotyczące preferencji w korzystaniu z Park and Ride w warunkach krajowych.

W celu sprawdzenia, jakie czynniki mogą skłonić użytkowników do korzystania z systemu Parkuj i Jedź w warunkach krajowych przygotowano w ramach pracy magisterskiej [38] (której autor był konsultantem) ankietę zawierającą 13 podstawowych uwarunkowań. Zostały one dobrane na podstawie przeglądu literatury i wyników ankiet przeprowadzonych w Groningen [73] i w Helsinkach [52].

Wyselekcjonowane czynniki przedstawia tablica 3.3:

Tabl. 3-3. Zestawienie czynników wpływających na ewentualne korzystanie z systemu Park and Ride.

<ol style="list-style-type: none">1. Nieznajomość miasta,2. Brak możliwości pozostawienia pojazdu w rejonie celu podróży (zakaz postoju, strefy płatnego parkowania, niedostateczna liczba miejsc postojowych),3. Wysokie opłaty za miejsca parkingowe w centrum miasta, limitowany czas postoju,4. Troska o samochód – obawa przed kradzieżą czy włamaniem (pozostawienie pojazdu na parkingu strzeżonym P+R),5. Przeciążenie i zatłoczenie ulic wiodących do celu podróży,6. Skrócenie czas dojazdu ze źródła do celu podróży,7. Wygoda podróży (nappełnienie pojazdu komunikacji zbiorowej, punktualność, częstotliwość kursowania pojazdów komunikacji zbiorowej),8. Bezprzesiadkowe podróżowanie środkami komunikacji zbiorowej,9. Względy finansowe: bezpłatny (niski) koszt parkowania w systemie P+R, karty promocyjne, abonament, płatność bezgotówkowa, wspólna opłata za parking i bilet komunikacji zbiorowej,10. Tablice informacyjne o sposobie dojazdu do parkingu P+R,11. Brak wystarczających umiejętności poruszania się po mieście,12. Względy ekologiczne: ochrona przed hałasem, ochrona dóbr kultury, itp.13. Motywacja podróży.
--

Zadaniem ankietowanego było wskazanie czterech, jego zdaniem najistotniejszych czynników, które zachęciłyby go do korzystania z parkingów „P&R”. Ankietę przeprowadzono w marcu 2002 roku wśród 78 losowo wybranych kierowców w Krakowie i 53 w Rzeszowie.

Ankietowani zapoznawali się z zaproponowanymi czynnikami (załącznik 3-1a i 3-1b), spośród których wybierali cztery.

W celu sprawdzenia, czy wyniki ankiet przeprowadzonych w Krakowie i Rzeszowie można traktować jako jedną próbę, przeprowadzono test istotności dla dwóch wskaźników struktury. Statystyka tego testu, wyraża się wzorem (3.1) [20]:

$$u = \frac{\frac{m_1}{n_1} - \frac{m_2}{n_2}}{\sqrt{\frac{\bar{p}\bar{q}}{n}}} \quad (3.1)$$

gdzie: m_1, m_2 – liczba elementów wyróżnionych w próbach ;

n_1, n_2 – liczebności obu prób;

$$\bar{p} = \frac{m_1 + m_2}{n_1 + n_2}$$

$$\bar{q} = 1 - \bar{p}$$

$$n = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$$

Jako frakcję elementów wyróżnionych przyjęto procent najczęściej wybieranego czynnika przez ankietowanych (brak możliwości pozostawienia pojazdu w pobliżu celu podróży – 13,8%). Ponieważ statystyka testu $|u|=0,55 < u_\alpha=1,96$ (poziom istotności $\alpha=0,05$), nie ma podstaw do odrzucenia sprawdzanej hipotezy o równości wskaźnika struktury w badanych dwóch zbiorowościach, co oznacza, że ankiety przeprowadzone w Rzeszowie i Krakowie można traktować jako pochodzące z jednej populacji i połączyć w dalszych analizach w jedną próbę.

W celu określenia maksymalnego błędu oszacowania wskaźnika struktury skorzystano z zależności (3.2) wg [20]:

$$b = \sqrt{\frac{u_\alpha^2 p(1-p)}{n}} \quad (3.2)$$

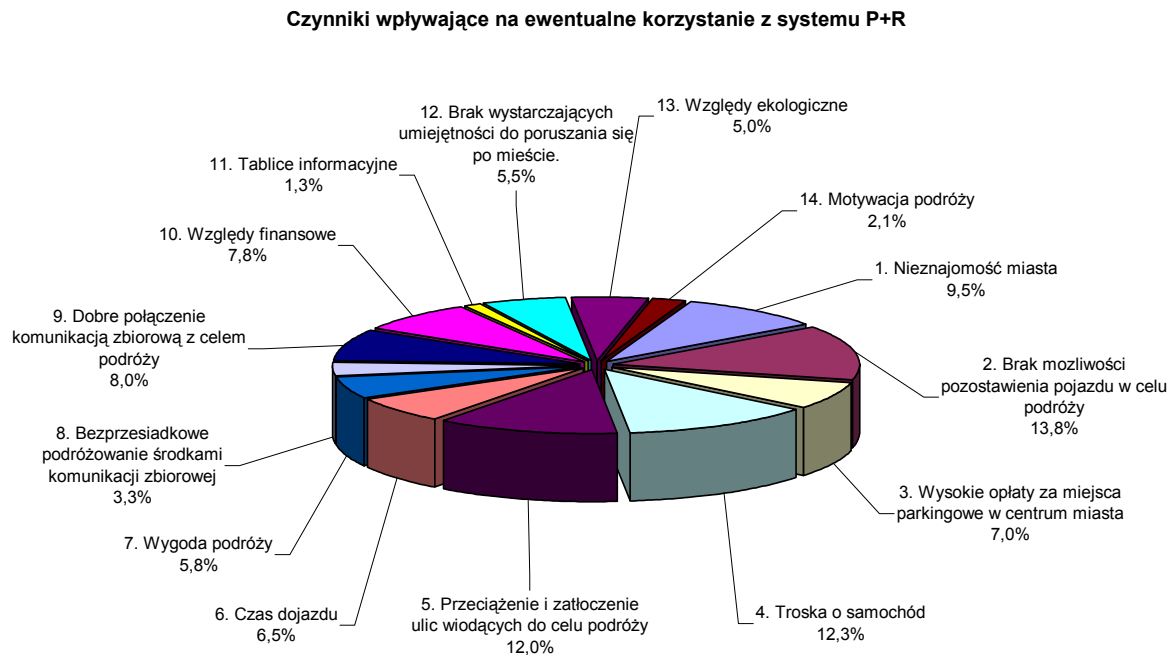
gdzie: b – maksymalny błąd oszacowania wskaźnika struktury;

p – wartość wskaźnik struktury;

n – liczebność próby;

u_α – wartość krytyczna, wzięta z rozkładu normalnego standaryzowanego.

Dla wyznaczenia wskaźnika struktury, wybrano czynnik, który był najczęściej wskazywany przez respondentów – brak możliwości pozostawienia pojazdu w pobliżu celu podróży, $p=0,138$. Dla założonego poziomu ufności $\alpha=0,95$ uzyskano błąd oszacowania wskaźnika struktury $b=5,9\%$. Aby zmniejszyć błąd do wartości 3%, należałoby wykonać 508 ankiet. Jednakże przygotowana ankietę miała charakter pilotażowy, pozwalający zebrać doświadczenia potrzebne do dalszych szczegółowych badań. Dlatego wielkość błędów szacunku ma w tej fazie analiz charakter drugorzędny. Rysunek 3-1 przedstawia procentowy udział wskazań poszczególnych czynników.



Rysunek 3-1 Procentowy udział wskazań czynników wpływających na potencjalne korzystanie z systemu P&R – badania ankietowe w Krakowie i Rzeszowie.

Jako najistotniejszy czynnik mobilizujący kierowców do skorzystania z P&R ankietowani wskazali brak możliwości pozostawienia samochodu w pobliżu celu podróży (13,8% ankietowanych wskazało ten czynnik jako jeden z czterech). Kolejne warunki istotne dla użytkowników to obawa o bezpieczeństwo samochodu (12,3%), przeciążenie i zatłoczenie ulic wiodących do centrum miasta (12%) oraz nieznajomość miasta (9,5%). Pozostałe czynniki miały kilkuprocentowy udział we wskazaniach. Zastanawiający jest fakt stosunkowo rzadko wskazywanego skrócenia czasu dojazdu ze źródła do celu podróży, oraz wysoki udział czynnika „nieznajomość miasta” (P&R jest wykorzystywany w głównej mierze przez osoby znające miasto, w tym mieszkańców przedmieść i miejscowości podmiejskich). Może to wynikać z niezrozumienia przez ankietowanych zasad funkcjonowania systemu P&R. Otrzymane wyniki posłużyły do przygotowania kolejnej ankiety, badającej preferencje potencjalnych użytkowników systemu „Parkuj i jedź”.

3.3 Badania dotyczące charakterystyki potencjalnych użytkowników i ich gotowości do płacenia za P&R.

Kolejna ankieta zawierała pytania dotyczące: adresu źródła podróży, odległości z parkingu do celu podróży, czasu parkowania oraz deklarowanych opłat za korzystanie z systemu. Dodatkowo rejestrowano wiek, płeć, wykształcenie i charakter pracy ankietowanego (Załącznik 3-2). Ankiety zostały przeprowadzone wśród kierowców na parkingach zlokalizowanych w centrum Krakowa i Rzeszowa w dzień roboczy między godz. 10⁰⁰ - 14⁰⁰. Udzielane odpowiedzi dotyczyły w części sytuacji hipotetycznej i nie wynikały z doświadczeń respondentów w korzystaniu z systemu Park and Ride.

Z ankietowania wyłączono tych mieszkańców śródmieścia Krakowa i Rzeszowa, którzy z racji miejsca zamieszkania nie korzystaliby z systemu P&R. Łącznie uzyskano 200 ankiet,

z czego 120 w Krakowie a 80 w Rzeszowie. Strukturę wieku i płci ankietowanych osób przedstawia tablica nr 3-4.

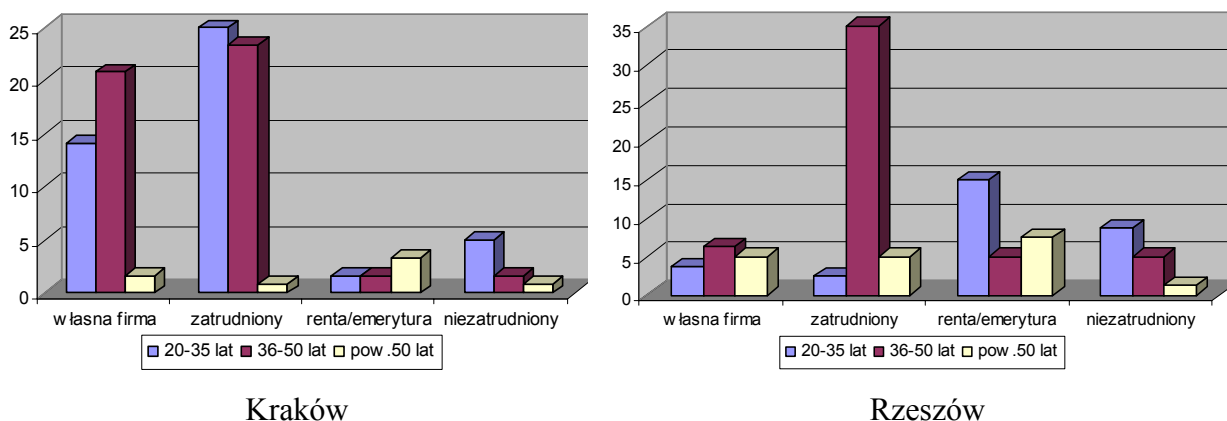
Tablica 3-4. Struktura wieku i płci ankietowanych.

Wiek	Kraków		Rzeszów	
	Kobiety	Mężczyźni	Kobiety	Mężczyźni
20-35lat	22	36	12	22
Powyżej 36 lat	8	54	20	26
	Razem: 120		Razem: 80	

Ponownie przeprowadzono test istotności dla dwóch wskaźników struktury (zgodnie z zależnością (3-1), przy czym jako frakcję elementów wyróżnionych przyjęto najczęściej wskazywany przedział czasu parkowania w śródmieściu (1-2 godzin). Statystyka testu $|u|=4,47 > u_{\alpha}=1,96$ (dla poziomu istotności $\alpha=0,05$) więc są podstawy do odrzucenia sprawdzanej hipotezy o równości dwóch wskaźników struktury w badanych zbiorowościach. Oznacza to, że obu prób nie można traktować jako pochodzących z jednej populacji i dalsze analizy przeprowadzono oddzielnie dla obu miast. Wyznaczono błąd szacowanego wskaźnika struktury (zgodnie z zależnością 3-2, dla poziomu ufności $\alpha=0,95$), który wyniósł 5,9% dla Krakowa (przy wartości wskaźnika struktury 49%) i 6,7% dla Rzeszowa (przy wartości wskaźnika struktury 37%). Uzyskane wartości błędów są wysokie, co pozwala uznać wyniki za sondażowe, a nie reprezentatywne dla całej badanej populacji.

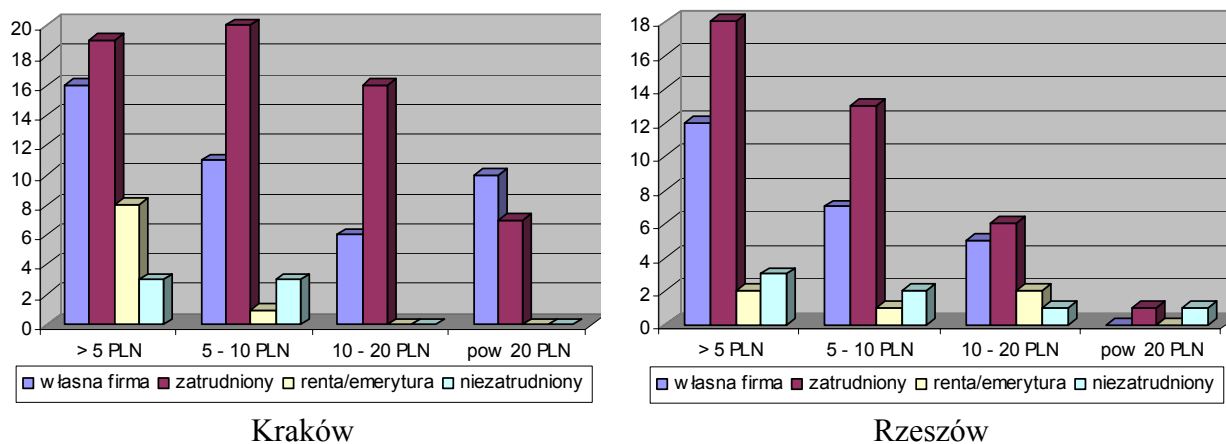
Zestawienie charakterystyk ankietowanych dotyczących zatrudnienia wykazuje bardzo duże zróżnicowanie w analizowanych miastach w zależności od aktywności zawodowej oraz od przedziałów wiekowych.

Na rysunku 3-2 przedstawiono strukturę zatrudnienia i wieku ankietowanych w Krakowie i Rzeszowie.



Rys. 3-2 Charakterystyka ankietowanych ze względu na wiek i aktywność zawodową.

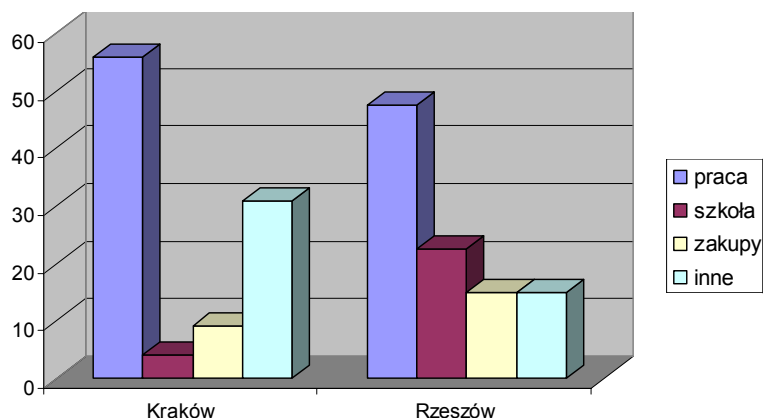
Na podstawie wyników ankiety można zaobserwować wyraźną różnicę w charakterze zatrudnienia w analizowanych miastach. Podczas gdy w Krakowie zanotowano 35 wskazań na prowadzenie własnej firmy to w Rzeszowie już tylko 12. Ponadto znacznie więcej osób młodych (w wieku 20-35 lat) wskazało ze jest zatrudnionych bądź prowadzi własną firmę (39 wskazań w Krakowie i 5 w Rzeszowie). W Rzeszowie zaskakująco duży jest udział osób młodych będących na rencie (15 wskazań). Może to świadczyć o zamożności mieszkańców miast i wpłynąć na postrzeganie systemu P&R. Aby sprawdzić, jak rodzaj aktywności zawodowej wpływa na wysokość deklarowanych kwot, przedstawiono zestawienie na rysunku 3-3.



Rys. 3-3. Udział osób deklarujących wysokość opłat za parkowanie w systemie P&R.

Pomimo różnic w aktywności zawodowej ankietowanych, deklarowane opłaty za system Park and Ride są zbliżone. W przypadku Rzeszowa, tendencja częstości wskazań przedziałów poszczególnych cenowych ma charakter spadkowy we wszystkich grupach zawodowych, przy czym najwięcej wskazań w każdej grupie miał przedział poniżej 5 PLN (łącznie 38% w Krakowie i 47% w Rzeszowie). W Krakowie rozkład odpowiedzi był zróżnicowany w zależności od rodzaju zatrudnienia. Wprawdzie najwięcej wskazań globalnie miał przedział najniższy, to w poszczególnych grupach zawodowych rozkładało się to inaczej. W grupie „zatrudniony na etacie” najwięcej wskazań (20) przypadło na przedział 5-10 PLN, natomiast w grupie „własna firma” najwięcej wskazań (19) przypadło na przedział najniższy. Stosunkowo duży udział przedziału cenowego powyżej 20 PLN (łącznie 17 wskazań) w Krakowie wobec 2 wskazań w Rzeszowie, może świadczyć nie tyle o zasobności portfela respondentów krakowskich, co o braku zrozumienia zasady funkcjonowania parkingów P&R i związanych z tym kosztów. W przypadku wyznaczenia wysokości opłat jako średniej ważonej (do obliczeń przyjęto środki deklarowanych przedziałów), okazuje się, że dla Krakowa średnia wysokość opłat to 8,7 PLN a dla Rzeszowa 6,9 PLN. Należy pamiętać, że opłaty mają charakter deklaracji, więc mogą nie mieć wiele wspólnego z rzeczywistymi decyzjami.

Bardzo ważną cechą mającą wpływ na korzystanie z parkingów P&R jest motywacja podróży. Założona następujące grupy motywacji: praca, szkoła (nauka), zakupy i inne (np. spotkanie towarzyskie, teatr). Rysunek 3-4 przedstawia poszczególne motywacje podawane przez ankietowanych.

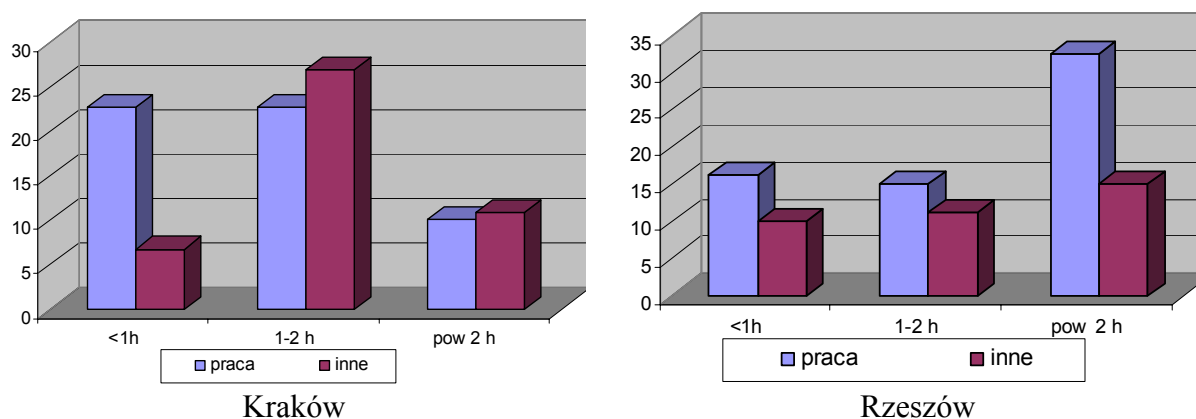


Rysunek 3-4. Zestawienie motywacji podróży ankietowanych w Krakowie i Rzeszowie.

Najliczniejszą grupę stanowiła motywacja związana z pracą (55 wskazań w Krakowie i 47 wskazań w Rzeszowie), co wynika z godziny przeprowadzenia ankiet. Należy zaznaczyć, że pytanie odnosiło się do motywacji aktualnie odbywanej podróży. Można zauważyć stosunkowo niewielki udział parkujących w centrum Krakowa w związku z nauką, a znaczący w Rzeszowie.

Ankietowanych pytano również o czas parkowania w centrum miast. Dzięki tej informacji można oszacować minimalny czas parkowania potencjalnych użytkowników w systemie P&R. Należy pamiętać, że opłaty za parkowanie w centrum są stosunkowo wysokie (w Krakowie 3 PLN/godz., w Rzeszowie 1,5 PLN/godz.), więc każdy stara się ograniczyć czas parkowania do niezbędnego minimum. W przypadku parkingów P&R presja wysokiej opłaty za dłuższe parkowanie jest niższa, co może wpłynąć na zwiększenie czasu parkowania.

Wydaje się, że czas parkowania ma związek nie tylko z ewentualnymi kosztami poniesionymi z tytułu opłat, ale również z motywacją odbytej podróży. Rysunek 3-5 przedstawia czas parkowania w powiązaniu z motywem podróży w analizowanych miastach.



Rysunek 3-5 Czas parkowania w centrum miast w zależności od motywacji.

Aby zbadać związek pomiędzy motywacją a czasem parkowania przeprowadzono test niezależności χ^2 [20]. Dla spełnienia wymogów formalnych testu (min 8 elementów w każdej kratce tablicy kontyngencyjnej) połączono motywacje szkoła, zakupy i inne, których liczebności często były mniejsze od 8, w jedną grupę nazwaną „inne” (zał. 3-3). Tablica 3-4 przedstawia liczbę ankietowanych deklarujących motywację „praca” i „inne”.

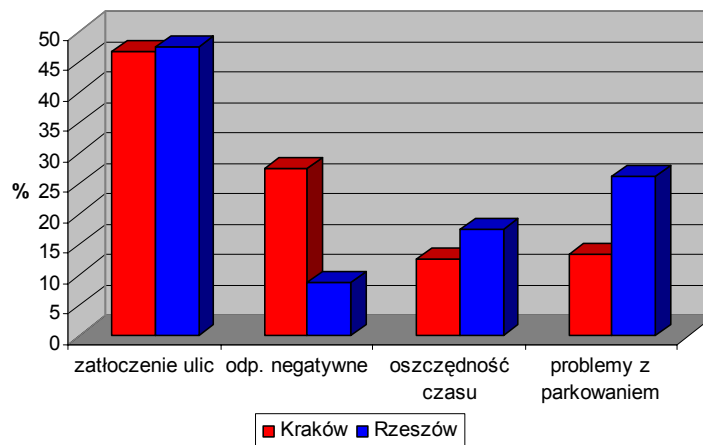
Tablica 3-4 Tablica niezależności χ^2 dla wyników ankiet z poszczególnych miast.

Kraków		Czas parkowania			n_i	p_i
motywacja	<1h	1-2 h	pow 2 h			
praca	0,1631	0,2657	0,1072	66	0,55462	
	27	27	12			
	19	32	13			
inne	0,1310	0,2133	0,0861	53	0,44538	
	8	32	13			
	16	25	10			
n_i	35	57	23	119		
p_i	0,2941	0,4790	0,1933		1,0000	

Rzeszów		Czas parkowania				
motywacja	<1h	1-2 h	pow 2 h	n_i	p_i	
praca	0,1673	0,1673	0,3028			
	13	12	26	51	0,63750	
inne	0,0952	0,0952	0,1722			
	8	9	12	29	0,36250	
n_i	21	21	38	80		
p_i	0,2625	0,2625	0,4750		1,0000	

Po przetworzeniu danych zawartych w tablicach niezależności dla Krakowa i Rzeszowa, porównano statystyki testu $\chi^2_{Kraków}$ oraz $\chi^2_{Rzeszów}$ z wartością krytyczną χ^2_α (odczytaną z tablicy rozkładu χ^2 [20], dla poziomu istotności $\alpha=0,05$ i liczby stopni swobody $n=r-1$, gdzie r oznacza liczbę klas ($r=3$) stąd $n=2$, $\chi^2_\alpha=5,99$). Ponieważ $\chi^2_{Kraków} = 9,84 \geq \chi^2_\alpha = 5,99$ oraz $\chi^2_{Rzeszów} = 6,73 \geq \chi^2_\alpha = 5,99$ odrzucono prawdziwość hipotez H_0 Kraków i H_0 Rzeszów dotyczących niezależności wskazanych cech, co wskazuje, że motywacja podróży w sposób istotny wpływa na czas parkowania. Można zaobserwować, że czas parkowania związany z pracą najczęściej występuje Rzeszowie (31 wskazań) i znacznie mniej w Krakowie (9 wskazań). Natomiast parkowanie poniżej 2 godzin częściej było wskazywane w Krakowie (łącznie 44 wskazania) niż w Rzeszowie (29 wskazań). Taki rozkład czasu parkowania w obu miastach może być związany z charakterem zatrudnienia (w Krakowie zaobserwowano znacznie więcej osób prowadzących własną firmę) i koniecznością krótkich wizyt np. w urzędach. W obu miastach przedziały czasu parkowania (poniżej 1 godziny i 1-2 godzin) mają taki sam udział – w Krakowie 21 wskazań na każdy z przedziałów a w Rzeszowie 15 wskazań.

Ostatnie pytanie dotyczyło czynników, które mogą zaważyć na wyborze systemu Park and Ride przez użytkownika. Do ankiety wybrano trzy najbardziej istotne warunki, dobrane na podstawie ankiety wstępnej (brak możliwości pozostawienia pojazdu w pobliżu celu podróży, przeciążenie i zatłoczenie ulic oraz czas dojazdu). W pytaniu tym odnotowano również odpowiedzi ankietowanych nie zainteresowanych możliwością korzystania z systemu P&R. Rysunek 3-6 zestawia procentowy udział poszczególnych czynników wskazanych przez ankietowanych w Krakowie i Rzeszowie.



Rysunek 3-6. Wybór czynników przez ankietowanych.

Najistotniejszym czynnikiem mobilizującym kierowców do pozostawienia samochodów na parkingach P&R (45 ankietowanych w Krakowie i 46 w Rzeszowie wskazało ten czynnik jako jeden z czterech) jest przeciążenie i zatłoczenie ulic wiodących do celu podróży. Kolejne czynniki, które okazały się być istotne dla użytkowników to brak możliwości pozostawienia pojazdu w pobliżu celu podróży (11 wskazań w Krakowie i 25 wskazań w Rzeszowie) i oszczędność czasu (odpowiednio 10 i 15 ankietowanych). Znacznie więcej osób nie było zainteresowanych systemem P&R w Krakowie – 28, niż w Rzeszowie – 9. Fakt ten można tłumaczyć większym przywiązaniem do samochodu lub większym udziałem u ankietowanych osób traktujących samochód jako narzędzie pracy.

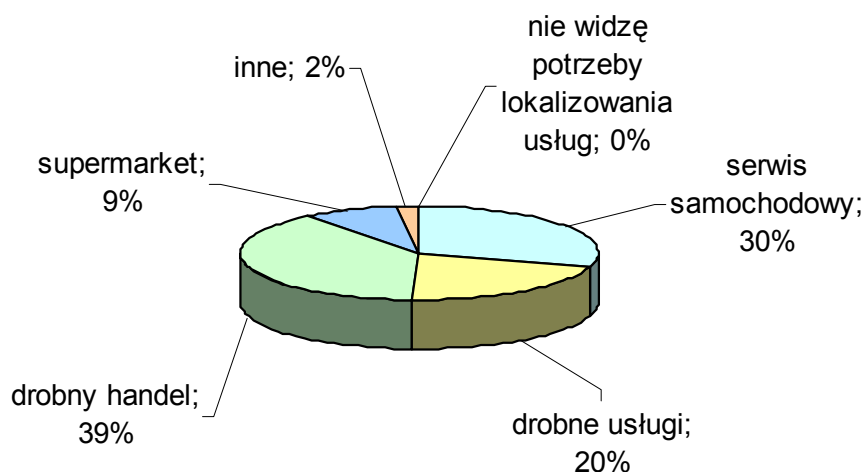
3.4 Ankieta dotycząca zagospodarowania parkingu przesiadkowego.

Sposób zagospodarowania parkingu przesiadkowego jest bardzo istotnym elementem mogącym skłonić lub zniechęcić użytkowników do korzystania z systemu P&R [8]. W Polsce nie przeprowadzono dotychczas żadnych szczegółowych badań w tym zakresie. W ramach pracy magisterskiej [69], której autor był konsultantem, przeprowadzono ankietę dotyczącą potrzeb potencjalnych użytkowników systemu Park and Ride odnośnie zagospodarowania samego parkingu oraz jego otoczenia. Ankieta została przeprowadzona w Krakowie, wśród osób parkujących w śródmieściu (Plac Szczepański, Plac Św. Ducha, ul. Szlak). Ankietowani zostali krótko poinformowani o zasadzie funkcjonowania parkingów Park and Ride. Wzór ankiety przedstawia załącznik 3-4. Potrzebną liczebność ankiety uzyskano na podstawie zależności 3-2, przy czym przyjęto wariant najbardziej niekorzystny (przy wskaźniku struktury $p=0,5$). Ponieważ przeprowadzone badanie miały charakter sondażowy i dotyczyły hipotetycznej sytuacji, (co mogło przysporzyć respondentom trudności w udzieleniu właściwej odpowiedzi) wydaje się, że można dopuścić wielkość maksymalnego błędu oszacowania wskaźnika struktury na poziomie $b=10\%$. Poziom ufności przyjęto $1-\alpha=0,95$. Dla tak przyjętych założeń, liczebność próby powinna wynosić $n=97$ ankiet (dla błędu oszacowania wskaźnika struktury $b=5\%$, liczebność powinna wynosić $n=385$ ankiet). W ramach badań przeprowadzono 100 wywiadów.

Pierwsze pytanie ankiety dotyczyło oczekiwanego rodzaju działalności usługowej w bezpośrednim otoczeniu parkingu przesiadkowego. Ankietowani mieli wskazać, jaki charakter powinny mieć ewentualne firmy, wybierając spośród następujących:

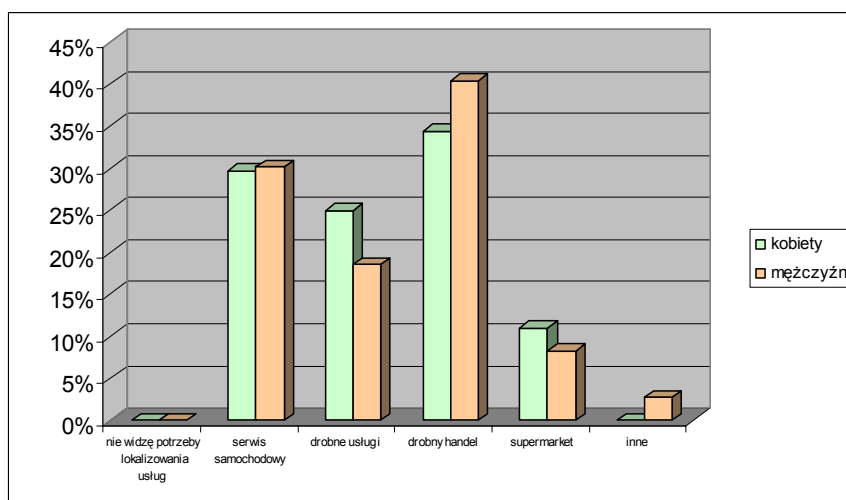
- Serwis samochodowy (w zakresie podstawowych usług),
- Drobny handel (kiosk z gazetami, mały sklep spożywczy itp.),
- Drobne usługi (dorabianie kluczy, usług szewskie itp.),
- Supermarket,
- Nie ma potrzeby lokalizowania żadnych usług i handlu,
- Inne (należy podać jakie).

Respondenci mogli wskazać więcej niż jedną odpowiedź. Procentowy udział we wskazaniach poszczególnych możliwości przedstawia rysunek 3-7:



Rys. 3-7. Zestawienie odpowiedzi ankietowanych dotyczące charakteru działalności usługowej w otoczeniu parkingu P&R [%].

Można zauważyć, że żaden z ankietowanych nie wskazał braku potrzeby lokalizowania działalności usługowej w okolicy parkingu przesiadkowego. Potwierdza to wyniki badań holenderskich [8], w których wskazywano na konieczność zapewnienia kontaktu z innymi ludźmi. Najwięcej wskazań (39%) padło na drobny handel i serwis samochodowy (30%). Wydaje się to oczywiste, że ankietowani chcieliby mieć możliwość kupna gazety czy wykonania ewentualnych drobnych napraw w samochodzie. Ciekawym jest fakt, że 9% ankietowanych chciałoby mieć w pobliżu supermarket i możliwość zrobienia zakupów przy okazji wyjazdu do pracy. Wprawdzie udział we wskazaniach nie jest duży, ale może sugerować łączenie funkcji parkingów (parkingu dla klientów i parkingi przesiadkowego) przy supermarketach. Udzielane wskazania były bardzo podobne w przypadku kobiet i mężczyzn. Rysunek 3-8 przedstawia udział wskazań na wymienione usługi w zależności od płci ankietowanych.



Rys. 3-8. Wpływ płci na wskazania dotyczące rodzaju usług w otoczeniu parkingu Park and Ride.

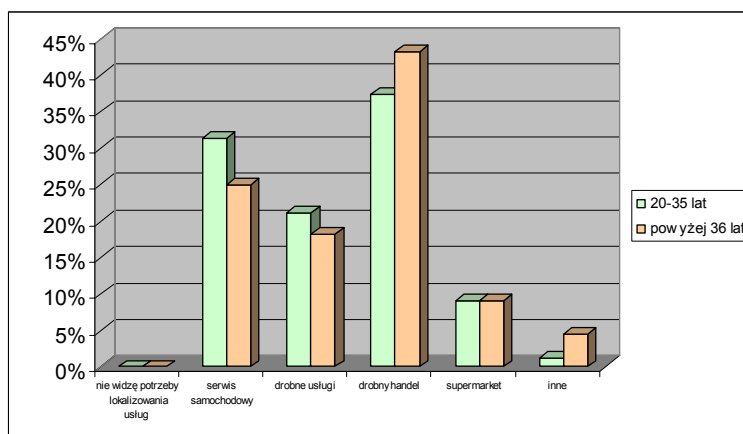
Charakter udzielanych odpowiedzi jest zbliżony i wydaje się, że płeć nie ma znaczenia dla udzielanych odpowiedzi. Aby sprawdzić czy zachodzą istotne różnice w udzielanych odpowiedziach przeprowadzono test istotności dla dwóch wskaźników struktury, dla każdej grupy odpowiedzi w zależności od płci, zgodnie z zależnościami 3-1. Wyniki przedstawia tablica 3-5:

Tablica 3-5. Statystyka $|u|$ testu istotności dla wpływu płci na wskazania w ankiecie.

Rodzaj zagospodarowania	Statystyka testu $ u $	Wartość krytyczna statystyki u_{α} , dla poziomu istotności $\alpha=0,05$
Serwis samochodowy	0,06	1,96
Drobne usługi	1,07	
Drobny handel	0,83	
Supermarket	0,63	
Inne	1,34	

Ponieważ w każdym przypadku statystyka testu $|u|$ jest mniejsza od wartości krytycznej u_{α} , co oznacza, że nie ma podstaw do odrzucenia sprawdzanej hipotezy zerowej o równościach udzielanych odpowiedzi przez obie płcie. Oznacza to, że nie ma istotnych różnic w udzielanych wskazaniach między kobietami i mężczyznami.

Podobną tendencję można zaobserwować w przypadku wpływu wieku ankietowanego na udzielane odpowiedzi. Rysunek 3-9 przedstawia udział wskazań na wymienione usługi.).



Rys. 3-9 Wpływ wieku respondentów na wskazania dotyczące rodzaju usług zagospodarowania otoczenia parkingu Park and Ride.

Pomimo, że ankieta była przygotowana dla trzech grup wiekowych (20-35, 36-50 i powyżej 50 lat), w zestawieniach dwie ostatnie grupy połączono w jedną. Przyczyną była bardzo mała liczba ankietowanych w grupie „powyżej 50 lat” (tylko 4 osoby). Również w tym przypadku wyniki ankiety są zbliżone w obu grupach. Aby sprawdzić, czy występują istotne różnice między wskazaniami obu grup wiekowych przeprowadzono ponownie test istotności. Tablica 3-6 przedstawia wyniki testu istotności dla dwóch wskaźników struktury, przy czym frakcją elementów wyróżnionych były grupy wiekowe.

Tablica 3-6. Statystyka $|u|$ testu istotności dla wpływu wieku ankietowanych na wskazania.

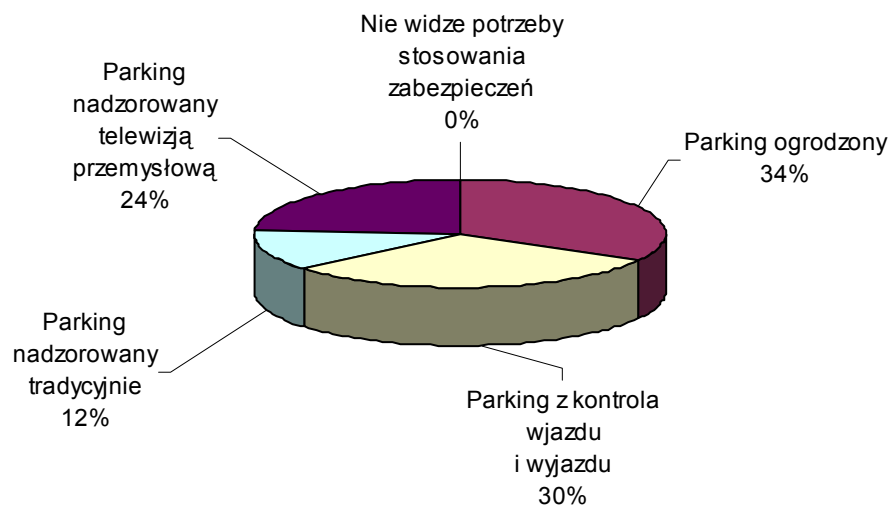
Rodzaj zagospodarowania	Statystyka testu $ u $	Wartość krytyczna statystyki u_{α} , dla poziomu istotności $\alpha=0,05$
Serwis samochodowy	0,81	1,96
Drobne usługi	0,42	
Drobny handel	0,71	
Supermarket	0,01	
Inne	1,44	

Również i tym razem w każdym przypadku statystyka testu $|u|$ jest mniejsza od wartości krytycznej u_α . Ponieważ nie ma podstaw do odrzucenia sprawdzanej hipotezy zerowej o równościach udzielanych odpowiedzi przez obie grupy wiekowe, oznacza to, że nie ma istotnych różnic w udzielanych wskazaniach.

Kolejne zagadnienie związane z badaniem preferencji użytkowników systemu Park and Ride, odnosi się do bezpieczeństwa na parkingach. Jak pokazują badania prowadzone w krajach zachodnich [8], jest to ważny czynnik motywujący do korzystania z systemu. W badaniach własnych zapytano respondentów, jaką formę zapewnienia bezpieczeństwa preferują. Ankietowani mieli do wyboru następujące formy zabezpieczenia:

- Parking ogrodzony,
- Parking nadzorowany tradycyjnie,
- Parking nadzorowany z wykorzystaniem kamer telewizji przemysłowej,
- Parking z kontrolą wjazdu i wyjazdu,
- Nie widzę potrzeby stosowania jakichkolwiek urządzeń zabezpieczających.

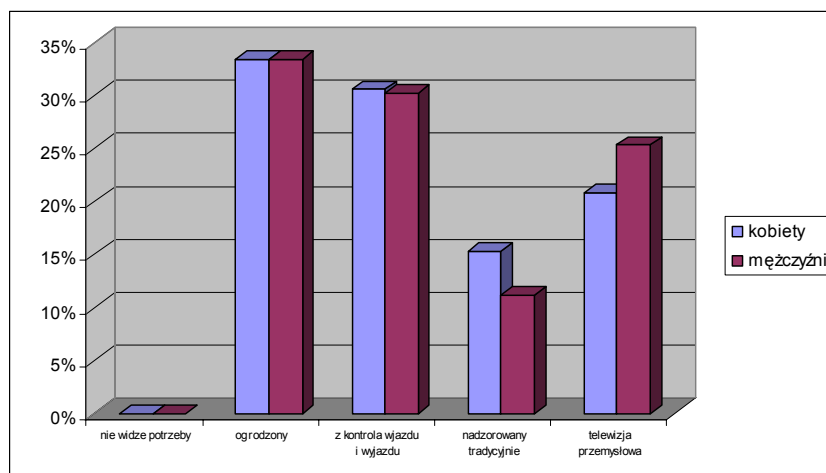
Udział poszczególnych sposobów zabezpieczenia parkingu we wskazaniach przedstawia rysunek 3-10:



Rys. 3-10. Procentowy udział poszczególnych sposobów zapewnienia bezpieczeństwa na parkingach.

Nikt z ankietowanych nie wskazał na brak potrzeby zapewnienia jakichkolwiek zabezpieczeń. Może to oznaczać, że bezpieczeństwo na parkingach jest traktowane bardzo poważnie przez użytkowników. Stosunkowo mała część wskazań padła na parking nadzorowany tradycyjnie (12%), czyli strażnika pilnującego samochodów. Znacznie ważniejszym okazała się kontrola wjazdu i wyjazdu (30%), a przede wszystkim - ogrodzenie parkingu (34%). Dopiero takie środki mogą zapewnić, zdaniem ankietowanych, bezpieczeństwo na parkingach.

Zestawienie sposobów zabezpieczeń wskazywanych przez respondentów w zależności od płci przedstawia rysunek 3-11:



Rys. 3-11. Wskazania kobiet i mężczyzn na sposoby zabezpieczeń parkingów przesiadkowych.

Udzielane odpowiedzi były bardzo zbliżone w przypadku kobiet i mężczyzn. Niewielka różnica pojawiła się tylko w przypadku nadzoru tradycyjnego (gdzie kobiety częściej wskazywały tę opcję - 15% wskazań przez kobiety i 11% wskazań przez mężczyzn) oraz w przypadku nadzoru kamerami przemysłowymi (tę opcję mężczyźni wybierali częściej - 25% wskazań, wobec 21% u kobiet).

Ponieważ udział wskazań dla obu płci jest zbliżony, wykonano test istotności dla dwóch wskaźników struktury (zgodnie z zależnościami 3-1), aby sprawdzić, czy płeć ma istotny wpływ na udzielane odpowiedzi. Wyniki testu zestawiono w tabelicy 3-7:

Tablica 3-7. Statystyka $|u|$ testu istotności dla wpływu płci ankietowanych na wskazania dotyczące rodzaju zabezpieczeń na parkingach P&R.

Rodzaj zabezpieczenia	Statystyka testu $ u $	Wartość krytyczna statystyki u_{α} , dla poziomu istotności $\alpha=0,05$
Parking ogrodzony	0,00	1,96
Parking z kontrolą wjazdu i wyjazdu	0,05	
Parking nadzorowany tradycyjnie	0,89	
Parking nadzorowany telewizją przemysłową	0,74	

Ponieważ statystyka testu $|u|$ jest w każdym z przypadków mniejsza od wartości krytycznej u_{α} , nie ma podstaw do odrzucenia sprawdzanej hipotezy o takim samym udziale wskazań przez obie płcie. Oznacza to, że wskazania przez mężczyzn i kobiety można traktować jako pochodzące z jednej populacji.

3.5 Wnioski z rozdziału 3.

Badania użytkowników systemu Park and Ride są stosunkowo powszechne w krajach, w których on funkcjonuje. Pozwalają one opracować skuteczny plan działania zwiększający popularność systemu i wpływający na zachowania komunikacyjne jego użytkowników. Szeroki poligon badawczy, jaki daje sieć parkingów Park and Ride pozwala na opisanie rzeczywistych preferencji użytkowników. W Polsce, gdzie systemu praktycznie nie ma, pozostają jedynie

badania bazujące na deklarowanych odpowiedziach, o wiele mniej wiarygodne w stosunku do badań bazujących na rzeczywistych doświadczeniach ankietowanych. Wyniki badań holenderskich czy szwedzkich czy angielskich wykazują, że użytkownicy wykorzystują parkingi P&R nie tylko jako element podróży do pracy, ale również przy dojazdach na zakupy, a decyzje o wyborze tego sposobu podróżowania podejmują już w domu (97% ankietowanych). Ciekawe są również wyniki ankiet mających na celu wskazanie czynników decydujących o wyborze systemu P&R jako środka podróżowania. Wg badań szwedzkich najważniejsze dla użytkowników jest dogodna lokalizacja parkingu i zapewnienie bezpieczeństwa, natomiast w Holandii wykazano wysoką wagę punktualności i częstotliwości kursowania pojazdów komunikacji zbiorowej. Różne postrzeganie przez użytkowników systemu P&R może wskazywać na bardzo ostrożne przenoszenie doświadczeń z jednego kraju do drugiego. Wydaje się, że wyniki badań krajowych mogą potwierdzać to przypuszczenie. Zgodnie z wynikami ankiety przeprowadzonej w Krakowie i Rzeszowie najważniejszymi czynnikami, okazują się problemy parkingowe czy straty czasu. Kwestie związane z komunikacją zbiorową pojawiają się na dalszym planie.

Przeprowadzone ankiety dały wstępny, ogólny pogląd na preferencje potencjalnych użytkowników systemu Parkuj i Jedź. Średni czas parkowania w centrum miasta to 1-2 godzin - w Krakowie i powyżej 2 godzin - w Rzeszowie. Zbliżony charakter odpowiedzi dotyczył wysokości opłat w korzystaniu z systemu P&R, czy wskazanych czynników mobilizujących do korzystania z systemu. Koszty za korzystanie z P&R, jakie gotowi są ponieść średnio 8,7 PLN w Krakowie i 6,9 PLN w Rzeszowie. Jako czynnik, który skłoniłby ankietowanych do korzystania z systemu P&R w obu miastach wskazano na utrudnienia w ruchu spowodowane zatłoczeniem ulic wiodących do centrum miast – 45% w Krakowie i 46% w Rzeszowie.

Opracowano również ankietę dotyczącą preferowanych rodzajów zagospodarowania parkingu i jego otoczenia. Najwięcej wskazań miał drobny handel (39%), serwis samochodowy (30%) i drobne usługi (20%). Zarówno płeć jak i wiek nie miały wpływu na wybór opcji zagospodarowania przez użytkowników. W przypadku zabezpieczeń parkingu najczęściej wskazywano konieczność ogrodzenia parkingu (34%), kontrole wjazdu i wyjazdu (30%) i nadzór telewizją przemysłową (24%). Nie zaobserwowano również wpływu płci na udzielane odpowiedzi.

4. Określenie kosztu uogólnionego podróży w systemie Park and Ride.

4.1 Przegląd dotychczasowych wyników badań.

Modelowanie kosztu uogólnionego jest narzędziem często wykorzystywanym w planowaniu układów komunikacyjnych, w badaniu względnej atrakcyjności poszczególnych środków lokomocji i w konsekwencji – do modelowania podziału zadań przewozowych. Model kosztu uogólnionego uwzględnia możliwe wszystkie koszty, jakie musi ponieść użytkownik, aby pokonać drogę ze źródła do celu podróży. Obejmuje on, w zależności od wybranego środka transportu, zarówno koszty eksploatacyjne jak i koszty czasu podróży, z uwzględnieniem stopnia uciążliwości poszczególnych etapów podróży, wyrażone bądź w formie finansowej, bądź czasowej lub w innej formie wartości ekwiwalentnych. Choć z punktu widzenia fizycznego wszystkie składniki podróży są jednorodne jako kategorie czasu, to jednak zwykła suma czasów ich trwania nie wyraża odczuwanej uciążliwości podróży. Dla części osób, największą uciążliwość stanowi czas poświęcony na oczekiwanie na pojazd komunikacji zbiorowej, a dla innych - największy uciążliwość stanowi przesiadka z samochodu osobowego na autobus lub tramwaj.

Porównanie wartości kosztu uogólnionego (wyrażanego zwykle w minutach) podróży samochodem osobowym oraz w systemie P&R wskaże na preferencje w wyborze środka transportu. Formuła kosztu uogólnionego dla podróży P&R może również wykazać, jakie zmiany w komponentach kosztowych są konieczne, by zachęcić potencjalnych użytkowników do korzystania z systemu. W literaturze krajowej i zagranicznej problem kosztu podróży prezentowany jest w [61], [19], [78], [81], [80], [34], [48], [2]. W przeglądzie badań przedstawione zostaną dwa charakterystyczne, rozbudowane modele.

4.2 Model irlandzki [48]:

Model kosztu uogólnionego w podróżach P&R został opracowany przez [48]. Parametry modelu zostały skalibrowane na podstawie ankiet przeprowadzonych w mieście Cork w Irlandii w 1999 r. Autor zakłada, że jeżeli uda się prawidłowo zamodelować koszt uogólniony podróży dla samochodu osobowego i systemu Park and Ride, może to stanowić podstawę do określenia wyboru środka transportu, przy czym największe prawdopodobieństwo wyboru przypadnie temu, który osiągnie najniższą wartość kosztu uogólnionego [48].

Koszt uogólniony $K_{j.s.o}$ podróży odbywanej samochodem osobowym (wyrażony w minutach), określa się wzorem (4.1):

$$K_{j.s.o.} = \left(\frac{0,25k_{j.s.o.}d}{w} \right) 60 + \left(\frac{p}{w} \right) 60 + t \quad (4.1)$$

gdzie:

$k_{j.s.o.}$ – koszt eksploatacyjny jazdy samochodem osobowym [€/km];

d – odległość od źródła do celu podróży [km];

w – wartość czasu w podróży [€/godz.];

p – koszt parkowania u celu podróży [€];

t – czas podróży od źródła do celu podróży [min].

W przypadku podróży odbywanej systemem P&R, formuła kosztu uogólnionego (wyrażona w minutach) przedstawia się następująco (4.2):

$$K_{P\&R} = \left(\frac{0,25k_{j.s.o.} d_{P\&R}}{w} \right) 60 + \left(\frac{p_{P\&R}}{w} \right) 60 + t_{Z-P\&R} + 3,0t_o + t_{P\&R-C} + K \quad (4.2)$$

gdzie:

$d_{P\&R}$ – odległość od źródła podróży do parkingu P&R [km];

$p_{P\&R}$ – opłata za korzystanie z systemu P&R [€/godz];

$t_{Z-P\&R}$ – czas przejazdu samochodem od źródła podróży do parkingu P&R [min];

t_o – czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej [min];

$t_{P\&R-C}$ – czas przejazdu komunikacją zbiorową z parkingu P&R do celu podróży [min];

K – kara za przesiadkę [min];

$k_{j.s.o}$ oraz w – jak wyżej.

Koszty użytkownika samochodu osobowego czy koszty związane z opłatami za parkowanie są stosunkowo łatwe do określenia. Może jednak zaistnieć konieczność zróżnicowania kosztów w zależności od motywacji podróży (zakupy, praca, itp.). W opracowaniu przyjęto wartość kary za przesiadkę $K=3$ minuty, lecz nie podano sposobu jej oszacowania. Wzór ten będzie wykorzystany w punkcie 4.12, w celu porównania z modelem własnym.

4.3 Model amerykański [10]

Został on wykorzystany do modelowania podziału zadań przewozowych. Uwzględnia jedynie rozdzielenie podróży pieszych na podróże wykonywane komunikacją zbiorową i indywidualną, nie rozpatrując przypadku podróży w systemie Park and Ride. Założono, że wybór środka transportu będzie funkcją jego całkowitej użyteczności. Użyteczność danego środka transportu uzależniono od: całkowitego czasu podróży, wartości czasu, kosztów podróży, wartości kosztu w zależności od motywacji podróży, wartość elastyczności danego środka transportu, częstotliwość odjazdu komunikacji zbiorowej, współczynniki „wygody”, niezawodności komunikacji zbiorowej oraz wartości tej niezawodności. Całość została przedstawiona w formie monetarnej. Formułę kosztu uogólnionego przedstawiono następująco (4.3):

$$U_{ijk} = \frac{t_t}{v_{ot}} + \frac{t_c}{v_{ot}} + \frac{v_{or} e^{-o_{ip}}}{v_{ot}} + \frac{v_{of} \frac{o_h}{f}}{v_{ot} c} + P_{ij} * \left[\frac{t_t v_{ot}}{v_{ot}} + \frac{t_c}{v_{ot}} + \frac{v_{or} e^{-o_{ip}}}{v_{ot}} + \frac{v_{of} \frac{o_h}{f}}{v_{ot} c} \right] \quad (4.3)$$

gdzie:

U_{ijk} – całkowita użyteczność danego środka transportu;

t_t – czas podróży (czas dojścia, czas oczekiwania, czas jazdy, ewentualna kara za przesiadki, czas odejścia);

t_c – koszty podróży (koszt jazdy samochodem osobowym, opłaty za bilet komunikacją zbiorową, opłaty parkingowe);

v_{ot} – wartość 1 godziny (uzależniona od wymiaru czasu pracy);

v_{of} – ekwiwalent wartości częstotliwości kursowania danego środka transportu;

v_{or} – ekwiwalent wartości niezawodności funkcjonowania danego środka transportu;

o_h – czasokres funkcjonowania;

f – częstotliwość kursowania komunikacji zbiorowej;

c – koszty funkcjonowania komunikacji zbiorowej;

o_{ip} – stopień dostosowania oferty do potrzeb podróżnych;

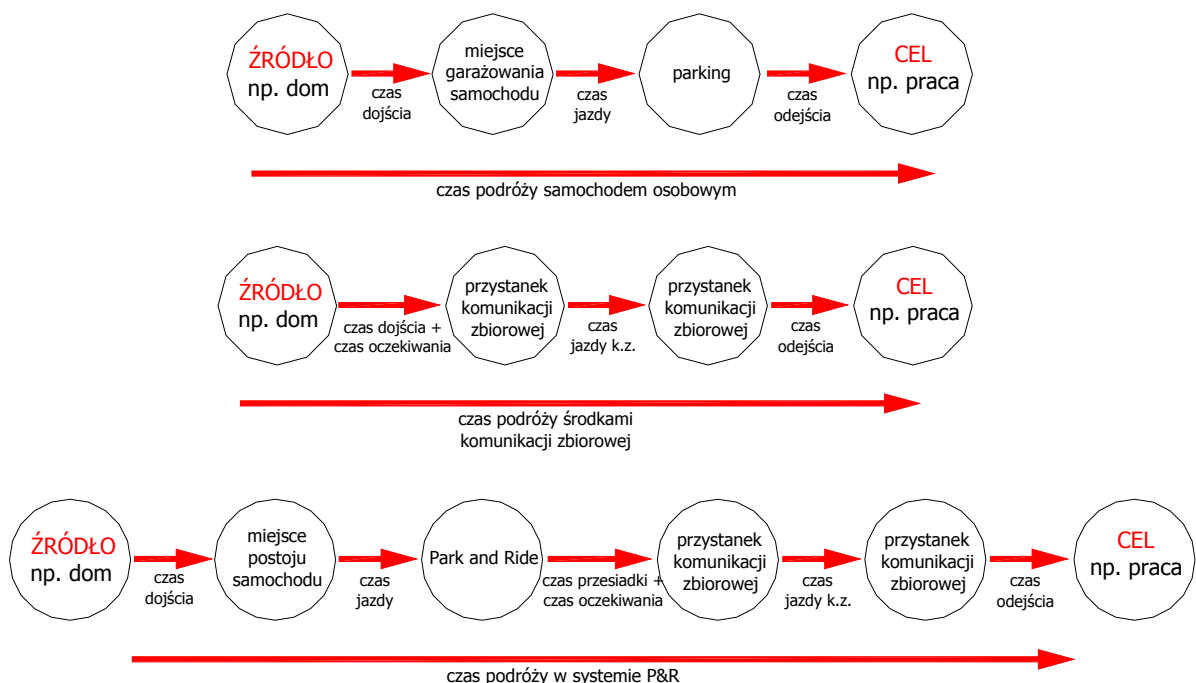
P_{ij} – przyjmuje wartość 1 - gdy istnieje możliwość zmiany środka transportu, 0 – bez możliwości zmiany środka transportu;

Podejście prezentowane przez [10] ma zdecydowanie inny charakter w porównaniu z modelem irlandzkim, nie uwzględniając odległości między źródłem i celem podróży. Kładzie natomiast duży nacisk na parametry opisujące funkcjonowanie komunikacji zbiorowej. Formuła budzi zastrzeżenia ze względu na różny wymiar jednostek członów występujących we wzorze, w tym np. $\text{godz}^2/\$$. Nie są doprecyzowane pojęcia będące zmiennymi występującymi we wzorze oraz stopień wpływu wartości P_{ij} na końcowy wynik. Jednakże przytoczenie tego wzoru uznano za właściwe ze względu na fakt, że reprezentuje najbardziej rozbudowany kierunek poszukiwań formuły kosztu uogólnionego dla podróży P&R. Kierunek ten może być inspiracją dla dalszych badań.

4.4 Propozycja formuły kosztu uogólnionego.

Model określony formułą (4.2) został skalibrowany dla warunków irlandzkich a jego stosowanie w warunkach polskich może dać błędne wyniki. Istotnym jest, aby stworzyć model, który będzie uwzględniał specyfikę warunków polskich (np. świadomość i zachowania komunikacyjne, wartość czasu). Aby można było wykorzystać funkcje kosztu uogólnionego podróży w modelowaniu podziału zadań przewozowych, należy uwzględnić w analizie możliwe środki transportu: samochód osobowy, komunikacja zbiorowa i podróż w systemie Park and Ride.

Proponowane podejście uwzględnia uciążliwość czasu poszczególnych etapów podróży przez subiektywne oszacowanie rzeczywistego czasu podróży przez użytkownika. Aby wyodrębnić następujące po sobie etapy podróży każdym ze środków transportu, zdefiniowano łańcuchy przemieszczeń podróży realizowanych samochodem osobowym, komunikacją zbiorową i w systemie Park and Ride. Rysunek 4-1 przedstawia analizowane łańcuchy dla przykładowej podróży źródło – cel (motywacja Dom – Praca).



Rysunek 4-1 Podróż komunikacją indywidualną, zbiorową i w systemie P&R z wyszczególnieniem czasów poszczególnych przemieszczeń.

Wybór motywacji został podyktowany charakterem użytkowników systemu Park and Ride, którzy najczęściej odbywają podróż właśnie w motywacji „Dom – Praca”. Oczywiście możliwe

jest wykorzystanie systemu Park and Ride dla innych motywacji (np. Dom – Zakupy), jak to ma miejsce np. w Cambridge [31], lecz podstawową funkcją systemu jest ułatwienie podróży osobom codziennie dojeżdżającym do pracy (ang. commuters).

4.5 Koszt uogólniony podróży realizowanej wyłącznie samochodem osobowym

Koszt jazdy samochodem osobowym będzie obejmował koszty związane z eksploatacją pojazdu, koszty parkowania w śródmieściu oraz ekwiwalent uciążliwości podróży, wyrażający wartość kosztową czasu poświęconego na poszczególne składniki podróży. Zgodnie ze rysunkiem 4-1, analizując podróż samochodem osobowym należy uwzględnić następujące etapy:

- a) Czas dojścia do samochodu osobowego – czas potrzebny na dojście z miejsca początku podróży (zwykle z domu) do miejsca garażowania samochodu oraz jego uruchomienia.
- b) Czas jazdy – czas potrzebny na dojazd z miejsca w pobliżu celu podróży.
- c) Czas poszukiwania miejsca postojowego – czas potrzebny na znalezienie wolnego miejsca w pobliżu celu podróży.
- d) Czas odejścia – czas potrzebny na dojście z miejsca postoju do celu podróży.

Do pełnego opisu podróży należy uwzględnić koszty eksploatacyjne samochodu osobowego (koszt zużytego paliwa, udział w koszcie ubezpieczenia, napraw i deprecjacji pojazdu), będące iloczynem jednostkowego kosztu eksploatacyjnego i odległości podróży oraz koszt związany z parkowaniem u celu podróży, a także kosztowy ekwiwalent uciążliwości czasu jazdy. Do wyznaczenia kosztu uogólnionego podróży przyjęto model addytywny, wyrażony formułą:

$$K_{jso} = K_e L + K_p + U_{so} \quad (4.4)$$

gdzie:

K_{jso} - uogólniony koszt podróży odbywanej samochodem osobowym [zł];

K_e - wskaźnik kosztów eksploatacyjnych pojazdu [zł/km];

L - długość trasy przejazdu między źródłem a celem podróży [km];

K_p - koszt parkowania u celu podróży [zł].

U_{so} - kosztowy ekwiwalent uciążliwości czasu jazdy samochodem osobowym. Ekwiwalent ten składa się z wartości czasów podróży z uwzględnieniem względnej uciążliwości poszczególnych etapów pokonywanych przez użytkownika pomiędzy źródłem i celem podróży.

$$U_{so} = \left[\mu_{dso} t_{jso} + \mu_{jso} t_{jso} + \mu_{szmp} t_{szmp} + \mu_{odso} t_{odso} \right] k \quad (4.5)$$

gdzie:

U_{so} – kosztowy ekwiwalent uciążliwości podróży samochodem osobowym [zł];

t_{dso} – czas dojścia do samochodu osobowego [min];

t_{jso} – czas jazdy samochodem osobowym [min];

t_{szmp} – czas poszukiwania miejsca parkingowego [min];

t_{odso} – czas odejścia z miejsca pozostawienia samochodu do celu podróży [min];

$\mu_{[.].}$ – wagi poszczególnych składników czasu podróży;

k – jednostkowy koszt czasu podróży [zł/min].

Proponowany wzór odnosi się do podróży w jednym kierunku (tj. do centrum). W analogiczny sposób można określić podróż powrotną.

4.6 Koszt uogólniony podróży realizowanej wyłącznie komunikacją zbiorową

Koszt uogólniony podróży komunikacją zbiorową będzie obejmował koszty związane z wykupieniem biletu jednorazowego lub udziału kosztu abonamentu przypadającego na jedną podróż, oraz kosztów czasu podróży, wyrażonych ekwiwalentem. Zgodnie ze rysunkiem 4-1, analizując podróż komunikacją zbiorową, należy uwzględnić następujące etapy:

- Czas dojścia do przystanku – czas potrzebny na dojście z miejsca początku podróży (zwykle z domu) do przystanku komunikacji zbiorowej,
- Czas oczekiwania – czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej,
- Czas jazdy – czas jazdy liczony od wejścia do pojazdu do jego opuszczenia,
- W przypadku konieczności przesiadki, przyjmuje się wartość, o jaką podróżny jest gotów wydłużyć podróż, aby nie przesiadać się;
- Czas odejścia – czas potrzebny na dojście z przystanku końcowego do celu podróży.

Stosując analogiczne podejście jak w przypadku określenia kosztu podróży samochodem osobowym, koszt podróży komunikacją zbiorową można określić następująco:

$$K_{jkz} = K_b + U_{kz} \quad (4.6)$$

gdzie:

- K_{jkz} - uogólniony koszt podróży środkami komunikacji zbiorowej [zł];
- K_b - koszt biletu lub udziału abonamentu przypadającego na jedną podróż [zł];
- U_{kz} - kosztowy ekwiwalent uciążliwości podróży komunikacją zbiorową [zł]

Kosztowy ekwiwalent uciążliwości U_{kz} , obejmuje wszystkie etapy podróży uwzględniając ich wartościowanie [61]. Zgodnie ze rysunkiem 4-1, wartość ekwiwalentu można opisać formułą:

$$U_{kz} = [\mu_{dkz} t_{dkz} + \mu_{okz} t_{okz} + \mu_{jkz} t_{jkz} + p l_p + \mu_{odkz} t_{odkz}] k \quad (4.7)$$

gdzie:

- U_{kz} – kosztowy ekwiwalent uciążliwości podróży komunikacją zbiorową [zł];
- t_{dkz} – czas dojścia do przystanku komunikacji zbiorowej [min];
- t_{okz} – czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej [min];
- t_{jkz} – czas jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej [min];
- t_{odkz} – czas odejścia z przystanku komunikacji zbiorowej [min];
- p – ekwiwalentny współczynnik uciążliwości przesiadki [min];
- l_p – liczba przesiadek;
- $\mu_{[.]}$ – wagi poszczególnych składników czasu podróży;
- k – jednostkowy koszt czasu podróży [zł/min];

Podobnie jak w przypadku podróży samochodem osobowym, przedstawiony wzór odnosi się do podróży w jednym kierunku (tj. do centrum) i w analogiczny sposób można określić podróż powrotną.

4.7 Określenie formuły kosztu uogólnionego podróży w systemie P&R.

Koszt uogólniony podróży uwzględnia koszty eksploatacyjne samochodu oraz opłaty za korzystanie ze środków komunikacji zbiorowej (koszt biletu lub udział kosztu abonamentu, przypadający na jedną podróż), ale również koszt ekwiwalentny czasu poświęconego na poszczególne etapy podróży.

$$K_{P\&R} = K_{jso}^{doP\&R} + K_{jkz}^{zP\&R} + U_{P\&R} \quad (4.8)$$

gdzie:

$K_{P\&R}$ – uogólniony koszt podróży w systemie P&R [zł];

$K_{jso}^{doP\&R}$ – koszt jazdy samochodem osobowym ze źródła podróży do parkingu Park and Ride [zł], wyrażony wzorem:

$$K_{jso}^{doP\&R} = K_{ekspl} l_{ij} \quad (4.9)$$

gdzie:

K_{ekspl} - wskaźnik kosztów eksploatacyjnych samochodu [zł/km];

l_{ij} - odległość trasy przejazdu od miejsca postoju samochodu do parkingu P&R [km];

$K_{jkz}^{zP\&R}$ – koszt jazdy środkami komunikacji zbiorowej z parkingu Park and Ride do celu podróży i obejmuje koszt biletu oraz ewentualnej dopłaty za korzystanie z systemu Park and Ride [zł];

$U_{P\&R}$ – kosztowy ekwiwalent czasu i uciążliwości podróży [zł],

Zgodnie ze rysunkiem 4-1, analizując czas podróży w systemie Park and Ride należy uwzględnić następujące etapy podróży:

- a) Czas dojścia do samochodu osobowego – jest to czas od wyjścia z miejsca początku podróży (zwykle z domu) do momentu uruchomienia silnika;
- b) Czas jazdy samochodem osobowym - jest to czas potrzebny na dojazd z garażu (lub parkingu przed domem) do parkingu P&R;
- c) Czas przesiadki wraz z czasem oczekiwania - to łączny czas znalezienia miejsca postojowego na parkingu, zamknięcia pojazdu i dojścia do przystanku komunikacji zbiorowej (przyjęto, że przystanki znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie P&R);
- d) Czas jazdy komunikacją zbiorową - to czas od wejścia do opuszczenia pojazdu (może pojawić się potrzeba przesiadki na inną linię komunikacji zbiorowej, wtedy należy uwzględnić dodatkowy czas przesiadki);
 - a) Czas odejścia to czas potrzebny na dojście z przystanku do celu podróży.

Zatem kosztowy kosztowego ekwiwalent czasu podróży wyraża formuła:

$$U_{P\&R} = \left[\mu_{dso} t_{dso} + \mu_{jso} t_{jso} + \mu_{okz} t_{okz} + \mu_{jkz} t_{jkz} + \mu_{odkz} t_{odkz} \right] k \quad (4.10)$$

gdzie:

$U_{P\&R}$ – kosztowy ekwiwalent uciążliwości podróży w systemie Park and Ride [zł];

t_{dso} – czas dojścia do samochodu osobowego [min];

t_{jso} – czas jazdy samochodem osobowym [min];

t_{okz} – czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej [min];

t_{jkz} – czas jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej [min];

t_{odkz} – czas odejścia z przystanku komunikacji zbiorowej [min];

$\mu_{[.].[.]}$ – wagi poszczególnych składników czasu podróży;

k – jednostkowy koszt czasu podróży [zł/min];

Przedstawiony wzór odnosi się do podróży w jednym kierunku (tj. do centrum) i w analogiczny sposób można określić podróż powrotną.

4.8 Wyznaczeni współczynników kosztu uogólnionego podróży.

4.8.1 Założenia przyjęte do badań.

Wartościując składniki czasu podróży oparto się na następujących założeniach:

- Podstawą ekwiwalentu U jest wartościowanie czasu podróży pasażera, będącym jednym z ważniejszych kryteriów, jakimi kierowaliby się potencjalni użytkownicy przy wyborze sposobu podróżowania w systemie P&R [79] Zysk na czasie podróży może być przeznaczony na inne cele (np. drobne zakupy), odrzucane wcześniej z powodu braku czasu.
- Ponieważ podróżowanie samochodem osobowym postrzegane jest przez użytkowników jako najbardziej komfortowy środek transportu przyjęto, że waga czasu jazdy samochodem osobowym $\mu_{jso}=1,0$. Oznacza to, że wszystkie pozostałe elementy podróży odniesiono do jazdy samochodem osobowym.
- Założono, że jako sytuacje odniesienia warunki drogowe dla ruchu samochodowego odpowiadają przeciętnemu natężeniu ruchu w sieci ulicznej.
- Analizowane będą podróże o zróżnicowanym czasie trwania, lecz o średnim czasie jazdy samochodem osobowym i komunikacją zbiorową rzędu 30 minut.
- Niezawodność komunikacji zbiorowej (rozumiana jako regularność i punktualność kursowania) plasuje się wysoko na liście preferencji podróżnych [61], dlatego analizując konkurencyjność systemu Park and Ride należy założyć jej wysoki poziom.

4.8.2 Badania własne nad wartościowaniem czasu podróży

W celu określenia wag dla czasów podróży, przeprowadzono badania mające na celu wartościowanie przez potencjalnych użytkowników poszczególnych etapów podróży.. Przeprowadzone pilotażowe ankietowanie na parkingu w Poznaniu (przy pętli szybkiego tramwaju), pełniącym funkcję P&R, wykazały, że respondenci na ogół mieli duże trudności w zrozumieniu pytań zawartych w ankiecie. Wiele odpowiedzi było przypadkowych, a część pytań była pomijana. Z tego powodu zdecydowano się na przygotowanie ankiety eksperckiej, przeprowadzonej w profesjonalnym środowisku osób mających kontakt z problemami komunikacyjnymi. Wzór ankiety przedstawiony jest w zał. 4-1.

Celem badań było ustalenie następujących relacji:

- Ilorotnie czas dojścia do samochodu osobowego jest bardziej uciążliwy od czasu jazdy samochodem osobowym;
- Ilorotnie czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej jest bardziej uciążliwy od czasu jazdy samochodem osobowym;
- Ilorotnie czas jazdy komunikacją zbiorową w określonych, lecz każdorazowo zróżnicowanych warunkach napelnienia jest bardziej uciążliwy od czasu jazdy samochodem osobowym;
- Ilorotnie czas jazdy przy dużym natężeniu ruchu (jazda w warunkach zatłoczenia) jest bardziej uciążliwy od czasu jazdy przy średnim natężeniu;

4.8.3 Dobór liczebności próby.

W celu określenia właściwej liczby ankiet pozwalającej na wyznaczenie współczynników wagowych przy zachowaniu warunku nieprzekroczenia założonego błędu, przeprowadzono ankietę pilotażową wśród pracowników Politechniki Krakowskiej. Uzyskano wstępnie 20 ankiet, dla których opracowano wyniki i oszacowano właściwą liczebność próby [89]. Liczebność próby wyznaczono z zależności:

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{b^2} \quad (4.11)$$

gdzie:

- t_{α} - wartość zmiennej odczytanej z tablicy rozkładu Studenta dla poziomu ufności $1-\alpha$,
- n - niezbędna liczebność właściwej próby,
- s^2 - wariancja z małej próby wstępnej o liczebności $n_0 = 20$,
- b - założony maksymalny błąd szacunku,

Liczebność próby oszacowano tak, aby dla przyjętego poziomu ufności ($1-\alpha=0,95$), założony maksymalny błąd szacunku wartości średniej ($b=7\%$) nie został przekroczony. Ponieważ szacowane wartości wagowe będą odzwierciedlać subiektywne odczucia ankietowanych, można się spodziewać dużego rozrzutu odpowiedzi, który będzie trzeba minimalizować przy pomocy techniki delfickiej. Z tego względu dopuszcza się stosunkowo dużą wartość maksymalnego błędu oszacowania każdego ze wskaźników. Szukaną liczebność próby wyznaczono dla każdego z pytań i zestawiono w tablicy 4.1.

Tabl. 4.1 Wymagana liczebność próby dla każdego z pytań, przy założeniu nieprzekraczalności maksymalnego błędu $b=7\%$ szacunku wartości średniej. Poziom ufności $1-\alpha=0,95$.

Nazwa współczynnika	Wymagana liczebność próby
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości dojścia do samochodu osobowego μ_{dso}	85
Ekwiwalentny współczynnik czasu oczekiwania μ_{okz}	95
Średnie wydłużenie podróży bez dodatkowej opłaty	97
Średnie wydłużenie podróży z dodatkową opłatą	89
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej μ_{jkz} .	96
Przypadek 1 – napełnienie pojazdu małe, pasażer siedzi	
Przypadek 2 – napełnienie pojazdu średnie, pasażer siedzi	101
Przypadek 3 – napełnienie pojazdu duże, pasażer siedzi	99
Przypadek 4 – napełnienie pojazdu małe, pasażer stoi	101
Przypadek 5 – napełnienie pojazdu średnie, pasażer stoi	46
Przypadek 6 – napełnienie pojazdu duże, pasażer stoi	47
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy w korku μ_{jk}	101

Do spełnienia założonych warunków na podstawie tabl. 4.1 można zauważyć, że wystarczająca liczba ankiet to około 100. Ponieważ w ramach pilotażu uzyskano 20 ankiet, należy przeprowadzić dodatkowo 80.

4.8.4 Wyniki badań.

Dodatkowe ankiety zostały przeprowadzone wśród studentów Politechniki Krakowskiej, uczestników konferencji „Polityka parkingowa w miastach” oraz pracowników Biura Inżynierii Transportu z Poznania. Analizując ankiety uzyskano następujące wyniki:

- a) Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości dojścia do samochodu osobowego. Współczynnik ten, oznaczony jako μ_{dso} określa ilokrotnie czas dojścia do samochodu jest bardziej uciążliwy od czasu jazdy samochodem osobowym. W wyniku estymacji wartości średniej współczynnika ekwiwalentnego uciążliwości uzyskano: $\mu_{dso} = 1,23$. Czas dojścia traktowany był przez respondentów w sposób bardzo zróżnicowany, o czym świadczy stosunkowo duża wartość odchylenia standardowego $s=0,57$. Wskazania wartości współczynnika powyżej jedności świadczą o negatywnym odbiorze przez ankietowanego etapu dojścia do samochodu, natomiast wartości poniżej jedności można tłumaczyć jego lepszą percepcją niż jazda samochodem. Respondenci szacując μ_{dso} mieli zapewne na względzie różne odległości dojścia z domu do miejsca pozostawienia samochodu. Należy dodać, że wielu ankietowanych wskazywało na znaczny wpływ pory roku na wartość współczynnika (np. zimą trudniej dotrzeć i uruchomić samochód).
- b) Ekwiwalentny współczynnik czasu oczekiwania. Ankieta nie obejmowała wyznaczenia oddzielnie wskaźnika uciążliwości przesiadki z samochodu osobowego na pojazd komunikacji zbiorowej, ponieważ założono, że współczynnik czasu oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej, oznaczony jako μ_{okz} , obejmuje cały proces (zarówno znalezienie miejsca postojowego, przesiadkę oraz czas oczekiwania). Można przyjąć, że znalezienie miejsca postojowego na parkingu P&R nie będzie stanowić problemu (zatem nie będzie generować straty czasu) ponieważ zgodnie z badaniami stopnia wykorzystania parkingów P&R w krajach Europy Zachodniej, średnie napełnienie parkingu nie przekracza 55-70% [80]. Estymowana wartość średnia ekwiwalentnego współczynnika czasu oczekiwania wynosi $\mu_{okz}=2,13$. Rozrzut danych w tym przypadku jest również znaczący: odchylenie standardowe wynosi $s=1,24$. Świadczy to o bardzo zróżnicowanej ocenie subiektywnej uciążliwości analizowanego składnika podróży.
- c) Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości czasu jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej. Uciążliwość czasu jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej była rozpatrywana w funkcji rodzaju dysponowanego miejsca (siedzące lub stojące) oraz wielkości wypełnienia powierzchni miejsc do stania, zgodnie z [61]. Przyjęto trzy zakresy napełnienia pojazdu: niewielkie (poniżej 1 osoby/m²), średnie (2-4 os./m²); bardzo duże (5-7 os./m²). W odniesieniu do tych warunków respondenci szacowali ilokrotnie bardziej jest dla nich uciążliwa jazda pojazdem komunikacji zbiorowej od jazdy samochodem osobowym. Największe wartości współczynnika uciążliwości uzyskano dla najmniej komfortowych warunków podróżowania (pasażer stoi przy bardzo dużym napełnieniu) Tablica 4.2 prezentuje zestawienie poszczególnych współczynników w zależności od wypełnienia pojazdu.

Tabl. 4.2 Współczynnik ekwiwalentny uciążliwości jazdy pojazdami komunikacji zbiorowej.

Napełnienie	Pasażer siedzi			Pasażer stoi		
	niewielkie	średnie	duże	niewielkie	Średnie	duże
Wartość średnia	1,15	1,60	2,35	1,71	2,54	3,86
Odchylenie standardowe	0,44	0,83	1,27	0,81	1,25	2,01

Stosunkowo duża wartość odchylenia standardowego estymowanej wielkości wskazuje na znaczny rozrzut subiektywnej oceny warunków podróżowania. Można zaobserwować zależność między wielkością rozrzutu współczynnika a napełnieniem i rodzajem miejsca. Większą zgodność odpowiedzi uzyskano dla sytuacji, w której pasażer podróżuje pojazdem o niewielkim napełnieniu, a wraz ze wzrostem napełnienia, ocena uciążliwości zaczyna być coraz bardziej zróżnicowana.

- d) Dodatkową informacją, którą udało się uzyskać podczas ankietowania był współczynnik określający ilokrotnie czas jazdy przy dużym natężeniu ruchu (jazda w korku) jest bardziej uciążliwy od czasu jazdy przy jego średnim natężeniu. Dzięki uchwyceniu tej zależności, można odnosić wyżej opisane współczynniki nie tylko do średniej, ale i do dużej kongestii. Czyni to prezentowane podejście bardziej elastycznym. Estymowany współczynnik uciążliwości jazdy w korku wynosi $\mu_{jk} = 1,99$. Również w tym przypadku odnotowano w odpowiedziach zróżnicowane wartości współczynnika, o czym świadczy znacząca wielkość odchylenia standardowego $s=1,07$.
- e) Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości przesiadki z jednego pojazdu komunikacji zbiorowej na inny. Ten składnik podróży nie był ujęty w ankiecie, ponieważ przyjęto założenie, że aby system Park and Ride był atrakcyjny dla użytkownika należy zapewnić możliwość bezprzesiadkowego dotarcia do celu podróży środkami komunikacji zbiorowej. Należy jednak brać pod uwagę przypadek przesiadki przy realizacji podróży realizowanej wyłącznie komunikacją zbiorową, w której podróżny zdecyduje się przesiąść na inną linię. Wyznaczenie współczynnika uciążliwości przesiadki dla takiego przypadku zostało przedstawione w [61]. Zgodnie z tym pasażer jest gotów wydłużyć czas podróży od ok.4 min (dla podróży pilnych¹) do 8 min (dla pozostałych podróży). Wyniki ankietowania odnoszą się do przesiadek wymuszonych, a w przypadku przesiadek dobrowolnych, uciążliwość jest mniejsza. Aby nie płać ponownie za bilet, pasażer jest gotów oczekiwać dodatkowo 2-3 min na linię zapewniającą bezpośrednie połączenie. Przyjmując dla warunków przeciętnych 35% podróży pilnych i 75% pasażerów posiadających bilety sieciowe (odnosi się to do stałych użytkowników komunikacji zbiorowej a przesiadka nie wiąże się z dopłatą) średnia wartość uciążliwości wynosi $\mu_p = 7,28$ co można interpretować jako „karę” za przesiadkę.
- f) Ekwiwalentny współczynnik czasu odejścia z przystanku komunikacji zbiorowej do celu podróży nie został uwzględniony w ankiecie. Ponieważ czas odejścia dla podróży odbywanych komunikacją zbiorową i w systemie Park and Ride stanowi ten sam etap podróży, wykorzystano tutaj gotową wartość, skalibrowaną przez [91] i wynoszącą: $\mu_{odkz}=1,20$

Po wykonaniu ankiety, zbadano wielkość błędu, z jakim została oszacowana wartość średnia współczynnika ekwiwalentnego. Przyjęto poziom ufności $1-\alpha=0,95$, dla którego odczytano wartość krytyczną $u_\alpha=1,96$ (próba duża). Zestawienie wyznaczonych wartości przedstawia tabl. 4.3.

¹ Podróże pilne – podróże, do których można zliczyć: podróże do pracy przy sztywnych godzinach rozpoczęcia pracy, dojazdy do dworców celem odbycia podróży zamiejskiej, podróże na zebrania, wykłady oraz w innych celach o ustalonym czasie rozpoczęcia.

Tabl. 4.3 Wartości średnie, odchylenie standardowe oraz wyznaczone błędy oszacowania wartości średniej dla ankiety zasadniczej.

Nazwa współczynnika	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Błąd oszacowania wartości średniej	Procentowy błąd oszacowania wartości średniej
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości dojścia do samochodu osobowego μ_{dso}	1,23	0,57	0,09	7,5
Ekwiwalentny współczynnik czasu oczekiwania μ_{okz}	2,13	1,24	0,20	9,4
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem kom. zbior. μ_{jkz} . Przypadek 1 – napelnienie pojazdu niewielkie, pasażer siedzi	1,15	0,44	0,07	6,2
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem kom. zbior. μ_{jkz} . Przypadek 2 – napelnienie pojazdu średnie, pasażer siedzi	1,61	0,83	0,13	8,3
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem kom. zbior. μ_{jkz} . Przypadek 3 – napelnienie pojazdu duże, pasażer siedzi	2,35	1,27	0,21	8,8
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem kom. zbior. μ_{jkz} . Przypadek 4 – napelnienie pojazdu małe, pasażer stoi	1,71	0,81	0,13	7,7
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem kom. zbior. μ_{jkz} . Przypadek 5 – napelnienie pojazdu średnie, pasażer stoi	2,54	1,25	0,20	8,0
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem kom. zbior. μ_{jkz} . Przypadek 6 – napelnienie pojazdu duże, pasażer stoi	3,86	2,01	0,33	8,5
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy w korku μ_{jk}	1,99	1,07	0,20	7,4

Wielkość błędu oszacowania wartości średniej jest również w wielu przypadkach znacząca, wybiegająca poza założoną wartość 7% (w przypadku współczynnika czasu oczekiwania, bezwzględny błąd procentowy wynosi 9,5%). Zwiększenie wielkości błędu jest spowodowane zmianą wartości odchylenia standardowego (zwiększenia rozrzutu udzielanych odpowiedzi) w ankiecie zasadniczej w stosunku do ankiety wstępnej.

Przygotowana ankieta podejmuje trudne do interpretacji przez przeciętnego użytkownika informacje. Trudność tę powiększa fakt, że wobec braku doświadczeń z korzystania z funkcjonującego parkingu P&R respondenci określają stan hipotetyczny. Wpływa to na jakość odpowiedzi oraz na rozrzut w oszacowaniu, wyrażony stosunkowo dużą wartością odchylenia standardowego. Kwantyfikowanie subiektywnych odczuć przez respondentów przyczyniło się do większego zróżnicowania odpowiedzi.

4.8.5 II etap badań – metoda delficka.

W celu zmniejszenia rozrzutu deklarowanych odpowiedzi przeprowadzono drugi etap badań. Korzystając z elementów tzw. techniki delfickiej ([1], [94], [29]) sporządzono specjalnie dobraną ankietę, która będzie sugerować odpowiedź, a zadaniem respondenta jest wskazanie, w jakim stopniu zgadza się on z podanymi wartościami.

Metoda delficka powstała w latach czterdziestych XX wieku w firmie Rand i została opracowana przez O. Helmera i O. Dalkey'a [94]. Początkowo była to technika przewidywania przyszłych wydarzeń, jednak z biegiem czasu metoda ta ewoluowała i ostatecznie została zdefiniowana, jako możliwość porozumienia się w grupie, umożliwiającą rozwiązywanie określonych zadań. Jest ona przede wszystkim wycelowana w szczegółową, krytyczną analizę i dyskusję, nie zaś do dążenia za wszelką cenę do osiągnięcia szybkiego kompromisu [29]. Metoda delficka jest metodą ankietową, opartą na pytaniach zamkniętych, które wymagają odpowiedzi o znaczeniu liczbowym. Argumenty i kontrargumenty ograniczają się tylko do tego rodzaju kwantyfikacji. Metoda korzysta z opinii ekspertów, pracujących niezależnie od pozostałych [1]. Badania są przeprowadzane kilkakrotnie, a po każdym etapie wyniki opracowuje się statystycznie. W ostatecznym wyniku osiąga się zgodność przypadającą na środek rozkładu poszczególnych ocen.

4.8.6 Ankieta delficka.

W niniejszej ankiecie odwołano się do wiedzy i doświadczenia osób znających istotę problemów komunikacyjnych. Przed ankietowaniem, wszyscy respondenci byli szczegółowo poinformowani o celu badania oraz o istocie systemu Park and Ride. Dzięki temu mogli odnieść swoje doświadczenie i umiejętności do omawianego problemu.

Ankieta została przygotowana zgodnie z założeniami techniki delfickiej. Ankieta (zał. 4-2) zawierała te same pytania jak w przypadku etapu pierwszego. Jednakże w przypadku wyznaczenia ekwiwalentnego współczynnika uciążliwości czasu jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej, zmniejszono liczbę przypadków związanych z napełnieniem pojazdu do dwóch: dla średniego napełnienia pojazdu (2-3 os./m²) - pasażer stoi oraz siedzi. Wynika to z faktu, że w przypadku funkcjonowania komunikacji zbiorowej przy parkingach Park and Ride, należy zapewnić co najmniej średnie warunki zapełnienia pojazdów. Nie ma więc konieczności analizowania pozostałych przypadków.

Zawężono przedział możliwości wskazania wartości wskaźnika. Po analizie wyników pierwszej ankiety, ustalono przedział, do którego musiały należeć odpowiedzi udzielane w etapie drugim. Przyjęto, że szerokość przedziału będzie odpowiadać odstępowi międzykwartyłowemu [1], ustalonemu na podstawie niemalejąco uporządkowanemu ciągowi udzielonych odpowiedzi na poszczególne pytania w pierwszej ankiecie. Ponadto w celu bardziej szczegółowego opisu próby, dającemu ankietowanemu szerszy pogląd na wyniki pierwszego etapu, w ankiecie delfickiej, dla każdego pytania podano również wartość mediany.

Wyniki ankiety zestawiono w tablicy 4.4:

Tabl. 4.4 Wartości średnie, odchylenie standardowe oraz wyznaczone błędy oszacowania wartości średniej dla ankiety delfickiej.

Nazwa współczynnika	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Błąd oszacowania wartości średniej	Procentowy błąd oszacowania wartości średniej
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości dojścia do samochodu osobowego μ_{dso}	1,21	0,20	0,04	3,2
Ekwiwalentny współczynnik czasu oczekiwania μ_{okz}	2,00	0,23	0,04	2,2
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem kom. zbior. μ_{jkz} . Przypadek 2 – napelnienie pojazdu średnie, pasażer siedzi	1,50	0,28	0,06	3,7
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem kom. zbior. μ_{jkz} . Przypadek 5 – napelnienie pojazdu średnie, pasażer stoi	2,43	0,40	0,08	3,3
Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy w korku μ_{jk}	2,08	0,35	0,07	2,6

W wyniku przeprowadzenia ankiety delfickiej, można zaobserwować znaczące zmniejszenie odchylenia standardowego. Dzięki tej procedurze udało się uzyskać mniejszy rozrzut udzielanych odpowiedzi (wielkości błędu oszacowania wartości średniej tylko w jednym przypadku osiągają 4,5%) co powoduje, że wyniki mogą być uznane za wiarygodne i przydatne do dalszych analiz. Na tej podstawie można podać formuły z oszacowanymi w współczynnikami ekwiwalentnymi.

4.9 Wyznaczeni współczynników kosztu uogólnionego podróży odbywanej wyłącznie samochodem osobowym

Wartościując poszczególne etapy podróży, wykorzystano wyniki badań własnych. Zgodnie z nimi współczynniki wagowe przyjmują następujące wartości:

- Waga czasu dojścia do samochodu osobowego μ_{dso} . Ponieważ dojście do samochodu ma taki sam charakter w przypadku podróży w systemie Park and Ride jak i w podróży wykonanej wyłącznie samochodem osobowym, przyjęto wartość współczynnika wagowego zgodnie z tabelicą 4.4 - $\mu_{dso}=1,21$.
- Waga czasu jazdy samochodem osobowym μ_{jso} – w badaniach własnych była traktowana jako punkt porównawczy, do którego odnoszono pozostałe składniki podróży - wartość wagi wynosi $\mu_{jso} = 1,00$. W celu uwzględnienia uciążliwości jazdy w stanie zatłoczenia komunikacyjnego, przyjęto drugą formułę uwzględniającą wartość wagi czasu jazdy samochodem osobowym w trudnych warunkach ruchowych – wartość wagi $\mu_{jso}^{korek} = 2,08$. Jednakże uzyskany wynik odzwierciedla skokową zmianę współczynnika i nie definiuje prawidłowo stanu zatłoczenia. Aby go dokładnie opisać, należy określić funkcję ciągłą wpływu zatłoczenia i przekracza to zakres niniejszej dysertacji.
- Waga czasu poszukiwania miejsca parkingowego μ_{szmp} – na podstawie badań ankietowych przeprowadzonych w Wollongong (Australia) [87], uzyskano średnią długość czasu poszukiwania miejsca parkingowego równą 4 min, a uciążliwość związana z procesem szukania wolnego miejsca oszacowana została na $\mu_{szmp}=1,80$.

- d) Waga czasu odejścia μ_{odso} – przyjęto ją umownie jako wartość pośrednią między wagą czasu odejścia z przystanku a wagą czasu jazdy samochodem: $\mu_{odso} = 1,10$.

Uwzględniając zaproponowane wartości wag etapów podróży, formuła kosztu uogólnionego w przypadku podróży odbywanych samochodem osobowym w przeciętnych warunkach ruchowych, przyjmie postać:

$$K_{jso} = K_e L + K_p + [1,21t_{dso} + 1,00t_{jso} + 1,80t_{szmp} + 1,10t_{odso}]k \quad (4.12)$$

W przypadku jazdy w korku, koszt uogólniony może być opisany następująco:

$$K_{jso} = K_e L + K_p + [1,21t_{dso} + 2,08t_{jso} + 1,80t_{szmp} + 1,10t_{odso}]k \quad (4.13)$$

4.10 Wyznaczenie współczynników kosztu uogólnionego podróży odbywanej wyłącznie komunikacją zbiorową.

Wartościując poszczególne etapy podróży, wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych przez [61]. Zgodnie z nimi współczynniki wagowe przyjmują następujące wartości:

- a) Waga czasu dojścia do przystanku komunikacji zbiorowej μ_{dkz} – określa ilokrotnie czas dojścia do przystanku jest bardziej uciążliwy niż czas spędzony w pojeździe komunikacji zbiorowej, w warunkach jego niewielkiego napelnienia. Współczynnik ten jest uzależniony od odległości dojścia. Przyjmując średnią odległość dojścia w mieście równą 400 m, wartość współczynnika przyjęto $\mu_{dkz} = 1,50$.
- b) Waga czasu oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej μ_{okz} – określa ilokrotnie czas oczekiwania jest bardziej uciążliwy niż o tej samej długości czas jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej w warunkach jego niewielkiego napelnienia. Przeprowadzone badania [61] uwzględniały czas oczekiwania o zróżnicowanej długości, przy czym zaobserwowano, że wartość współczynnika wagowego rośnie w miarę zwiększania tego czasu. Określono równanie opisujące wielkość współczynnika w zależności od czasu oczekiwania:

$$\mu_{okz} = 0,6 + 0,2 * t_{okz} \quad (4.14)$$

gdzie:

μ_{okz} – waga czasu oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej;

t_{okz} – czas oczekiwania [min]; $2 \leq t_{okz} \leq 10$;

- c) Waga czasu jazdy komunikacją zbiorową μ_{jkz} – uciążliwość czasu jazdy pojazdami komunikacji zbiorowej była w [61] rozpatrywana w funkcji rodzaju dysponowanego miejsca (siedzące lub stojące) oraz wielkości napelnienia pojazdu. Oznacza ona, ile razy jazda w konkretnych warunkach jest przeciętnie bardziej uciążliwa, w porównaniu z jazdą, gdy pasażer siedzi, a zapelnienie miejsc stojących jest niewielkie. Przyjmując jako średnie warunki przypadek, gdy pasażer stoi oraz średnie zapelnienie powierzchni do stania (2-3 os./m²), wartość współczynnika przyjęto $\mu_{jkz} = 2,43$.
- d) Waga czasu odejścia z przystanku μ_{odkz} – zgodnie z [92] istnieje konieczność zróżnicowania czasu dojścia i odejścia, co jest związane bezpośrednio z motywacją podróży. Wyniki badań analizowały podróże w relacji dom – centrum miasta, w którym atrakcyjność otoczenia przy odejściu była znacznie wyższa niż przy dojściu do przystanków w terenach mieszkaniowych. Tendencje zwiększania wartości współczynnika wagowego podróży odbywanych w

nieatrakcyjnym otoczeniu potwierdzają badania przeprowadzone przez [21]. Ponadto przy dojściu do przystanku towarzyszy swoiste napięcie dotyczące niepewności, co do czasu trwania podróży, od czego pasażer jest wolny przy odejściu z przystanku. Przyjęta wartość współczynnika wagowego czasu odejścia wynosi $\mu_{odkz} = 1,20$.

Uwzględniając przyjęte wartości wag poszczególnych etapów podróży, funkcję kosztu uogólnionego podróży komunikacją zbiorową można przedstawić następująco:

$$K_{jkz} = K_b + [1,50t_{dkz} + (0,6 + 0,2t_{okz})t_{okz} + 1,50t_{jkz} + 7,28l_p + 1,20t_{odkz}]k \quad (4.15)$$

4.11 Wyznaczenie współczynników kosztu uogólnionego podróży odbywanej w systemie Park and Ride

Uwzględniając wartości przedstawione w tabelicy 4.4, współczynniki wagowe kosztowego ekwiwalentu czasu podróży w systemie Park and Ride przedstawia się następująco:

- Waga czasu dojścia do samochodu osobowego μ_{dso} . Przyjęto wartość współczynnika wagowego zgodnie z tabelicą 4.4 - $\mu_{dso} = 1,21$.
- Waga czasu jazdy samochodem osobowym μ_{jso} – w badaniach własnych była traktowana jako punkt porównawczy, do którego odnoszono pozostałe składniki podróży - wartość wagi wynosi $\mu_{jso} = 1,00$. W celu uwzględnienia uciążliwości jazdy w stanie zatłoczenia komunikacyjnego, przyjęto drugą formułę uwzględniającą wartość wagi czasu jazdy samochodem osobowym w trudnych warunkach ruchowych – wartość wagi $\mu_{jso}^{korek} = 2,68$.
- Waga czasu oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej μ_{okz} – zgodnie z tabelicą 4.4 $\mu_{okz} = 2,00$.
- Waga czasu jazdy komunikacją zbiorową μ_{jkz} – przyjmując jako średnie warunki przypadek, gdy pasażer siedzi oraz niewielkie zapelnienie powierzchni do stania, wartość współczynnika przyjęto $\mu_{jkz} = 1,50$. Można przyjąć takie założenie, ponieważ wsiadanie do pojazdów komunikacji zbiorowej użytkownika P&R ma miejsce na przystankach peryferyjnych, zatem z reguły może on mieć zapewnione miejsce siedzące.
- Waga czasu odejścia z przystanku μ_{odkz} – ostatni etap odpowiada przypadkowi podróży odbywanej wyłącznie komunikacją zbiorową, więc zastosowano tutaj tę samą wartość wagową $\mu_{odkz} = 1,20$.

Zgodnie z równaniem 4.8, postać kosztu uogólnionego podróży w systemie Park and Ride dla przeciętnych warunków ruchowych, przedstawia formuła:

$$K_{P\&R} = K_{jso}^{doP\&R} + K_{jkz}^{zP\&R} + [1,21t_{dso} + 1,00t_{jso} + 2,00t_{okz} + 1,50t_{jkz} + 1,20t_{odkz}]k \quad (4.16)$$

W przypadku odbywania pierwszego etapu podróży w trudnych warunkach ruchowych (jazdy w korku), koszt uogólniony może być opisany następująco:

$$K_{P\&R} = K_{jso}^{doP\&R} + K_{jkz}^{zP\&R} + [1,21t_{dso} + 2,08t_{jso} + 2,00t_{okz} + 1,50t_{jkz} + 1,20t_{odkz}]k \quad (4.17)$$

Oznaczenia zgodne ze wzorem 4.10.

4.12 Aplikacja przyjętego modelu i porównanie z modelem irlandzkim.

4.12.1 Przyjęte założenia.

Model kosztu uogólnionego podróży może być wykorzystany do badania systemu Park and Ride oraz wskazaniu, jakie czynniki mogą podnieść jego atrakcyjność w stosunku do pozostałych środków transportu. Analizując czas jazdy samochodem osobowym, uwzględniono wariant dla przeciętnych warunków ruchowych. Ponadto nie uwzględniano kary za przesiadki komunikacją zbiorową, ponieważ wyniki otrzymane z makrosymulacji programem VISUM nie obejmowały liczby przesiadek.

Do analizy wybrano trzy lokalizacje parkingów Park and Ride w Warszawie zaproponowane w [62]. Szczegółowy opis modelu transportowego Warszawy został przedstawiony w rozdziale 6 niniejszej pracy.

4.12.2 Zastosowanie modelu własnego.

Najistotniejszym parametrem koniecznym do implementacji modelu jest czas podróży wyznaczony dla różnych środków transportu. Został on określony na podstawie makrosymulacji komputerowej programem VISUM. Wykorzystano tutaj model transportowy Warszawy [47], oraz ustalono połączenia międzyrejonowe, oparte na potencjalnych relacjach w systemie P&R (zgodne z punktem 6.4).

W celu sprawdzenia wrażliwości modelu kosztu uogólnionego na zmianę czynników zewnętrznych takich jak koszt parkowania czy wprowadzenie opłaty za korzystanie z systemu Park and Ride, wyznaczono koszt uogólniony podróży różnymi środkami transportu.

Do określenia kosztu uogólnionego należy przyjąć następujące zmienne:

- a) Koszt jazdy samochodem osobowym – przyjęto na poziomie oficjalnej stawki w instytucjach państwowych dla samochodu osobowego, odpowiadającej kwocie 0,75 zł/km;
- b) Opłata za korzystanie ze środków komunikacji zbiorowej – przyjęto stałą kwotę stanowiącą średni koszt udziału abonamentu przypadający na podróż w jedną stronę, w wysokości 2,00 zł.
- c) Opłata za korzystanie z systemu P&R – wstępnie przyjęto kwotę równą 0,40zł/godz. Wartość ta będzie podwyższona dwukrotnie tj. do 0,80 zł/godz. Opłata będzie obejmować koszt podróży środkami komunikacji zbiorowej. Czas parkowania dla P&R przyjęto 10 godzin, jednakże do określenia kosztu uogólnionego podróży przyjęto, że należy uwzględnić połowę długości parkowania. Druga część przypadać będzie na podróż powrotną. Oznacza to w pierwszym przypadku opłatę 2,00 zł za dzień, a w drugim – 4,00 zł za dzień.
- d) Wartość czasu – w analizach komunikacyjnych przyjmuje się wartość czasu jako połowa stawki średniego wynagrodzenia za pracę, którą dla Warszawy oszacowano na 24 zł. Zatem w obliczeniach, dla horyzontu czasowego w 2008 roku, przyjęto 12 zł/godz. Uwzględniając średnioroczny wskaźnik wzrostu wartości czasu pracy na poziomie 3%, dla horyzontu czasowego 2030 przyjęto wartość czasu równą 24,00 zł.
- e) Koszt parkowania w mieście – ceny za godzinę parkowania mają charakter progresywny. Do analizy przyjęto średni koszt 1 godziny parkowania na 2,5 zł/godz oraz założono, że okres czasu korzystania z płatnej strefy będzie wynosił 8 godzin. Również w tym przypadku uwzględniono połowę czasu parkowania (druga połowa przypadnie na podróż powrotną). Daje to wysokość opłaty równą 10 zł/dzień.
- f) Czas oczekiwania i przesiadki przyjęto jako połowę interwału dla wysokiej częstotliwości kursowania (założono 10 min), co daje wartość 5 minut (wysoka częstotliwość kursowania jest

jednym z warunków właściwego funkcjonowania systemu P&R). Czas oczekiwania zwiększono o 1 minutę, uwzględniając ewentualną konieczność przejścia na przystanek.

- g) Odległości pomiędzy potencjalnym źródłem podróży a jej celem zostały określone przy wykorzystaniu modułu programu VISUM, wyznaczającego odległości między rejonami komunikacyjnymi. Rejony źródłowe zostały uporządkowane rosnąco względem odległości do śródmieścia. Numery rejonów zastąpiono nazwami dzielnic, do których one należą. Powtarzające się nazwy dzielnic związane są z większą liczbą rejonów komunikacyjnych przypisanych do dzielnicy, wykorzystanych w symulacji.
- h) Czas podróży od źródła do celu (umownie przyjętego punktu w śródmieściu) został określony na podstawie symulacji programem VISUM – załączniki 4-3, 4-4, 4-5.
- i) Obliczenia przeprowadzono dla lat 2008 i 2030. Wartości monetarne czasu podróży zostały zmodyfikowane dla horyzontu czasowego 2030, zakładając średnioroczny wskaźnik wzrostu równy 3%.

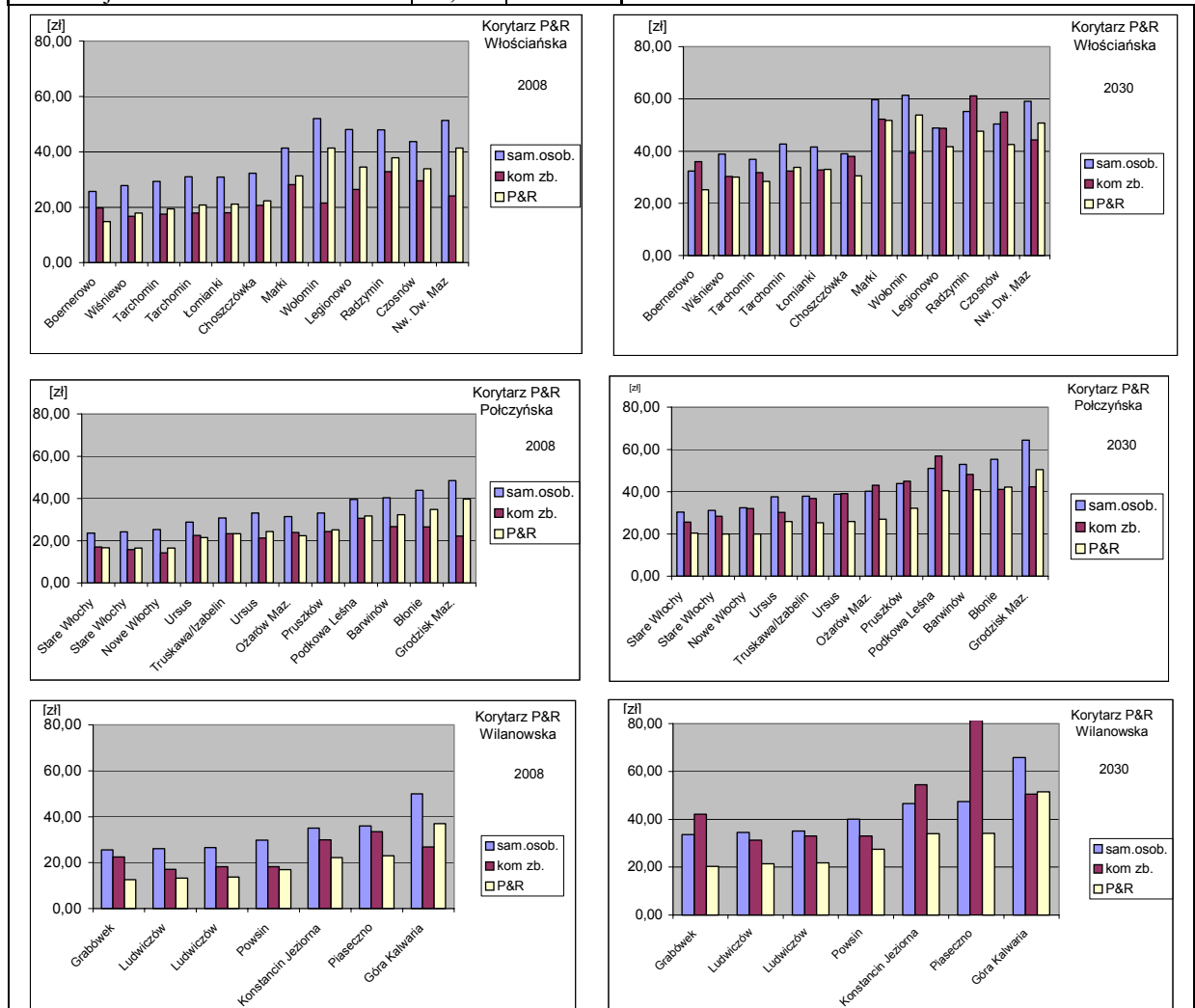
Uwzględniając powyższe założenia, przeprowadzono symulacje dla trzech wybranych wariantów:

1. Wariant początkowy (rysunek 4-2): przyjęto koszt parkowania w centrum na poziomie 10 zł (połowa opłaty dziennej), oraz koszt korzystania z systemu Park and Ride na poziomie 2 zł (połowa opłaty dziennej).
2. Wariant zakładający wzrost ceny za parkowanie w śródmieściu (rysunek 4-3): przyjęto wzrost kosztu parkowania w centrum do poziomu 16 zł. Koszt za korzystanie z parkingów Park and Ride pozostał bez zmian – 2 zł.
3. Wariant zakładający wzrost opłaty za korzystanie z parkingu P&R (rysunek 4-4): przyjęto koszt parkowania w centrum na poziomie wariantu drugiego – 16 zł, natomiast wprowadzono wyższą opłatę za korzystanie z parkingów P&R – 4 zł.

Pozostałe parametry modelu zestawiono na histogramach przedstawionych na odpowiednich rysunkach.

Samochód osobowy (s.o.)			Komunikacja zbiorowa (k.z.)		
koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km	koszt biletu	2,00	zł
wartość czasu	12,00	zł/godz.	waga czasu dojścia do k.z.	1,50	*
koszt parkowania w mieście	10,00	zł	czas dojścia do k.z.	8,00	min
waga czasu dojścia	1,2	*	czas oczekiwania na k.z.	3,00	min
czas dojścia do s.o.	2,0	min	waga czasu jazdy k.z.	1,50	*
waga czasu szukania miejsca park.	1,8	*	waga czasu odejścia z k.z.	1,20	*
czas szukania miejsca park.	6,0	min	czas odejścia z k.z.	6,00	min
waga czasu odejścia	1,1	*	wartość czasu	12,00	zł/godz.
czas odejścia	4,0	min			

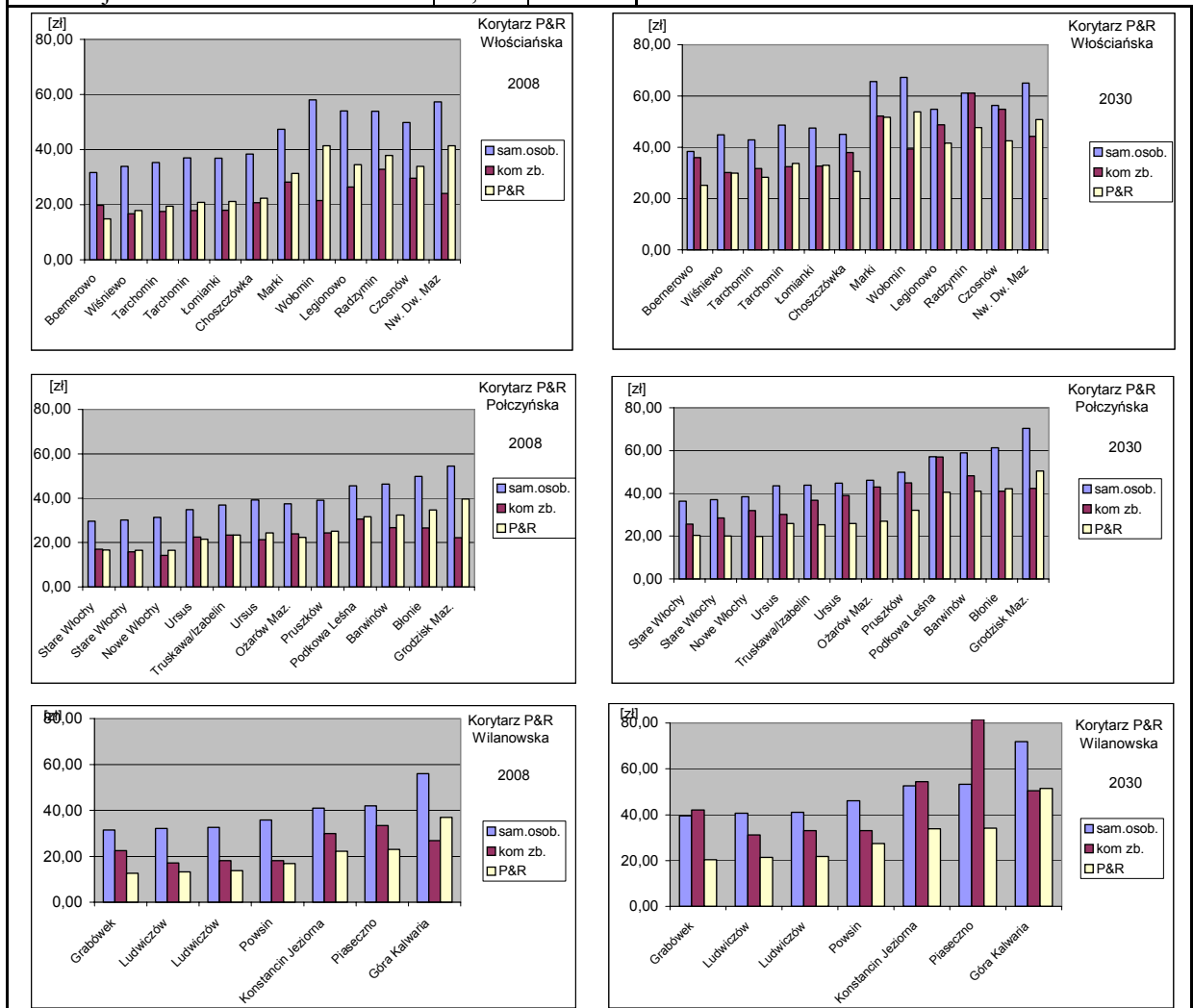
Park and Ride		
koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km
koszt P&R	2,00	zł
waga czasu dojścia do s.o.	1,21	*
czas dojścia do s.o.	2,00	min
waga czasu oczekiwania i przesiadki	2,00	*
czas oczekiwania i przesiadki	6,00	min
waga czasu jazdy k.z.	1,50	*
waga czasu odejścia	1,20	*
czas odejścia	4,00	min



Rysunek 4-2 Porównanie kosztów uogólnionych podróży samochodem osobowym, komunikacją zbiorową i w systemie Park and Ride – wariant 1.

Samochód osobowy (s.o.)			Komunikacja zbiorowa (k.z.)		
koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km	koszt biletu	2,00	zł
wartość czasu	12,00	zł/godz.	waga czasu dojścia do k.z.	1,50	*
koszt parkowania w mieście	16,00	zł	czas dojścia do k.z.	8,00	min
waga czasu dojścia	1,2	*	czas oczekiwania na k.z.	3,00	min
czas dojścia do s.o.	2,0	min	waga czasu jazdy k.z.	1,50	*
waga czasu szukania miejsca park.	1,8	*	waga czasu odejścia z k.z.	1,20	*
czas szukania miejsca park.	6,0	min	czas odejścia z k.z.	6,00	min
waga czasu odejścia	1,1	*	wartość czasu	12,00	zł/godz.
czas odejścia	4,0	min			

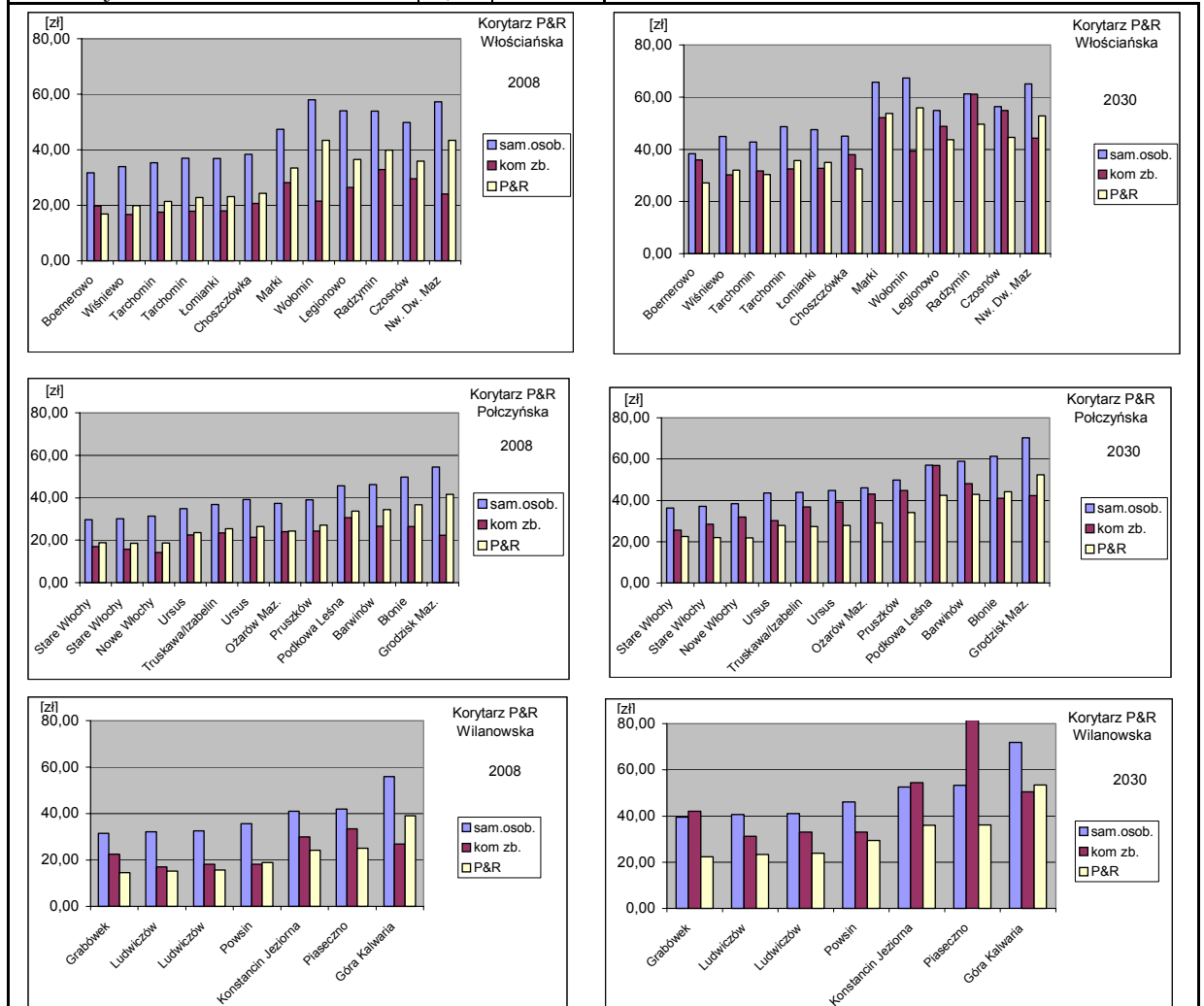
Park and Ride		
koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km
koszt P&R	2,00	zł
waga czasu dojścia do s.o.	1,21	*
czas dojścia do s.o.	2,00	min
waga czasu oczekiwania i przesiadki	2,00	*
czas oczekiwania i przesiadki	6,00	min
waga czasu jazdy k.z.	1,50	*
waga czasu odejścia	1,20	*
czas odejścia	4,00	min



Rysunek 4-3 Porównanie kosztów uogólnionych podróży samochodem osobowym, komunikacją zbiorową i w systemie Park and Ride – wariant 2.

Samochód osobowy (s.o.)			Komunikacja zbiorowa (k.z.)		
koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km	koszt biletu	2,00	zł
wartość czasu	12,0	zł/godz.	waga czasu dojścia do k.z.	1,50	*
koszt parkowania w mieście	16,0	zł	czas dojścia do k.z.	8,00	min
waga czasu dojścia	1,2	*	czas oczekiwania na k.z.	3,00	min
czas dojścia do s.o.	2,0	min	waga czasu jazdy k.z.	1,50	*
waga czasu szukania miejsca park.	1,8	*	waga czasu odejścia z k.z.	1,20	*
czas szukania miejsca park.	6,0	min	czas odejścia z k.z.	6,00	min
waga czasu odejścia	1,1	*	wartość czasu	12,00	zł/godz.
czas odejścia	4,0	min			

Park and Ride		
koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km
koszt P&R	4,00	zł
waga czasu dojścia do s.o.	1,21	*
czas dojścia do s.o.	2,00	min
waga czasu oczekiwania i przesiadki	2,00	*
czas oczekiwania i przesiadki	6,00	min
waga czasu jazdy k.z.	1,50	*
waga czasu odejścia	1,20	*
czas odejścia	4,00	min



Rysunek 4-4 Porównanie kosztów uogólnionych podróży samochodem osobowym, komunikacją zbiorową i w systemie Park and Ride – wariant 3.

Przy uwzględnieniu warunków dla **wariantu 1**, widać dysproporcję między kosztem podróży w systemie P&R oraz kosztem podróży samochodem osobowym. Dla większości lokalizacji i horyzontów czasowych uogólniony koszt podróży samochodem osobowym jest znacznie wyższy zarówno od kosztu podróży środkami komunikacji zbiorowej jak i w systemie Park and Ride. Wysoki koszt podróży samochodem osobowym jest spowodowany w głównej mierze wysokimi opłatami za parkowanie w centrum miasta. W pierwszym roku symulacji, dla parkingów P&R Włociańska i P&R Połczyńska, koszt uogólniony podróży komunikacją zbiorową jest niższy od kosztu pozostałych środków transportu. Wydaje się, że osiągnięta proporcja między kosztami analizowanych środków transportu jest właściwa z punktu widzenia polityki zrównoważonego rozwoju, promując komunikację zbiorową. W pozostałych przypadkach koszt podróży transportem zbiorowym jest często znacznie wyższy od podróży w systemie P&R a w przypadku relacji z Piaseczna (w roku symulacji 2030) prawie dwukrotnie. Uprzywilejowanie sposobu podróżowania, jakim jest P&R w stosunku do komunikacji zbiorowej jest powodowane znacznym wydłużeniem czasu podróży z przyjętych rejonów do śródmieścia w roku 2030. Jest to wyraźnie widoczne zwłaszcza dla parkingu P&R „Wilanowska”, gdzie praktycznie każda potencjalna podróż wypada najkorzystniej przy wyborze systemu Park and Ride jako sposobu podróżowania.

Wydaje się, że poziom opłat za parkowanie w centrum jest wystarczający by zachęcić potencjalnych użytkowników do korzystania z systemu Park and Ride. Jednakże w celu sprawdzenia wrażliwości modelu kosztu uogólnionego na zmiany wybranych parametrów zaproponowano podniesienie opłaty za parkowanie do poziomu 4 zł/godz – **wariant 2**. Przyczyniło się to do jeszcze bardziej wyrazistego zróżnicowania kosztów uogólnionych, w zdecydowanej większości przypadków pogarszając zdecydowanie pozycję samochodu osobowego jako środka transportu. Relacje pomiędzy komunikacją zbiorową a P&R pozostają na niezmiennym poziomie. Świadczy to o wysokiej czułości modelu kosztu uogólnionego podróży na wzrost kosztów za parkowanie w śródmieściu (rysunek 4-3).

W **wariacie 3** uwzględniono wprowadzenie dodatkowej opłaty za korzystanie z systemu Park and Ride (rysunek 4-4). Wysokość opłaty zwiększono do 4 zł (odnosi się to do podróży w jedną stronę). W ramach tej opłaty użytkownik miałby prawo do pozostawienia pojazdu na parkingu oraz przejazdu komunikacją zbiorową do celu podróży. Opłaty tego typu stosowane są w wielu rozwiązaniach w krajach Europy Zachodniej (np. w Leeds [93]). Można zauważyć, że podniesienie opłaty spowodowało nieznaczny wzrost wartości kosztu uogólnionego podróży P&R. Poprawiło to relację między kosztami podróży komunikacją zbiorową i P&R, czyniąc bardziej atrakcyjnym pod względem kosztowym podróż transportem zbiorowym. Jednakże nadal koszt podróży samochodem osobowym jest zdecydowanie wyższy od pozostałych.

4.12.3 Zastosowanie modelu irlandzkiego.

Korzystając z modelu opracowanego dla miasta Cork (zgodnie z punktem 4.2), wyznaczono koszt uogólniony jazdy samochodem osobowym i w systemie Park and Ride. Wartość kosztu w tym przypadku nie jest wyrażona monetarnie, a w postaci czasu.

W przypadku modelu irlandzkiego mamy do czynienia ze znacznie mniejszą ilością danych wejściowych (w odniesieniu do modelu własnego). Aby porównać model własny z analizowanym modelem, przyjęto takie same wartości zmiennych, jak w przypadku analizy przedstawionej w punkcie 4.12.2., czyli:

- a) Koszt jazdy samochodem osobowym – przyjęto na poziomie oficjalnej stawki w instytucjach państwowych dla samochodu osobowego, odpowiadającej kwocie 0,75 zł/km;

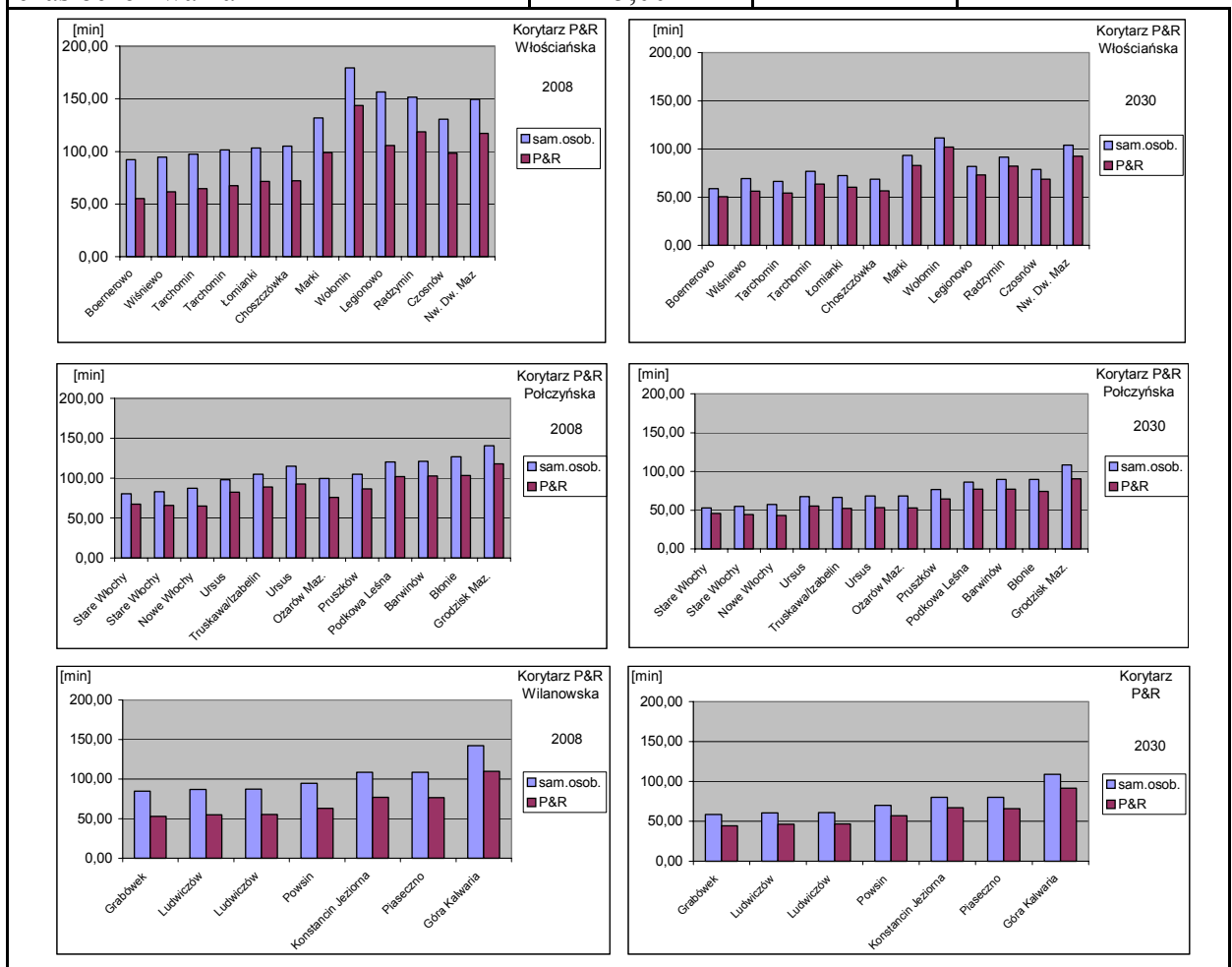
- b) Wartość czasu – w analizach komunikacyjnych przyjmuje się wartość czasu jako połowa stawki średniego wynagrodzenia za pracę, którą dla Warszawy oszacowano na 24 zł. Zatem w obliczeniach przyjęto 12 zł/godz.
- c) Koszt parkowania w mieście – ceny za godzinę parkowania mają charakter progresywny. Do analizy przyjęto średni koszt 1 godziny parkowania na 2,5 zł/godz oraz założono, że okres czasu korzystania z płatnej strefy będzie wynosił 8 godzin. Również w tym przypadku uwzględniono połowę czasu parkowania (druga połowa przypadnie na podróż powrotną). Daje to wysokość opłaty równą 10 zł/dzień.
- d) Opłata za korzystanie z systemu P&R – wstępnie przyjęto kwotę równą 0,40zł/godz. Wartość ta będzie podwyższona dwukrotnie tj. do 0,80 zł/godz. Opłata będzie obejmować koszt podróży środkami komunikacji zbiorowej. Czas parkowania dla P&R przyjęto 10 godzin, jednakże do określenia kosztu uogólnionego podróży przyjęto, że należy uwzględnić połowę długości parkowania. Druga część przypadająca będzie na podróż powrotną. Oznacza to w pieszym przypadku opłatę 2,00 zł za dzień, a w drugim – 4,00 zł za dzień.
- e) Czas dojścia i czas odejścia z samochodu do celu podróży (przyjęto łącznie 4 min). Dla czasu podróży do parkingu P&R uwzględniono czas dojścia do samochodu (2min), czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej równy połowie średniego interwału kursowania (średnio 5 min, niezależnie od lokalizacji P&R) oraz karę za przesiadki (5 min), wyrażającą uciążliwość związaną ze zmianą środka transportu.
- f) Podobnie jak w przypadku zastosowania modelu własnego, czas podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową z rejonów źródłowych do umownego celu podróży został określony na podstawie symulacji komputerowej wykonanej programem VISUM dla modelu transportowego Warszawy, opracowanej zgodnie z założeniami przedstawionymi w punkcie 6.4 (wyniki makrosymulacji przedstawione w załącznikach 4-3, 4-4, 4-5).

Przeprowadzono 3 symulacje uwzględniające zmiany parametrów zgodnie z następującymi wariantami:

1. **Wariant 1** – przyjęto koszt parkowania c centrum na poziomie 10,00 zł za cztery godziny (pozostałe cztery godziny parkowania mogą być brane pod uwagę przy określaniu kosztu podróży powrotnej), a opłatę za korzystanie z systemu Park and Ride 2,00 zł (również ta wartość odnosi się do połowy czasu parkowania) – rysunek 4-5.
2. **Wariant 2** – przyjęto koszt parkowania c centrum na poziomie 16,00 zł. Opłata za korzystanie z systemu Park and Ride pozostaje na poziomie 2,00 zł (obie wartości odnoszą się do połowy czasu parkowania) – rysunek 4-6.
3. **Wariant 3** – przyjęto koszt parkowania c centrum na poziomie 16,00 zł. Opłata za korzystanie z systemu Park and Ride wzrasta do wartości 4,00 zł (obie wartości odnoszą się do połowy czasu parkowania) – rysunek 4-7.

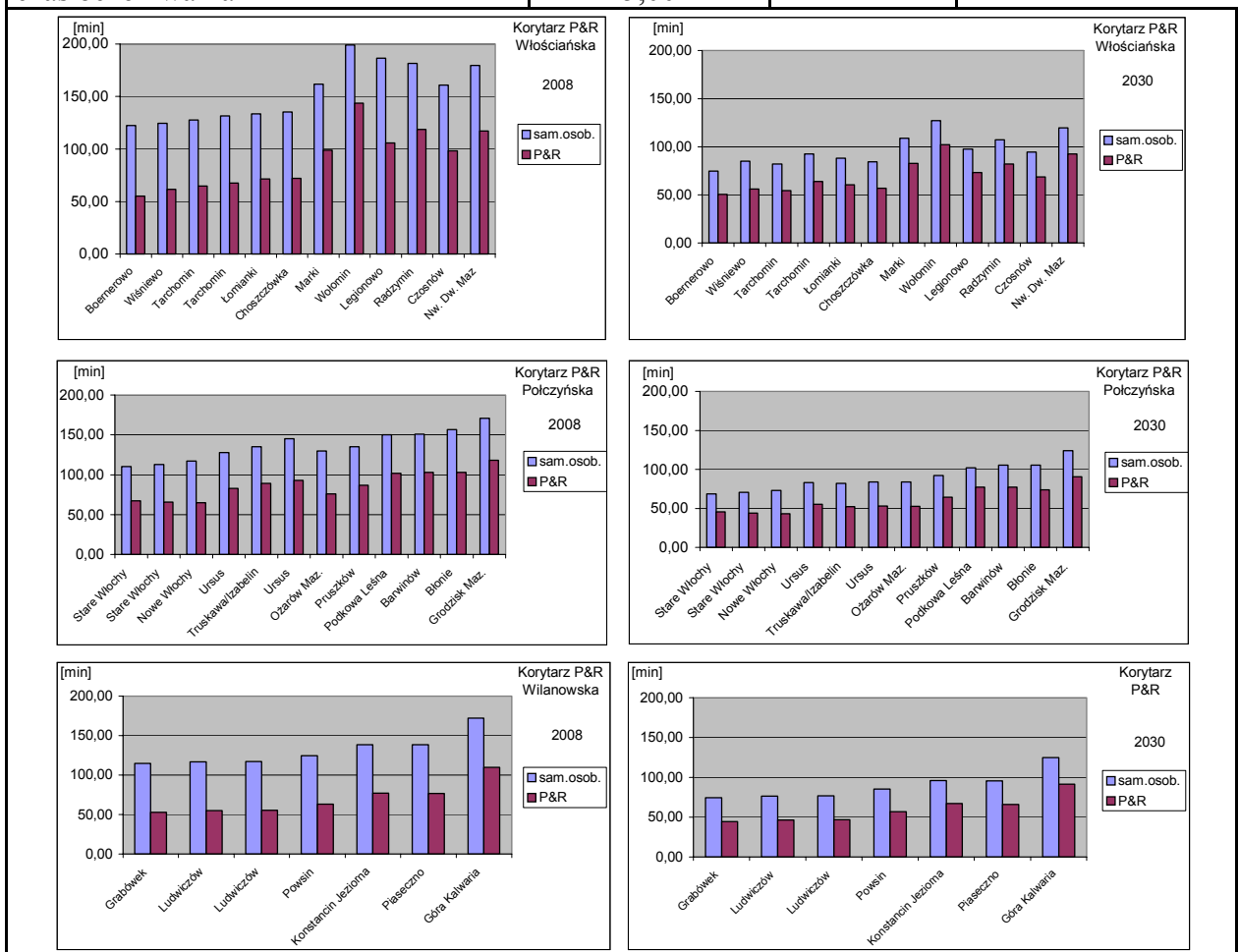
Pozostałe parametry modelu zestawiono na histogramach przedstawionych na odpowiednich rysunkach.

koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km
wartość czasu (rok 2008)	12,00	zł/godz
wartość czasu (rok 2030)	23,00	zł/godz
koszt parkowania w mieście	10,00	zł
opłata za P&R	2,00	zł
kara za przesiadkę	5,00	min
czas odejścia	4,00	min
czas dojścia do s.o.	2,00	min
czas oczekiwania	5,00	min



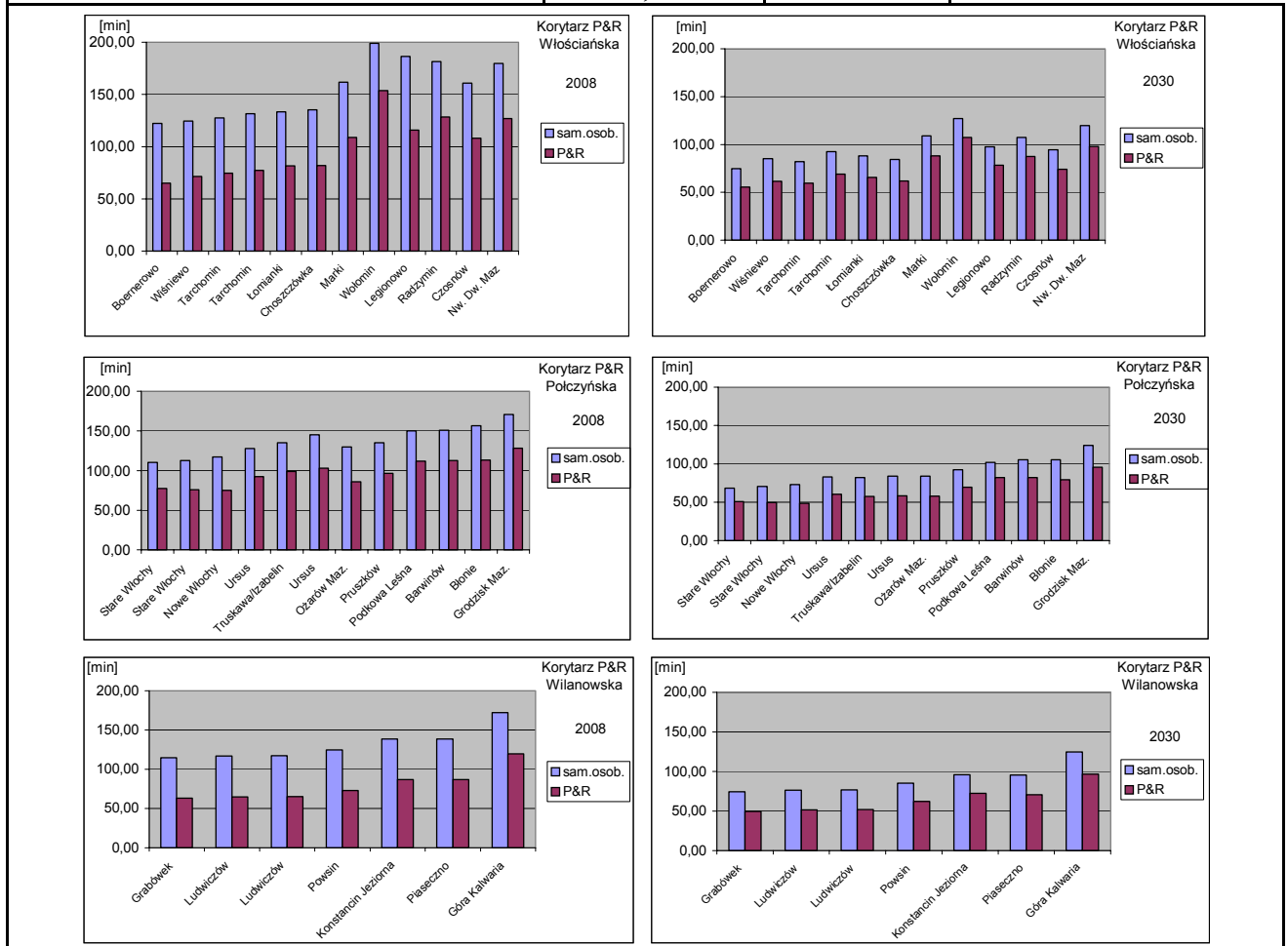
Rysunek 4-5 Porównanie kosztów uogólnionych podróży komunikacją indywidualną i w systemie P&R dla założonych parametrów wg wariantu 1.

koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km
wartość czasu (rok 2008)	12,00	zł/godz
wartość czasu (rok 2030)	23,00	zł/godz
koszt parkowania w mieście	16,00	zł
opłata za P&R	2,00	zł
kara za przesiadkę	5,00	min
czas odejścia	4,00	min
czas dojścia do s.o.	2,00	min
czas oczekiwania	5,00	min



Rysunek 4-6 Porównanie kosztów uogólnionych podróży komunikacją indywidualną i w systemie P&R dla założonych parametrów wg wariantu 2.

koszt jazdy s.o.	0,75	zł/km
wartość czasu (rok 2008)	12,00	zł/godz
wartość czasu (rok 2030)	23,00	zł/godz
koszt parkowania w mieście	16,00	zł
opłata za P&R	4,00	zł
kara za przesiadkę	5,00	min
czas odejścia	4,00	min
czas dojazdu do s.o.	2,00	min
czas oczekiwania	5,00	min



Rysunek 4-7 Porównanie kosztów uogólnionych podróży komunikacją indywidualną i w systemie P&R dla założonych parametrów wg wariantu 3.

Uwzględniając warunki wyjściowe – **wariant 1** (rysunek 4-5), zgodnie z przyjętym modelem relacja wartości kosztu uogólnionego podróży samochodem osobowym i w systemie P&R we wszystkich horyzontach czasowych jest podobna – koszt podróży P&R, wyrażony czasem, jest niższy od kosztu podróży samochodem osobowym. Oznacza to preferencje dla systemu Park and Ride w podziale zadań przewozowych. Mniejsze wartości kosztu podróży dla roku prognozy 2030 są spowodowane nie tylko krótszym czasem podróży, ale również wyższą stawką za godzinę czasu pracy kierowców zawodowych.

Aby zwiększyć atrakcyjność systemu P&R, można podnieść poziom opłat za parkowanie w śródmieściu. W symulacji drugiej – **wariant 2** (rysunek 4-6) zwiększono wysokość opłaty za godzinę parkowania w śródmieściu z 10,00 do 16,00 zł za połowę stawki dziennej. Zauważa się istotny wzrost wartości kosztu uogólnionego dla przypadku podróży samochodem osobowym.

W trzeciej symulacji – **wariant 3** (rysunek 4-7) wprowadzono dodatkową opłatę za korzystanie z systemu P&R, która wyniesie 4,0 zł za podróż w jedną stronę. We wszystkich przypadkach koszt uogólniony dla podróży odbywanych wyłącznie samochodem osobowym jest nadal wyższy, czyli taki sposób podróży jest dla użytkownika mniej korzystny niż P&R.

Reasumując, aby uzyskać mniejsze wartości kosztu uogólnionego dla systemu P&R niż dla podróży samochodem należałoby stosować politykę bardzo wysokich opłat za parkowanie w śródmieściu.

4.13 Wnioski z rozdziału 4.

Uogólniony koszt podróży w systemie P&R uwzględnia koszty eksploatacyjne (użytkowanie samochodu i opłaty za przejazd komunikacją zbiorową), oraz wartości czasów podróży z uwzględnieniem uciążliwości, w jakich poszczególne jej elementy się realizują. Koszt uogólniony może być podstawą do modelowania wyboru sposobu podróżowania.

Wobec braku funkcjonującego systemu Park and Ride charakter badań dotyczył deklarowanych preferencji. Przygotowana ankieta porusza trudne do interpretacji przez przeciętnego użytkownika informacje. Trudność tę powiększa fakt, że brak funkcjonującego parkingu P&R a co za tym idzie brak doświadczeń wpływa na jakość odpowiedzi, a uzyskane odpowiedzi mają charakter hipotetyczny i charakteryzują się znacznym rozproszeniem wokół wartości średnich (np. dla ekwiwalentnego współczynnika uciążliwości czasu oczekiwania, odchylenie standardowe wynosi $s=1,29$ a wartość średnia współczynnika $\mu_{okz}=2,19$). W celu zmniejszenia uzyskanych wielkości odchylenia standardowego, zastosowano ankietowanie dwuetapowe, bazujące na elementach techniki delfickiej. W wyniku przeprowadzenia drugiej ankietki udało się zmniejszyć rozrzut uzyskanych odpowiedzi do zadowalającego poziomu (np. dla wspomnianego współczynnika uciążliwości oczekiwania $\mu_{okz}=2,00$, odchylenie standardowe wynosi $s=0,23$). Również zmniejszyła się wysokość błędu oszacowania wartości średniej współczynnika – z 9,46% (wartość względna błędu wynosi 0,20) do 2,22% (przy wartości względnej równej 0,04). Łącznie przeprowadzono 189 ankiet eksperckich w dwóch etapach.

Wyniki końcowe uzyskane w ankietowaniu są następujące:

- a) Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości dojścia do samochodu: $\mu_{dso} = 1,21$
- b) Ekwiwalentny współczynnik czasu oczekiwania: $\mu_{okz} = 2,00$
- c) Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej (w zależności od warunków podróżowania): $\mu_{jkz} = 1,50$ (pasażer siedzi, średnie warunki wypełnienia autobusu)

Wszystkie analizowane współczynniki odnoszą się do czasu jazdy samochodem osobowym w warunkach drogowych odpowiadających przeciętnemu natężeniu ruchu w sieci ulicznej.

Analizując modele kosztu uogólnionego podróży porównano model własny z modelem irlandzkim. Irlandzki model kosztu uogólnionego nie uwzględnia szczegółowo łańcucha podróży, oraz nie wartościuje wszystkich jego elementów. Model wyraża koszt uogólniony podróży w postaci czasu. Według autorów modelu, wagę należy przypisać jedynie czasowi oczekiwania (waga wynosi 3,0). W modelu własnym (wyrażonym monetarnie), każdej wartości czasu przypisano wagi, odzwierciedlające subiektywne odczucia potencjalnych użytkowników.

Porównując wyniki aplikacji modelu własnego z modelem opracowanym dla warunków irlandzkich, można zauważyć wyraźne zróżnicowanie w wartościowaniu sposobu podróżowania.

W podejściu irlandzkim koszt jazdy samochodem osobowym jest porównywany z kosztem jazdy w systemie P&R. Zwiększenie wysokości opłaty za parkowanie w centrum z 10,00 zł do 16,00 zł, wpływa znacząco na podniesienie atrakcyjności systemu Park and Ride. Zauważono również stosunkowo małą wrażliwość modelu na wprowadzenie opłaty związanej z korzystaniem z systemu. Po zwiększeniu wysokości opłaty z 2,00 zł do 4,00 zł, koszt podróży P&R zwiększył się tylko nieznacznie.

W wyniku zastosowania modelu własnego dla tego samego modelu transportowego i takich samych założeń, można zaobserwować znacznie wyższy koszt podróży samochodem osobowym w stosunku do pozostałych środków transportu. Zwiększenie opłaty za parkowanie w centrum (z 10,00 zł do 16,00 zł) wyraźnie podnosi koszt podróży samochodem osobowym. Podobnie w przypadku zwiększenia wysokości opłaty za korzystanie z systemu P&R (z 2,00 do 4,00 zł) daje się zaobserwować wzrost kosztów podróży P&R.

5. Park and Ride w podziale zadań przewozowych.

Podział zadań przewozowych określa w szczególności, jaka część podróży pieszych będzie realizowana środkami komunikacji zbiorowej i komunikacji indywidualnej. Model podziału zadań przewozowych stanowi istotny etap w modelowaniu podróży. Klasyczne modele ruchu składają się z czterech podstawowych składników:

- a) Określenie potencjałów ruchotwórczych rejonów komunikacyjnych, uwzględniające strukturę zagospodarowania przestrzennego, czynniki demograficzne i społeczno-ekonomiczne w obszarze oraz poziom motoryzacji;
- b) Określenie rozkładu przestrzennego podróży, przedstawiającego relacje międzyrejonowe;
- c) Model podziału zadań przewozowych;
- d) Model rozkładu ruchu w sieci drogowo - ulicznej i komunikacji zbiorowej.

Udziału komunikacji zbiorowej w podróżach ma istotne znaczenie dla prowadzenia właściwej polityki transportowej w miastach. Ocenia się, że efektywne zarządzanie podziałem zadań przewozowych pozwala zmniejszyć łączne koszty transportu o 20% do 30% [41].

Modele podziału zadań przewozowych mają na ogół lokalny charakter, tzn. dotyczą konkretnego miasta. Opracowywane są bowiem na podstawie badań ankietowych mieszkańców danego miasta w ramach przeprowadzanego Kompleksowego Badania Ruchu (KBR). Badania obejmują zachowania komunikacyjne mieszkańców w zależności od motywacji, odległości czy czasu podróży. W procedurze wyznaczania podziału zadań przewozowych wydzieliła się modele wyróżniające podróże piesze i niepiesze (odbywane komunikacją zbiorową i indywidualną).

Celem niniejszego rozdziału jest opracowanie modelu podziału zadań przewozowych określającego udział podróży odbywanych w systemie Park and Ride. Ponieważ nie ma możliwości weryfikacji opracowanego modelu (brak jest poligonu badawczego w Polsce), proponuje się stworzenie modelu podziału zadań przewozowych obejmującego komunikację zbiorową i indywidualną a następnie weryfikację uzyskanego modelu przez porównanie z dostępnymi modelami. Jeżeli weryfikacja wypadnie pomyślnie, zakłada się, że przyjęta droga modelowania będzie słuszna również dla podziału zadań przewozowych określającego udział podróży w systemie P&R.

W niniejszej pracy przedstawione zostaną modele opracowane na podstawie KBR, przeprowadzonych w miastach polskich (Kraków, Łódź, Katowice, Poznań, Warszawa) oraz wybrane modele multimodalne, estymowanie w warunkach zachodnioeuropejskich.

5.1. Przegląd dotychczasowych badań.

5.1.1. Model podziału zadań przewozowych dla Krakowa.

W roku 1996, przeprowadzono badania korytarzowe analizując linię szybkiego tramwaju w Krakowie. Badania ankietowe prowadziła firma Waterprice Consulting i pozwoliły one na wyznaczenie modelu podziału zadań przewozowych [93]. Ankietowanym pytano o czas trwania podróży w motywacji dom – praca lub dom – szkoła różnymi środkami transportu z uwzględnieniem środka którym najczęściej podróżują. W analizie uwzględniono odpowiedzi ankietowanych, którzy mają możliwość wyboru sposobu podróżowania. Na podstawie ankiet ustalono, że 41,9% gospodarstw domowych posiada jeden lub więcej samochodów [93]. Przyjęto założenie, że osoba mająca wybór musi posiadać prawo jazdy i co najmniej jeden samochód osobowy w gospodarstwie (117 ankietowanych).

Model ten odnosi się wyłącznie do pary źródło – cel, wewnątrz analizowanego korytarza. Wykorzystano binarny model logitowy ze względu na łatwość obliczeń i możliwość kalibracji na

małej próbie (przeprowadzono łącznie 632 wywiady). Po analizie ankiety zdecydowano się na wybór czasu podróży, jako kryterium wpływającego na wybór środka transportu. Jako zmienną objaśniającą przyjęto iloraz czasu podróży samochodem osobowym oraz podróży środkami komunikacji publicznej.

Dla tak przyjętych założeń, przy wykorzystaniu programu Statistica, określono parametry modelu logitowego i wyznaczono udział podróży środkami komunikacji zbiorowej (wzór 5.1) i indywidualnej (wzór 5.2):

$$U_{kz} = \frac{1}{1 + 2,5e^{-1,63S_t}} \quad (5.1)$$

$$U_{ki} = 1 - U_{kz} \quad (5.2)$$

gdzie:

U_{kz} – udział podróży odbywanych komunikacją zbiorową;

S_t – iloraz czasu podróży samochodem osobowym do komunikacji zbiorowej t_{ki} / t_{kz} ;

U_{ki} – udział komunikacji indywidualnej.

Należy pamiętać, że opisany model dotyczy osób mających możliwość wyboru środka transportu.

W roku 2003 w Krakowie przeprowadzono Kompleksowe Badanie Ruchu [39]. Na podstawie ankiet, oszacowano udział poszczególnych środków podróżowania w zależności od motywacji podróży (tablica 5-1):

Tablica 5-1. Udział poszczególnych środków podróży w zależności od motywacji [39].

Motywacja	Pieszo	Samochód osobowy	Komunikacja zbiorowa	Inne
Dom – Praca	11,38%	30,92%	44,55%	13,15%
Praca – Dom	11,73%	30,86%	44,18%	13,23%
Dom – Nauka	15,43%	3,88%	70,12%	10,56%
Nauka – Dom	15,75%	3,67%	70,50%	10,08%
Dom – Inne	37,62%	18,77%	28,84%	14,77%
Inne – Dom	37,27%	18,80%	28,57%	15,36%
Niezwiązane z domem	23,66%	30,33%	30,61%	15,40%
Suma	25,97%	22,45%	37,52%	14,06%

Dane te wykorzystano do kalibracji modelu. Udział ruchu pieszego w podróżach uzależniono od odległości do celu podróży i przedstawiono w postaci logitowej:

$$U_p = e^{\left(\frac{x}{2770}\right)^2} \quad (5.3)$$

gdzie:

U_p – udział ruchu pieszego;

x – odległość po układzie ulicznym między źródłem a celem podróży.

Ustalono, że procent udział komunikacji indywidualnej jest stały i nie zależy od odległości. Oznacza to, że na wielkość udziału poszczególnych środków transportu w podziale zadań przewozowych nie mają wpływu cechy sieci.

Jednakże dla motywacji dom – praca – dom i dom - inne – dom, znaleziono związek ze wskaźnikiem motoryzacji i do wyznaczenia udziału komunikacji indywidualnej skalibrowano model logitowy:

$$U_{ki} = \frac{e^z}{1 + e^z} \quad (5.4)$$

gdzie:

U_{ki} – udział komunikacji indywidualnej;

z – wartości parametru z zestawiono w tablicy 5-2;

w – wskaźnik motoryzacji (poj./1000mieszk.);

Tablica 5-2. Parametry „ z ” funkcji logitowej w zależności od motywacji [39].

Motywacja	z	Współczynnik determinacji R^2
Dom – Praca - Dom	$z = 0,00582w - 1,98$	0,653
Dom - Inne-Dom	$z = 0,0106w - 3,58$	0,602

Pozostałe motywacje pominięto w badaniach.

W raporcie z Kompleksowych Badań Ruchu w Krakowie w roku 2003 [39] podjęto również próbę uzależnienia wielkości udziału podróży odbywanych komunikacją zbiorową od ilorazu czasów podróży komunikacją zbiorową i komunikacją indywidualną. W tym przypadku przyjęto tę samą postać funkcji logitowej (wzór 5.5):

$$U_{ki} = \frac{e^{z_c}}{1 + e^{z_c}} \quad (5.5)$$

$$z_c = 0,0685 \frac{t_{kz}}{t_{ki}} - 0,9060 \quad (5.6)$$

gdzie:

t_{kz} – czas podróży komunikacją zbiorową;

t_{ki} – czas podróży komunikacją indywidualną.

Zaproponowany model nie wykazuje jednak wysokiej zgodności z obserwacjami ($r^2=0,343$) i zgodnie z cytowanym raportem, może być wykorzystany jako element pomocniczy w prognozowaniu [39].

5.1.2 Model podziału zadań przewozowych dla Warszawy.

Warszawskie Badania Ruchu (WBR) zostały przeprowadzone w roku 1998 [5]. Łącznie ankietowano 2 016 gospodarstw domowych, co dało 10 691 wywiadów. Respondentów pytano o podróże wewnętrzne (podróże, których źródło i cel znajdowały się w Warszawie). Na tej podstawie określono podział zadań przewozowych dla ogółu podróży i dla podróży niepieszych (tablica 5-3):

Tablica 5-3. Podział zadań przewozowych w podróżach wewnętrznych w Warszawie [5].

Środek transportu	Udział środka transportu w podróżach	
	Ogółem	Niepieszych
Pieszo	20,5%	*
Samochód osobowy (w tym taksówka)	26,2%	32,9%
Komunikacja zbiorowa	52,5%	66,0%
Rower	0,4%	0,6%
Inne	0,4%	0,5%

Spśród podróży niepieszych wydzielono grupę osób nieposiadających samochodu osobowego (40%) będących stałymi użytkownikami komunikacji zbiorowej oraz grupę osób, która nigdy nie rezygnuje z używania samochodu osobowego (20%). Pozostała część to osoby mające wybór sposobu podróżowania. Dla tej grupy opracowano model podziału zadań przewozowych, uzależniony od czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową. Model przedstawia formuła:

$$IC_{ij} = \frac{1}{1 + e^{(0,01FT_{ij} - (0,014INVT_{ij} + 0,026LT_{ij}))}} \quad (5.7)$$

gdzie:

IC_{ij} - udział komunikacji indywidualnej w podróżach z rejonu i do j;

FT_{ij} - czas podróży samochodem osobowym po sieci obciążonej ruchem;

$INVT_{ij}$ - czas jazdy komunikacją zbiorową;

LT_{ij} - czas tracony w podróży komunikacją zbiorową (czas dojścia, czas oczekiwania, czas trwania przesiadki).

5.1.3. Model podziału zadań przewozowych dla Łodzi.

Na podstawie Kompleksowych Badań Ruchu przeprowadzonych w Łodzi w roku 1995, opracowano modele wydzielenia podróży niepieszych oraz podziału zadań przewozowych [6]. Dla opracowanego modelu skalibrowano parametry w zależności od motywacji podróży. Do wydzielenia podróży niepieszych zastosowano model logitowy:

$$U_{NPij} = a + b \frac{e^{c(L_{ij}-d)}}{f + e^{c(L_{ij}-d)}} \quad (5.8)$$

gdzie:

U_{NPij} – udział podróży pieszych między rejonami i i j;

L_{ij} – odległość z rejonu i do j [km];

a, b, c, d, f – parametry modelu, zestawione w tabelicy 5-4.

Tablica 5-4. Zestawienie wartości parametrów modelu wydzielenia dla Łodzi podróży pieszych w zależności od motywacji podróży [6].

Motywacja	a	b	c	d	f
Dom – praca; praca dom	-0,1618	1,1552	1,4517	0,9894	1,2546
Dom – nauka; nauka - dom	-0,1618	1,1552	1,4517	0,9894	1,2546
Dom – inne; inne - dom	-0,0262	1,0075	1,8035	-1,1893	2,1517
Nie związane z domem	0,0114	0,9816	1,5286	0,9237	1,3716

Dla wydzielenia podróży odbywanych środkami komunikacji indywidualnej, przyjęto formułę:

$$U_{ki} = \frac{W_m W_g W_w W_n}{1000 W_p} \quad (5.9)$$

gdzie:

U_{ki} – udział komunikacji indywidualnej;

W_m – wskaźnik motoryzacji, przyjęto na poziomie 235 (poj./1000 mieszk.);

W_g – wskaźnik gotowości technicznej – przyjęto jako 0,95;

W_w – wskaźnik wyboru samochodu osobowego, tablica 5-5;

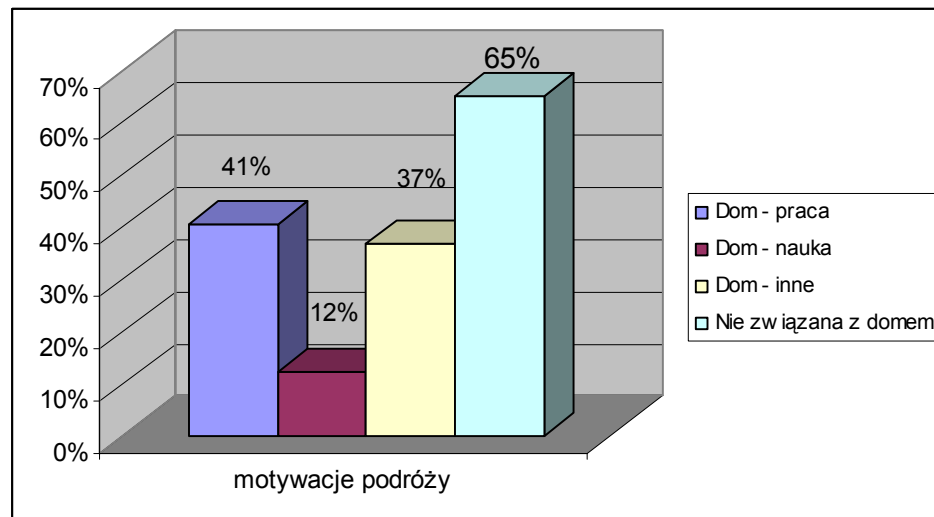
W_n – wskaźnik napełnienia pojazdu, tablica 5-5;

W_p – wskaźnik pracujących – przyjęto 0,455 (na podstawie KBR95).

Tablica 5-5. Zestawienie wskaźników modelu podziału zadań przewozowych oraz wielkości udziału podróży odbywanych komunikacją zbiorową (U_{ki}) dla poszczególnych motywacji w Łodzi. [6].

Motywacja	W_w	W_n	U_{ki}
Dom – praca; praca – dom	0,590	1,40	41%
Dom – nauka; nauka – dom	0,210	1,20	12%
Dom – inne; inne - dom	0,520	1,45	37%
Niezwiązana z domem	0,885	1,50	65%

Przedstawiony model dotyczy osób mających wybór środka transportu. Udział komunikacji indywidualnej dla podróży wewnętrznych w Łodzi, dla poszczególnych motywacji przedstawia histogram na rysunku 5-1.



Rys. 5-1. Udział podróży niepieszych odbywanych komunikacją indywidualną dla wybranych motywacji.

5.1.4. Model podziału zdań przewozowych dla Katowic.

Ankietowanie w ramach Kompleksowego Badanie Ruchu dla Katowic [70], zostało przeprowadzone w roku 1998. Łącznie ankietowano ponad 6 300 mieszkańców (3 074 gospodarstwa domowe). Populacja została podzielona na 9 grup o jednorodnych zachowaniach komunikacyjnych. Dla każdej z grup, w pracy [93], skalibrowano parametry modelu logitowego, dla podróży niepieszych (zmotoryzowanych), wyrażonego formułą:

$$U_{kz} = \frac{1}{(1 + a * e^{(b*x)})} \quad (5.10)$$

$$U_{ki} = 1 - U_{kz} \quad (5.11)$$

gdzie:

U_{kz} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji zbiorowej jako środka transportu;

x – iloraz czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową;

a, b – parametry modelu zależne od grupy zachowań komunikacyjnych;

U_{ki} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji indywidualnej.

W wyniku badań, wydzielono następujące grupy o jednorodnych zachowaniach komunikacyjnych: uczniowie, studenci, zatrudnieni z dostępem do samochodu, zatrudnieni bez dostępu do samochodu, niezatrudnieni z dostępem do samochodu i niezatrudnieni bez dostępu do samochodu. Parametry modelu zostały wyznaczone dla każdej z grup oddzielnie oraz dla wszystkich grup razem (model uogólniony). W modelu uogólnionym wartości parametrów odpowiadają: $a=5,9$; $b=-1,44$ [93]. Dla średniej wartości ilorazu czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową ($x=0,71$) określono udział podróży odbywanych komunikacją publiczną na poziomie 32%. Dotyczy to osób mających wybór środka podróży. Można stwierdzić, że w Katowicach jest stosunkowo niski udział komunikacji zbiorowej w podróżach.

5.1.5 Model podziału zadań przewozowych dla Siemianowic Śląskich.

Równoległe z badaniami przeprowadzonymi w Katowicach, prowadzono wywiady w ramach kompleksowego badania ruchu w Siemianowicach Śląskich [70]. Łącznie uzyskano 2 654 wywiady przeprowadzone w 1 357 gospodarstwach domowych. Wielkość próby pomiarowej stanowiła 4 % populacji. Na podstawie analizy wyników ankietowania zaproponowano [93] logitowy model podziału zadań przewozowych. Opracowano modele dla każdej z grup o jednorodnych zachowaniach komunikacyjnych oraz model ogólny [93], o postaci:

$$U_{kz} = \frac{1}{1 + 3,2 * e^{-0,68*x}} \quad (5.12)$$

$$U_{ki} = 1 - U_{kz} \quad (5.13)$$

gdzie:

U_{kz} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji zbiorowej jako środka transportu;

x - iloraz czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową;

U_{ki} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji indywidualnej.

Analizując model, przyjęto za średnią dla miasta wartość ilorazu czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową równą wartości średniej ilorazu (=0,73). Dla tej wartości udział komunikacji zbiorowej w przewozach wynosi 34%, co oznacza, że podobnie do Katowic, w Siemianowicach Śl. Udział komunikacji zbiorowej jest stosunkowo niewielki.

5.1.6 Model podziału zadań przewozowych dla Poznania.

W roku 2000 przeprowadzono w Poznaniu Kompleksowe Badania Ruchu [70]. Ankiety przeprowadzono w 8 023 gospodarstwach domowych (25 775 osób) a także wśród prawie 1 000 mieszkańców akademików i internatów. Wielkość próby pomiarowej stanowiła 3,1% populacji. Jak wykazała analiza wyników badań, ruchliwość w Poznaniu jest stosunkowo wysoka, ponadto zakres analizy obejmuje nie tylko miasto ale i obszar powiatu (różniące się istotnie w zakresie charakteru odbywanych podróży). W obszarze Poznania podróże odbywają się w większości samochodem osobowym i komunikacją zbiorową, natomiast w obszarze powiatu ziemskiego występuje silniejsza rola innych form podróżowania, w tym form pośrednich (określanych jako „parakomunikacyjne”: wykorzystanie jednośladów czy podróże o charakterze „Park and Ride”). Ponieważ w różnych częściach powiatu występuje zróżnicowane znaczenie form „parakomunikacyjnych”, klasyczne reguły podziału modalnego są mało przydatne. Zdecydowano się na opracowanie modelu podziału zadań przewozowych w sposób wtórny, tj. poprzez budowę osobnych macierzy dla transportu indywidualnego i zbiorowego [70], opartych na zasadzie możliwego prognozowania podziałów na środki transportu potencjałów (produkcji i atrakcji).

Jednakże biorąc pod uwagę jedynie obszar miasta, w pracy [93] skalibrowano logitowy model podziału zadań przewozowych uzależniając go od ilorazu czasu podróży komunikacją zbiorową i indywidualną. Opracowany model przedstawiają wzory:

$$U_{kz} = \frac{1}{1 + 4,9e^{-0,74x}} \quad (5.14)$$

$$U_{ki} = 1 - U_{kz} \quad (5.15)$$

gdzie:

U_{kz} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji zbiorowej jako środka transportu dla osób mających możliwość wyboru;

x - iloraz czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową dla określonej relacji źródło - cel;

U_{ki} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji indywidualnej.

5.1.7. Podejście *Supersieci*.

Jednym z najistotniejszych problemów przy modelowaniu podziału zadań przewozowych (o charakterze multimodalnym) jest odpowiednie odwzorowanie punktów przesiadkowych [3]. Większość modeli bazuje na wspólnych cechach środków transportu (np. samochód osobowy i komunikacja zbiorowa charakteryzują się w warunkach miejskich zbliżoną prędkością podróży). Znacznie wolniejsze środki transportu, takie jak np. rower, nie są właściwie modelowane. Ponadto w celu uproszczenia obliczeń, ogranicza się liczbę możliwych kombinacji środków transportu, marginalizując te, które mają niewielki udział w podziale zadań przewozowych. Aby uwzględnić wszystkie uwarunkowania, [6] proponuje się podejście tzw. *Supersieci*, w której sieci wszystkich możliwych środków transportu są połączone w jedną *Supersieć*, uwzględniającą możliwość przesiadki w węzłach. W tym podejściu multimodalny model wyboru ścieżki (stanowiącej połączenia między źródłem a celem podróży) zastępuje pojedyncze modele wyboru ścieżki podróży, odpowiednie dla każdego ze środków transportu. Multimodalny model wyboru ścieżki uwzględnia możliwość wyboru punktu przesiadkowego, zmiany środka transportu czy zmiany w obrębie jednej grupy (np. zmiana pociągu z pospiesznego na osobowy).

Do stworzenia *Supersieci* wykorzystano program Netter [28], w którym za pomocą odcinków i węzłów zamodelowano sieć transportową. Każdy z możliwych środków transportu miał zdefiniowaną oddzielną sieć, po której podróże modelowane są za pomocą kosztu uogólnionego podróży. Podczas konwersji poszczególnych sieci w jedną, każdemu odcinkowi przypisano parametry środków transportu, tworząc wielowymiarową sieć (*Supersieć*). Do obciążenia sieci wykorzystano potencjały ruchotwórcze wyznaczone dla korytarza Dordrecht – Rotterdam. W procesie rozkładu ruchu na sieć, wybór ścieżki opiera się na określeniu najkrótszej ścieżki, uwzględniając koszt uogólniony podróży. Do modelowania podziału zadań przewozowych nie można stosować znanych modeli logitowych, ponieważ nie uwzględniają one korelacji pomiędzy parametrami poszczególnych sieci transportowych. Proponowane podejście bazuje na modelu PCL (*Paired Combinatorial Logit*), wyrażającym prawdopodobieństwo wyboru alternatywy i , jako sumy iloczynu prawdopodobieństw wyboru poszczególnych par alternatyw, pomnożonych przez warunkowe prawdopodobieństwo wyboru alternatywy i przy założeniu, że alternatywna para i, j została wybrana jako pierwsza. Prawdopodobieństwo wyboru ścieżki P_i , a w efekcie sekwencji środków transportu, określają zależności 5.16 – 5.18:

$$P_i = \sum_{j \neq i} (P_{i/ij} * P_{ij}) \quad (5.16)$$

$$P_{i/ij} = \frac{e^{\left(\frac{a*V_i}{1-b_{ij}}\right)}}{e^{\left(\frac{a*V_i}{1-b_{ij}}\right)} + e^{\left(\frac{a*V_j}{1-b_{ij}}\right)}} \quad (5.17)$$

$$P_{ij} = \frac{(1-b_{ij}) \left(e^{\left(\frac{a*V_i}{1-b_{ij}}\right)} + e^{\left(\frac{a*V_j}{1-b_{ij}}\right)} \right)^{1-b_{ij}}}{\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{m=k+1}^n (1-b_{km}) \left(e^{\left(\frac{a*V_k}{1-b_{km}}\right)} + e^{\left(\frac{a*V_m}{1-b_{km}}\right)} \right)^{1-b_{km}}} \quad (5.18)$$

gdzie:

P_i – prawdopodobieństwo wyboru ścieżki i ;

P_{ij} – prawdopodobieństwo wyboru ścieżki i pod warunkiem, że rozważane są ścieżki i oraz j

V_i – koszt uogólniony ścieżki i ;

b_{ij} – miara podobieństwa między ścieżką i oraz j ;

$$b_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{d_i * d_j}} \quad (5.19)$$

d_{ij} – długość wspólnej części ścieżek i oraz j ;

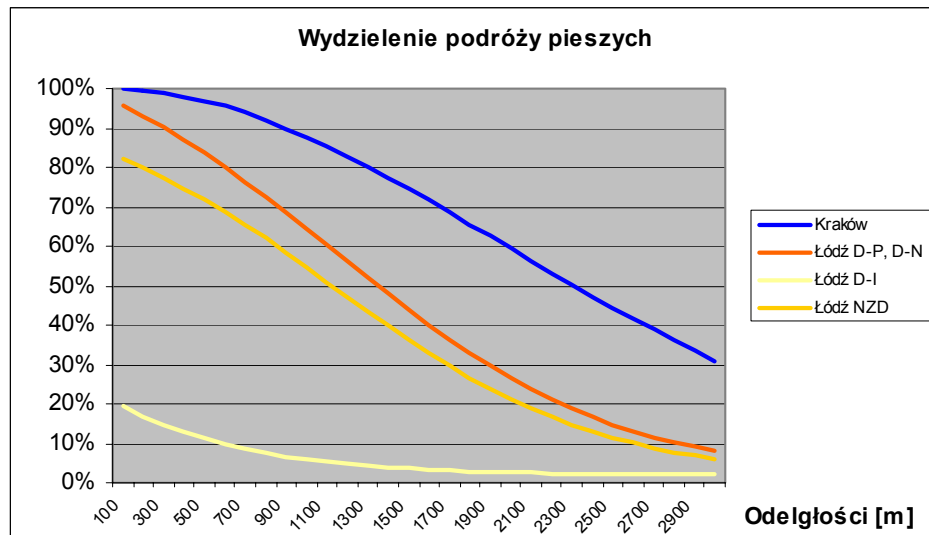
d_i, d_j – długości ścieżek i, j ;

a – parametr skalujący.

Materiał źródłowy nie przybliży przedstawionych pojęć. Model ten stanowi dopiero pierwszy etap w zaplanowanych badaniach. Aby można było go w pełni wykorzystać, należy jeszcze skalibrować parametry modelu wyboru ścieżki oraz parametry modelu kosztu uogólnionego podróży (pośrednio przez kalibrację funkcji użyteczności).

5.1.8. Porównanie przedstawionych modeli.

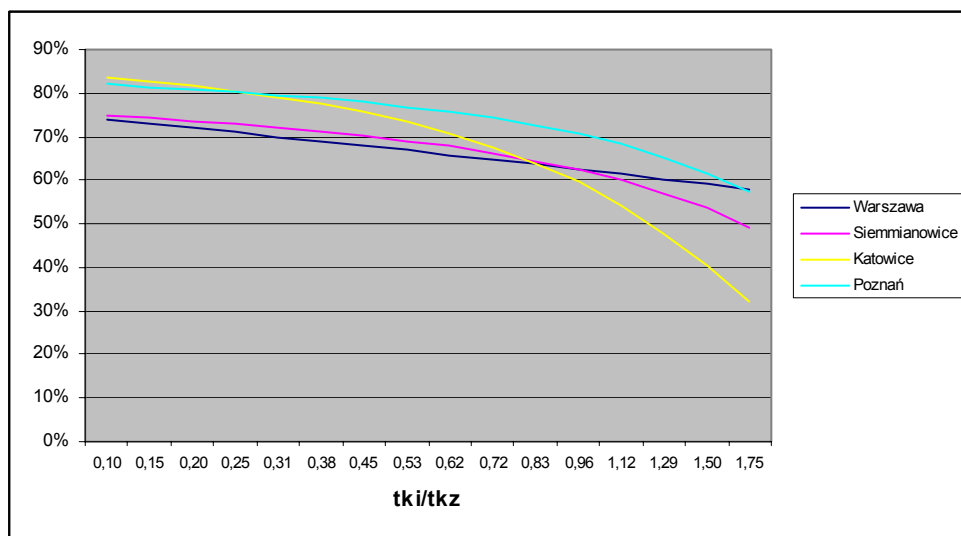
Na podstawie przedstawionych modeli, wydzielenie ruchu pieszego z ogółu podróży jest uzależnione od odległości. Przedstawione modele różnią się jednak sposobem podejścia. W Krakowie udział ten uzależniono jedynie od odległości, a w Łodzi dodatkowo od motywacji podróży. Na rysunku 5-2 zestawiono wykresy modelu „łódzkiego” (dla wszystkich motywacji) z modelem „krakowskim”.



Rys. 5-2. Udział podróży pieszych wg modelu dla Łodzi i Krakowa. Motywacje podróży oznaczono następująco: D-P (Dom – Praca), D – N (Dom – Nauka), D – I (Dom – Inne), NZD (Niezwiazane z Domem).

Udział podróży pieszych w Krakowie jest wyraźnie wyższy niż w przypadku Łodzi, dla której można zaobserwować wyraźne różnice w udziale podróży pieszych w zależności od motywacji. Zaskakujący jest bardzo mały udział podróży pieszych w motywacji D - I (dom i inne). Podróże tego typu związane są z przejazdem np. z domu na zakupy, który to przejazd związany może być z koniecznością przewożenia towarów (zakupy) najczęściej odbywa się samochodem lub komunikacją zbiorową. Można przypuszczać, że w przypadku tej motywacji udział podróży pieszych nie zależy od odległości. Większa wartość udziału podróży pieszych wg modelu krakowskiego może być tłumaczona bardziej zwartą strukturą śródmieścia i wystarczającym nasyceniem usług w Krakowie niż w Łodzi.

W przypadku wydzielenia podróży odbywanych komunikacją indywidualną spośród podróży niepieszych, większość przedstawionych modeli uzależniona jest od ilorazu czasu podróży samochodem osobowym i środkami komunikacji zbiorowej. Jedynie w przypadku Łodzi opracowany model uzależniony jest od wskaźników zależnych od motywacji podróży, wyznaczonych na podstawie ankiet (rysunek 5-1). Wykresy modeli podziału zadań przewozowych dla pozostałych miast zestawiono na rysunku 5-3:



Rys. 5-3. Udział komunikacji indywidualnej w podróżach dla analizowanych miast.

Przedstawione modele wykazują zbliżoną tendencję w wydzieleniu podróży komunikacją indywidualną, zwłaszcza w przypadku krótszego czasu podróży komunikacją zbiorową w porównaniu do komunikacji indywidualnej (wartość ilorazu $\frac{t_{ki}}{t_{kz}} < 1,0$). W przypadku wydłużenia czasu jazdy samochodem osobowym w stosunku do czasu jazdy komunikacją zbiorową poszczególne modele wykazują wyraźne rozbieżności (dochodzące do 25% różnicy między modelami dla Poznania i Katowic dla wartości ilorazu $\frac{t_{ki}}{t_{kz}} = 1,75$). Warto podkreślić jest fakt, iż model warszawski reaguje na zmiany wielkości ilorazu $\frac{t_{ki}}{t_{kz}}$ podobnie do modelu siemianowickiego, pomimo, że są to miasta o różnej wielkości. Można to tłumaczyć bardzo silnym wpływem konurbacji katowickiej na podróże odbywane w Siemianowicach.

5.2 Przykłady zastosowań zbiorów rozmytych w zagadnieniach związanych z modelowaniem podróży.

5.2.1 System wyboru trasy bazujący na zbiorach rozmytych [7].

Jednym z narzędzi pozwalających prawnie zarządzać ruchem jest układ znaków zmiennej treści, kierujący pojazdy na odcinek ulicy mający lepszą sytuację ruchową. Znaki takie są stosowane w Niemczech już od lat 60 [7]. Główną kategorią systemów zarządzających układem drogowym jest system zmiany trasy. Kieruje on ruch drogowy przez najlepszą ścieżkę, dostępną spośród wszystkich połączeń punktów źródłowych i docelowych. Odbywa się to przez wskazanie najlepszej trasy, (przez wyświetlenie informacji na znaku zmiennej treści) dla użytkownika. Obraz dynamiczny sytuacji ruchowej uzyskuje się przez urządzenia detekcji ruchu rozmieszczone na głównym i alternatywnych odcinkach dróg. Do wyboru najlepszego połączenia stosuje się kryteria takie jak czas podróży, prędkość, odległość lub sparametryzowany stopień zanieczyszczenia powietrza. Większość algorytmów sterujących bazuje na podejściu optymalizacji kosztu uogólnionego podróży wskazując właściwą trasę. Jednakże pojawia się dodatkowy czynnik obejmujący własne doświadczenia użytkowników, preferujące najkrótszy czas podróży. Badania wskazują, że systemy bazujące na optymalizacji pracy systemu z punktu widzenia użytkownika osiągają znacznie lepsze dopasowanie do rzeczywistości niż układy analizujące sytuację z punktu widzenia celu systemu transportowego. Wiele systemów sterowania bazuje na pracy operatorów wprowadzającej czynnik ludzki do podejmowanych decyzji. Aby symulować proces decyzyjny podejmowany przez człowieka zdecydowano się zastosować elementy teorii zbiorów rozmytych, opisujących w sposób matematyczny takie pojęcia jak „wysoki” czy „mały”. W pełni zautomatyzowany system powinien jednak bazować na ludzkich ocenach sytuacji ruchowej i wyborze optymalnej trasy. Model podejmowania decyzji w warunkach rozmytości został opracowany jako układ wnioskujący z dwoma danymi wejściowymi: długość kolejki i prędkość podróży. Jako dane wyjściowe przyjęto dwuwartościowy układ wyświetlający na tablicy zmiennej treści sygnał dla kierowców zalecający zmianę trasy. Kształt funkcji przynależności dla poszczególnych zbiorów rozmytych reprezentujących zmienne wejściowe został dobrany na podstawie ankiet eksperckich przeprowadzonych wśród osób zajmujących się zawodowo zagadnieniami sterowania wyborem trasy. Kalibrację opracowanego modelu wnioskowania rozmytego przeprowadzono w formie porównania z decyzjami podejmowanymi przez człowieka. Okazało się, że całkowite koszty funkcji celu zostały zmniejszone o 13%, natomiast czas reakcji na zaistniałą sytuację drogową skrócił się z 15 min (potrzebnych operatorowi do analizy otrzymanych danych i podjęcia

decyzji) do niecałej minuty. Wyniki symulacji wskazują, że algorytm wnioskowania rozmytego może być uznawany za krok w dobrym kierunku, wpływając istotnie na poprawę warunków ruchu.

5.2.2 Modelowanie wyboru parkingu przez użytkowników [66].

Wybór miejsca parkingowego związany jest z analizą dostępnych opcji i wyboru najbardziej dogodnej dla kierowcy. Jednakże użytkownicy rzadko mają kompletną i precyzyjną informację na temat wszystkich dostępnych możliwości. Oznacza to, że podejmowanie decyzji obarczone jest niepewnością. Niepewność ta jest tradycyjnie reprezentowana przez modele stochastyczne, które w efekcie dają prawdopodobieństwo wyboru. Alternatywnym sposobem modelowania tego zagadnienia jest zastosowanie teorii możliwości, w której na bazie zasady niezmienności niepewności wskazano jak uzyskać prawdopodobieństwo wyboru dokonanego przez użytkownika spośród możliwości wyboru.. W tym przypadku ocena poszczególnych wyborów jest przedstawiona w postaci przedziału (zbioru rozmytego) a nie w postaci liczby.

Tradycyjny model stochastyczny wykorzystuje funkcje użyteczności jako miarę preferencji użytkowników odnoszącą się do podejmowania decyzji. Funkcja ta jest wyrażona przez liniową kombinację wartości atrybutów, którym przypisane zostały odpowiednie wagi. Dodatkowo pojawia się tam zmienna losowa (wyrażająca niepewność modelu), której rola jest wciąż dyskutowana. W każdym przypadku obecność tej zmiennej powoduje, że funkcja użyteczności ma charakter losowy, a w efekcie wybór parkingu opiera się na zasadach probabilistyki.

Teoria możliwości jest dobrym narzędziem do formalnego opisu sytuacji z niekompletną informacją, wyrażoną w postaci lingwistycznej (zapisanej formalnie jako rozmytą wartość) i zapewnia najlepsze wyniki w reprezentowaniu niepewności ludzkich zachowań. Teoria posługuje się dwoma miernikami: *możliwością* i *koniecznością* odpowiadającą optymistycznemu i pesymistycznemu punktowi widzenia przy porównywaniu wartości wyrażanych przez interwały, które mogą tylko częściowo się pokrywać. Innymi słowy: prawdziwość stwierdzenia, że jakiś wariant jest dogodniejszy niż każdy z pozostałych może być oceniana na dwa sposoby: optymistyczny i pesymistyczny.

Podstawowym elementem teorii jest wyznaczenie *możliwości* zajścia analizowanego zdarzenia. *Możliwość* wyraża stopień prawdziwości wyrażenia „A jest x” (analitycznie odpowiada to funkcji przynależności)

$$\pi_A(x) = h_A(x) \quad (5.20)$$

gdzie:

$h_A(x)$ jest funkcją przynależności do zbioru rozmytego A,

$\pi_A(x)$ jest rozkładem *możliwości* indukowanej przez zbiór rozmyty A tj. stopień prawdziwości wyrażenia „A jest x” jest liczbowo równy funkcji przynależności $h_A(x)$.

Wzór (5.19) jest szczególnie przydatne do porównania dwóch liczb rozmytych (może to być np. wartość użyteczności). W tym przypadku *możliwość*, że liczba B jest większa niż liczba A prowadzi do wyznaczenia stopnia prawdziwości stwierdzenia: „B jest w zakresie zbioru rozmytego większe niż A”. Formalnie zdanie to można zapisać w postaci równania:

$$Poss(B > A) = MaxMin[h_B(x), \pi_{>A}(x)] \quad (5.21)$$

gdzie:

$h_B(x)$ jest funkcją przynależności do zbioru B,

$\pi_{>A}(x)$ rozkładem *możliwości* indukowanym przez zbiór rozmyty „większe niż A”.

Dwoistość pojęcia *możliwości* wyrażona jest przez pojęcie *konieczności*, opisane równaniem:

$$Nec(B > A) = \{1 - Poss(NotB > A)\} \quad (5.22)$$

Po opisanie pojęć *możliwości* i *konieczności*, można zdefiniować *poziom ufności*, odpowiadający ilości danych ściśle odpowiadających założonemu stwierdzeniu. W analizowanym przykładzie stopień zaufania do stwierdzenia „A jest mniejsze niż B” przedstawia się następująco:

$$C(B > A) = Poss((B > A) + Nec(B > A) - 1 \quad (5.23)$$

Aby zastosować metodę teorii *możliwości* do wskazania wyboru parkingu przez użytkownika można przyjąć: N – całkowita liczba parkingów możliwych do wyboru, C_i – stanowi aproksymowany koszt dostępu do i-tego parkingu. Koszty dostępu parkingów powinny być porównywane przez miarę *możliwości* i *konieczności* stwierdzenia „ C_i jest niższe niż C_j ”. W efekcie uzyskujemy:

$$Poss(C_i) = Min(Poss(C_i < C_j)); i, j = 1, \dots, m; i \neq j \quad (5.24)$$

$$Nec(C_i) = Min(Nec(C_i < C_j)); i, j = 1, \dots, m; i \neq j \quad (5.25)$$

Poziom ufności będzie określony wzorem:

$$C(C_i) = Poss(C_i) + Nec(C_i) - 1 \quad (5.26)$$

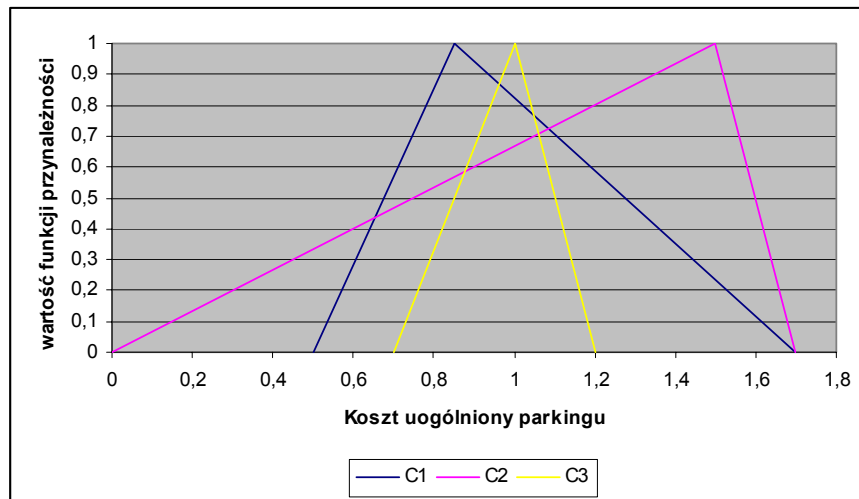
Wartość ujemna poziomu ufności wskazuje, że odpowiednie twierdzenie jest zaprzeczone ze stopniem zaprzeczenia równym *poziomowi ufności*. Wartości *możliwości* mogą być transformowane na wartość prawdopodobieństwa przez zastosowanie reguły *niepewności niezmienniczości*. Zgodnie z tą regułą, prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia C_i określone jest zależnością:

$$Pr ob(C_i) = \frac{Poss(C_i)^\gamma}{\sum [Poss(C_i)^\gamma]} \quad (5.27)$$

gdzie:

γ - parametr skalujący.

W analizowanym przykładzie przyjęto trzy parkingi (C1, C2, C3) i dla każdego z nich określono funkcję przynależności dla kosztu uogólnionego parkowania (rysunek 5-4). Autor publikacji nie podaje jednak, na jakiej zasadzie określono kształt funkcji przynależności. Wydaje się, że został on przyjęty arbitralnie.



Rys. 5-4. Funkcje przynależności do kosztu uogólnionego parkowania dla trzech analizowanych parkingów.

Zgodnie z przedstawionymi założeniami wyznaczono wartości możliwości, konieczności oraz poziomu ufności. Dodatkowo wyznaczono prawdopodobieństwo uzyskanych miar. Wyniki zostały zestawione w tabelicy 5-6:

Tablica 5-6. Wyniki obliczeń parametrów teorii możliwości.

Miara	Parking C1	Parking C2	Parking C3
Możliwość – <i>Poss</i>	1	0,7	0,83
Konieczność – <i>Nec</i>	0,17	0	0
Poziom ufności – <i>C</i>	0,65	-0,3	-0,17
Prawdopodobieństwo wyboru każdego z parkingów - <i>Prob</i>	0,65	0,10	0,25

Ujemna wartość ufności dla parkingu C2 i C3 wskazuje, że możliwość ich wyboru jako najlepszego wariantu może być odrzucona z ufnością wynoszącą odpowiednio 0,3 i 0,17.

Teoria możliwości może być zastosowana z powodzeniem dla przypadków, w których nie jest dokładnie znana wartość wejściowa (stanowi ona wartość rozmytą). Zastosowanie reguły niezmienniczości niepewności pozwala przedstawić wyniki w sposób probabilistyczny, co czyni metodę łatwiejszą w interpretacji.

Przedstawione przykłady bazują na założeniach zbiorów rozmytych, co czyni je szczególnie przydatnymi w sytuacji niedokładnych informacji i w przypadku podejmowania decyzji przez użytkowników systemu (występujący czynnik ludzki, trudny do matematycznego opisu bez „rozmywania” wartości liczbowych).

5.3 Wnioski i propozycja dalszych badań.

Część modeli podziału zadań przewozowych stanowią modele logitowe, bazujące na ilorazie czasów podróży (komunikacji zbiorowej do komunikacji indywidualnej). Modele te są stosunkowo proste i nie wymagają dużej bazy danych (np. Poznań, Kraków). Należy podkreślić, że odnoszą się one do par źródło – cel, nie uwzględniając czynników wpływających na podejmowanie decyzji takich jak motywacja podróży czy warunki socjo – ekonomiczne. Model podziału zadań przewozowych dla Warszawy uwzględnia szerszą paletę zmiennych (czas

tracony w podróży). Istnieją również modele uzależniające wielkość podróży odbywanych danym środkiem transportu od motywacji czy wskaźnika motoryzacji (Łódź). Nie można jednoznacznie stwierdzić, która grupa modeli lepiej oddaje problem wyboru środka transportu. Każdy model jest opracowany na podstawie wyników Kompleksowego Badania Ruchu i odnosi się do specyfiki analizowanego miasta. Warto podkreślić jest fakt, iż wszystkie przedstawione modele dają w rezultacie zbliżone wyniki, co zostało przedstawione na rysunku 5-3.

Przedstawione modele odnoszą się do wyboru przez użytkownika dwóch środków transportu: samochodu osobowego i pojazdu komunikacji zbiorowej. W przypadku pojawienia się trzeciego środka transportu (np. możliwość korzystania z systemu Park and Ride) powstaje problem określenia jego udziału w podróżach. Dostępne modele (poza prezentowanym podejściem *Supersieci*, będącym jednak w fazie przygotowania) nie dają odpowiedzi na postawione zadanie ze względu na brak tego typu urządzeń. W warunkach krajowych nie było potrzeby ani możliwości modelowania podróży uwzględniając system parkingów przesiadkowych, ponieważ w żadnym z miast on praktycznie nie funkcjonował. Biorąc pod uwagę wzrost motoryzacji i związany z tym szybki wzrost zatłoczenia w centrach miast można przyjąć, że niezbędnym będzie szybkie znalezienie rozwiązania tego problemu. Jednym z narzędzi może być niewątpliwie system Pak and Ride, gdzie w przypadku funkcjonowania systemu pojawi się zagadnienie modelowania udziału systemu w podróżach. Dotychczasowe metody wyznaczania udziału danego środka transportu w podróżach oparte na wynikach badań ruchu nie znajdują tutaj zastosowania. Jednym z rozwiązań może być wykorzystanie ankiet opartych na preferencjach deklarowanych, ale takie działania mogą nie przynieść prawidłowych rozwiązań z powodu nieznamośności przez potencjalnych użytkowników zasad funkcjonowania, korzyści i ewentualnych niedogodności płynących z korzystania z systemu P&R. Brak dostatecznej wiedzy może bowiem wpłynąć w sposób istotny na wyniki ankiet. Wydaje się, że należy szukać innych sposobów rozwiązania tego zagadnienia a dających zadowalające wyniki. Z dwóch przedstawionych metod zastosowania elementów logiki wielowartościowej (wnioskowanie rozmyte, teoria możliwości) do stworzenia multimodalnego modelu podziału zadań przewozowych zdecydowano się na wybór układu bazującego na wnioskowaniu rozmytym. Takie podejście okazało się użyteczne w analogicznych zagadnieniach, w których obiekt miał charakter hipotetyczny. Proponowane rozwiązanie opiera się na dwuetapowym modelu: w pierwszym etapie opracowanie modelu podziału zadań przewozowych dla komunikacji indywidualnej i zbiorowej oraz weryfikacja otrzymanego modelu z dostępnymi rozwiązaniami; w drugim etapie, bazując na wcześniej opracowanej metodyce, stworzenie modelu określającego udział podróży odbywanych w systemie Park and Ride. Można przyjąć, że jeżeli proponowana metodyka wnioskowania rozmytego sprawdzi się w podziale bimodalnym potwierdzi to jej skuteczność w modelowaniu podróży w systemie Park and Ride.

5.4 Badania własne.

5.4.1 Zbiory rozmyte - wprowadzenie.

W tradycyjnej logice dwuwartościowej dany element może albo należeć do zbioru albo nie. Nie ma możliwości opisanie elementów należących częściowo do jednego lub drugiego zbioru. Problem ten staje się wyraźny zwłaszcza w sytuacji, kiedy do opisanie pewnej zależności wykorzystujemy pojęcia lingwistyczne, np. „mały”, „duży”. W pracy [97], zaproponowano pojęcie zbioru rozmytego, przedstawionego jako zbiór par:

$$A = \{(\mu_A(x), x)\} \quad (5.28)$$

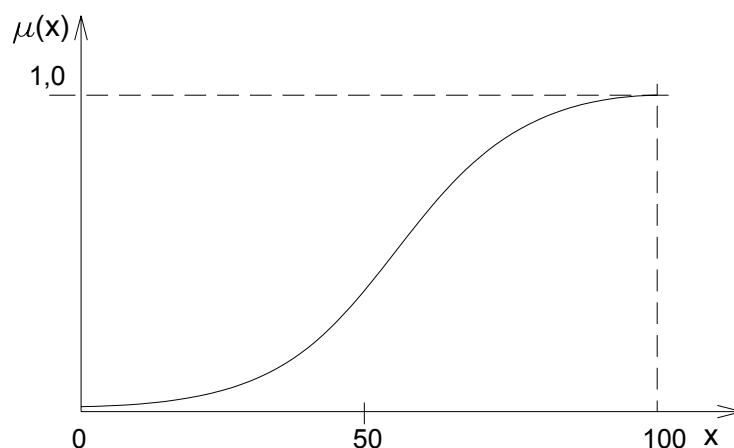
gdzie:

$$\mu_A : X \longrightarrow [0,1] \quad (5.29)$$

jest funkcją przynależności, która każdemu elementowi x z przestrzeni X przyporządkowuje stopień przynależności do danego zbioru rozmytego: od nieprzynależności ($\mu_A(x)=0$), przez przynależność częściową ($0 < \mu_A(x) < 1$), do całkowitej przynależności ($\mu_A(x)=1$).

Jak widać oprócz alternatywy „przynależność – nieprzynależność”, charakterystycznej dla zbioru konwencjonalnego, występują tu przypadki przynależności częściowej. Teoria zbiorów rozmytych jest więc teorią klas, w których przejście od przynależności do nieprzynależności nie ma charakteru skokowego, a jest stopniowe [35].

Pojęcie zbioru rozmytego może służyć do formalnego ujmowania i ilościowego wyrażania pojęć nieostrych i niejednoznacznych. Niech przykładem będzie pojęcie „duża liczba”. Każde pojęcie rozmyte musi mieć określony obszar rozważań, relatywizujący lingwistyczne pojęcia odbierane przez człowieka. Dla obszaru rozważań $X [0,100]$, funkcja przynależności pojęcia „duża liczba”, może wyglądać np. zgodnie z rysunkiem 5-5. Jak można zauważyć, z określaniem kształtu funkcji przynależności związany jest również pewien subiektywizm oceny związany z indywidualnym postrzeganiem rzeczywistości.



Rys. 5-5 Przykład funkcji przynależności dla pojęcia „duża liczba”.

W modelowaniu podziału zadań przewozowych stosuje się najczęściej modele „ostre”, opisujące proces wyboru środka transportu przy wykorzystaniu zasad matematyki klasycznej –

np. modele logitowe. Podejście takie nie uwzględnia jednak w dostatecznym stopniu rozmytości towarzyszącej człowiekowi przy podejmowaniu decyzji. Ta rozmytość przyczynia się do rozwiązania problemu (w tym wypadku wyboru środka transportu), nie wymagając precyzyjnych danych a jedynie przybliżone informacje.

Podejmowanie decyzji w warunkach rozmytości może opierać się na procesie przybliżonego rozumowania, bazującego na elementach logiki rozmytej [35], [18], [65], [83], [36], [13]. W niniejszej pracy przyjęto następującą implikację $P \Rightarrow R$, dla rozmytego zdania warunkowego:

$$\text{IF } P \text{ jest } A_1 \text{ AND / OR } Q \text{ jest } A_2 \text{ THEN } R \text{ jest } A_3 \quad (5.30)$$

gdzie:

- P, Q, R – oznaczają wybrane pojęcia (zmiennie lingwistyczne) np. „iloraz czasu podróży”, „udział w podróżach”;
- A_1, A_2, A_3 – zbiór terminów lingwistycznych wraz z odpowiadającym im funkcjom przynależności;
- AND/OR/THEN** – operacje mnogościowe na funkcjach przynależności.

Warunki odpowiadające danym wejściowym nazywa się poprzednikiem reguły, natomiast warunki odpowiadające danym wyjściowym nazywa się następnikiem reguły [13]. Do podstawowych operacji na zbiorach rozmytych należą:

- a) Suma (mnożnościowa) zbiorów rozmytych P, Q , należących do tej samej przestrzeni rozważań – definiowana jest jako:

$$\mu_{P+Q}(x) = \mu_P(x) \vee \mu_Q(x) \quad (5.31)$$

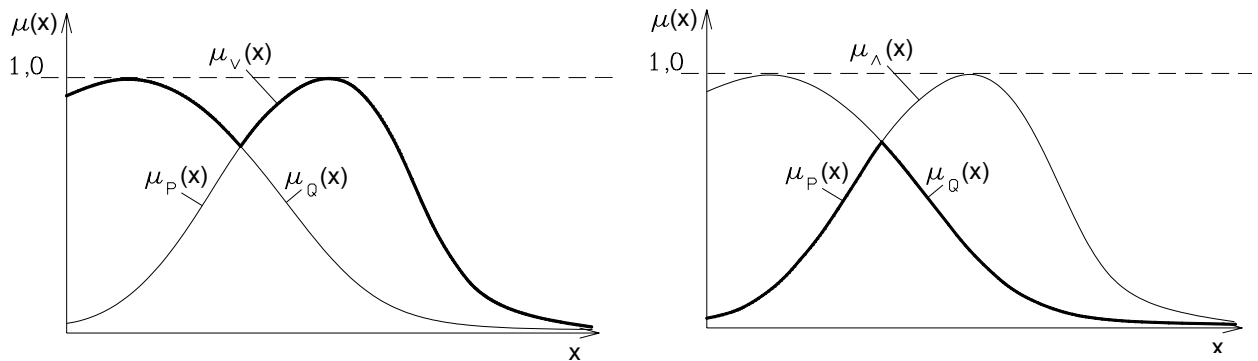
przy czym pojęcie sumy zbiorów rozmytych odpowiada spójnikowi „lub” – OR. Operację tę nazywa się również operacją *max* [18].

- b) Przecięcie zbiorów rozmytych P, Q , należących do tej samej przestrzeni rozważań – definiowana jest jako:

$$\mu_{P+Q}(x) = \mu_P(x) \wedge \mu_Q(x) \quad (5.32)$$

przy czym pojęcie przecięcia zbiorów rozmytych odpowiada spójnikowi „i” – AND. Operację tę nazywa się również operacją *min* [18]. Przecięcie zbiorów rozmytych jest również wykorzystywane do opisanie procesu implikacji – THEN, w regułach wnioskowania.

Graficzne wyjaśnienie działania operacji mnogościowych, przedstawiają rysunki 5-6.



Suma zbiorów rozmytych

Przecięcie zbiorów rozmytych

Rys. 5-6. Działanie operacji mnogościowych dwóch zbiorów rozmytych – wynik stanowi część pogrubiona wykresu.

Kolejną ważną definicją, wykorzystaną w niniejszym opracowaniu będzie pojęcie normalizacji zbioru rozmytego. Jeżeli wysokość zbioru rozmytego $h(A)$ (definiowana jako $h(A) = \bigvee_{x \in X} \mu_A(x)$, $h(A) \in [0,1]$) jest mniejsza od 1,0, w takim przypadku zbiór A nazywamy zbiorem subnormalnym. Z każdego zbioru subnormalnego możemy otrzymać zbiór normalny za pomocą operacji normalizacji:

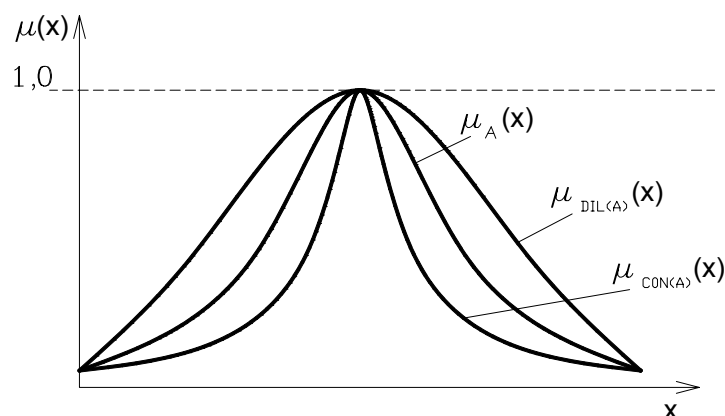
$$\mu_{A^N}(x) = \frac{\mu_A(x)}{h(A)}, \forall x \in X \quad (5.33)$$

W niniejszej pracy wykorzystane będą również operacje potęgowe na zbiorach rozmytych. Specjalnymi przypadkami takich operacji będzie operacja koncentracji zbioru rozmytego (A), oznaczana CON , a definiowana jako:

$$\mu_{CON(A)}(x) = (\mu_A(x))^2 \quad (5.34)$$

Drugą operacją jest operacja rozcieńczania zbioru rozmytego, oznaczana DIL , a definiowana jako:

$$\mu_{DIL(A)}(x) = (\mu_A(x))^{0,5} \quad (5.35)$$



Rys. 5-7 Działanie operacji rozcieńczania i koncentracji zbiorów rozmytych.

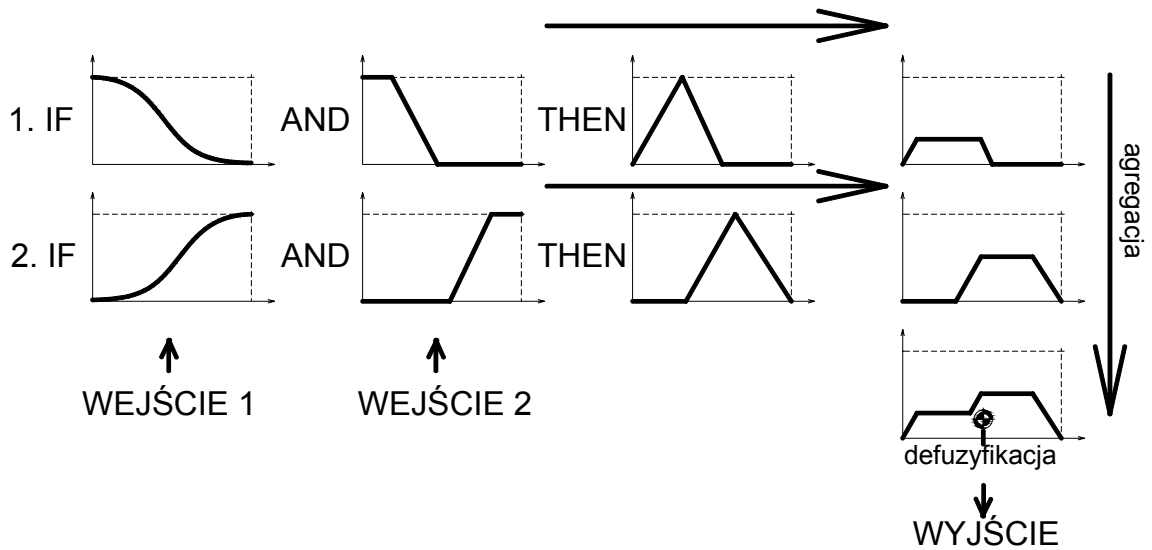
Operacje te odgrywają dużą rolę w semantyce zmiennych lingwistycznych. Wnioskowanie rozmyte opiera się na operacjach mnogościowych, wykonywanych na odpowiednio dobranych funkcjach przynależności. Cały proces wnioskowania będzie opracowany przy pomocy programu Matlab z nakładką do zbiorów rozmytych.

5.4.2 Opis modelu wnioskowania.

Proces wnioskowania rozmytego polega na przekształcaniu danych wejściowych i wyjściowych przy wykorzystaniu elementów logiki rozmytej. W programie Matlab [18] są dostępne dwa sposoby modelowania procesu wnioskowania: układ Sugeno i Mamdani. Podejście Sugeno przewiduje do odwzorowania danych wyjściowych funkcje stałą lub liniową, co ogranicza możliwość opisu zjawisk natomiast w przypadku podejścia Mamdaniego możliwe jest zastosowanie również funkcji nieliniowych (np. Gaussa).

Działanie podejścia Mamdaniego składa się z pięciu etapów:

- I. Określenie danych wejściowych i przyporządkowanie ich do stopnia przynależności do określonego zbioru rozmytego przy pomocy funkcji przynależności (określenie poprzednika reguły)
- II. Jeżeli dane wejściowe opisane są przez więcej niż jeden zbiór rozmyty, należy ustalić odpowiednią składnię warunków przy pomocy spójników AND lub OR.
- III. Przygotowanie reguł wnioskujących i przyporządkowanie im operatora implikacji THEN (określenie następnika reguły). Każda reguła może mieć przypisaną wagę. Jeżeli waga przyjmie wartość 1,0, oznacza to, że reguły są traktowane jednakowo podczas procesu implikacji. Zmniejszenie wagi wiąże się ze zmniejszeniem wpływu danej reguły na końcowy wynik implikacji.
- IV. Agregacja wyników wnioskowania. Jako zbiór wyjściowy w procesie wnioskowania otrzymuje się funkcje przynależności, przypisaną każdej regule. Proces agregacji polega na złożeniu otrzymanych funkcji przynależności jako ich sumy mnogościowej (operacja max). Otrzymujemy w ten sposób jedną funkcję rozmytą.
- V. Proces defuzyfikacji. Polega on na podaniu jednej wartości wyjściowej (nierozmytej) wyznaczonej na podstawie zbioru rozmytego. Najbardziej znaną metodą defuzyfikacji jest metoda *centroidy* (Środka Ciężkości), w której za wartość wyjściową przyjmuje się liczbę odpowiadającą położeniu środka ciężkości powierzchni między osią odciętych a wykresem funkcji zagregowanej.

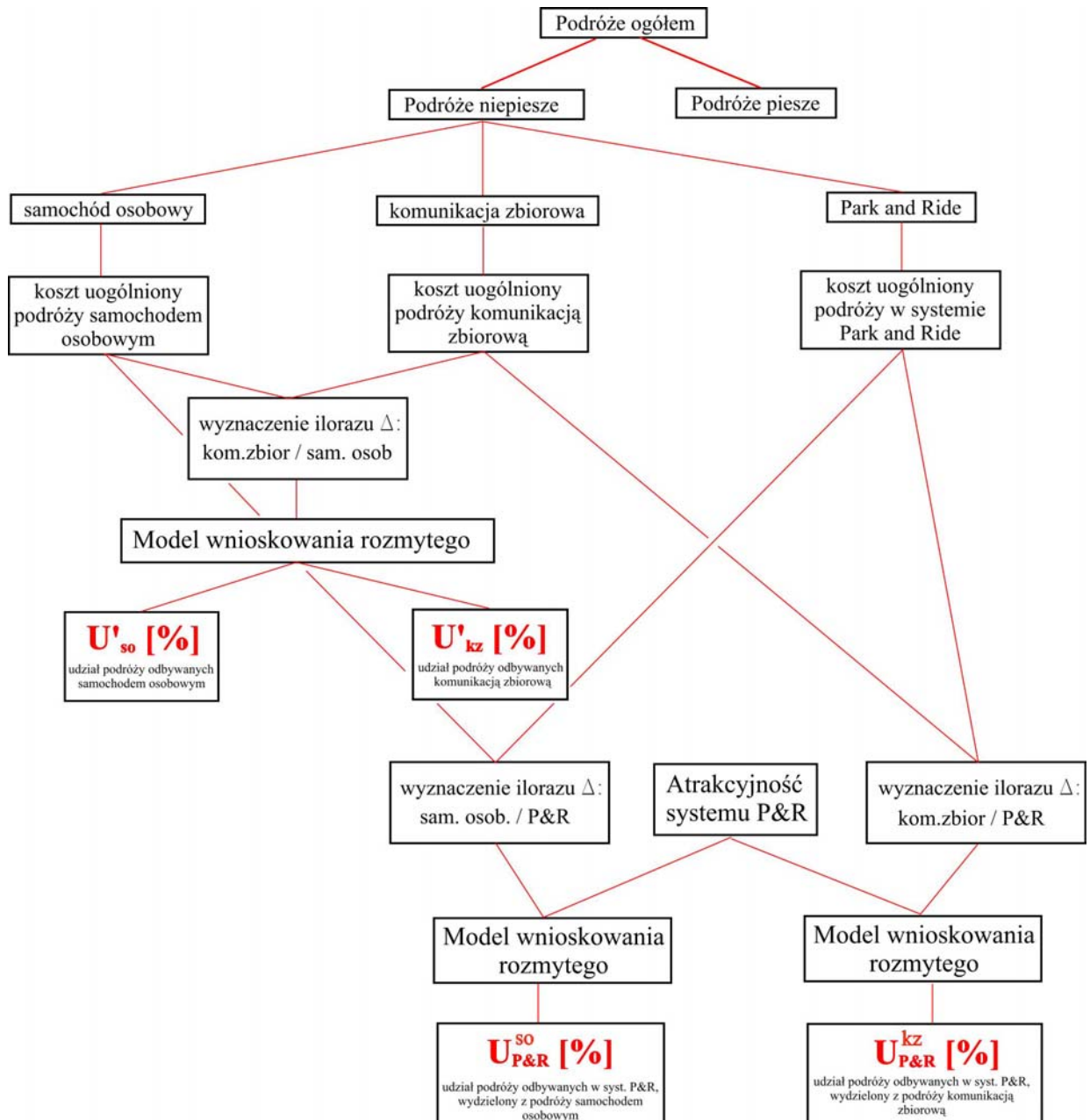


Schemat 5-1. Graficzna interpretacja wnioskowania rozmytego.

5.4.3 Założenia modelu.

W tradycyjnych modelach, w celu określenia prawdopodobieństwa odbywanej podróży samochodem osobowym stosuje się jako czynnik wpływu iloraz czasu jazdy środkami komunikacji zbiorowej do czasu jazdy samochodem osobowym. Jednakże nie uwzględnia to wpływu subiektywnych odczuć użytkowników związanych z wartościowaniem takich elementów podróży jak czas oczekiwania czy czas przesiadki. Podstawą do określenia udziału poszczególnych środków transportu, będzie wartość kosztu uogólnionego podróży, uwzględniająca wszystkie składniki odbywanej podróży wraz z ich wartościowaniem (rozd. 4).

Multimodalny model podziału zadań przewozowych będzie uwzględniał podróże odbywane środkami komunikacji zbiorowej, samochodem osobowym, w systemie Park and Ride i odnosi się do osób mających możliwość wyboru środka transportu. Schemat logiczny proponowanego podejścia przedstawiono na schemacie 5-2



Schemat 5-2. Schemat blokowy procedury modelowania podziału zadań przewozowych, z wykorzystaniem wnioskowania rozmytego.

Podróże niepiesze mogą być realizowane komunikacją zbiorową, komunikacją indywidualną albo w systemie Park and Ride. Szczegółowa analiza podejścia multimodalnego jest rozpatrywana w trzech etapach:

- I etap: podział podróży na odbywane komunikacją indywidualną oraz komunikacją zbiorową;
- II etap: wydzielenie podróży odbywanych w systemie Park and Ride, spośród potencjalnych podróży komunikacją indywidualną;
- III etap: wydzielenie podróży odbywanych w systemie Park and Ride, spośród potencjalnych podróży komunikacją zbiorową.

Ostateczne wartości udziałów poszczególnych środków transportu można wyznaczyć na podstawie następujących zależności:

$$U_{so} = U'_{so} \left(1 - U_{P\&R}^{so}\right) \quad (5.36)$$

$$U_{kz} = U'_{kz} \left(1 - U_{P\&R}^{kz}\right) \quad (5.37)$$

$$U_{P\&R} = U_{so} \cdot U_{P\&R}^{so} + U_{kz} \cdot U_{P\&R}^{kz} \quad (5.38)$$

Oznaczenia zgodne ze schematem 5.2.

5.4.4 Etap 1 - podział na podróże wykonywane wyłącznie komunikacją zbiorową i wyłącznie samochodem osobowym.

Dla tego przypadku wykorzystano system wnioskowania z jednym zbiorem wejściowym. Udział komunikacji zbiorowej w podróżach pieszych, dla określonej relacji, uzależniono od ilorazu kosztu uogólnionego podróży środkami komunikacji zbiorowej i samochodem osobowym. Stanowić on będzie zmienną lingwistyczną o nazwie *iloraz* Δ_s , dla której zostaną przyjęte odpowiednie terminy. Wyznaczony przedział będzie zawierał wartości mające istotne znaczenie przy definiowaniu funkcji przynależności dla odpowiednich terminów:

1. Dla wartości $\Delta_s \leq 1$ – charakteryzujące podróże korzystne pod względem kosztu z punktu widzenia komunikacji zbiorowej. Wartość Δ_s oznacza w tym przypadku, że koszt uogólniony podróży środkami komunikacji zbiorowej jest niższy od kosztu uogólnionego podróży samochodem osobowym. Założono, że dolną granicą przedziału będzie wartość 0,2.
2. Dla wartości $1 < \Delta_s < 3$ – charakteryzujące podróże korzystne pod względem kosztu z punktu widzenia komunikacji indywidualnej. Oznacza to, że koszt uogólniony podróży samochodem osobowym jest wyższy od kosztu uogólnionego podróży środkami komunikacji zbiorowej. Jako górną granicę przedziału przyjęto wartość 3,0. Założono, że dla warunków miejskich zazwyczaj nie występuje ponad trzykrotna różnica w czasie podróży komunikacją zbiorową i indywidualną.

Zbiór terminów zmiennej *iloraz*, przyjmie następującą postać:

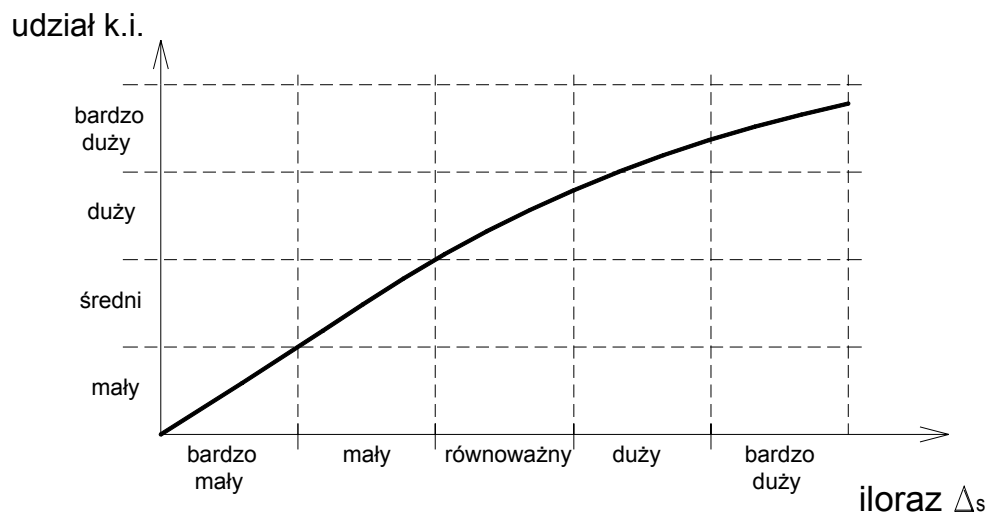
$$\Delta_s („iloraz”) = \{„bardzo mały”, „mały”, „równoważny”, „duży”, „bardzo duży”\}$$

Jako zbiór wyjściowy, przyjęto udział komunikacji zbiorowej w dwumodalnym podziale zadań przewozowych, który stanowi zmienną lingwistyczną o nazwie *udział*. Zbiór terminów zmiennej *udział* przyjmie następującą postać:

$$U („udział”) = \{„mały”, „średni”, „duży”, „bardzo duży”\}$$

Po określeniu terminów zmiennych lingwistycznych opisujących dane wejściowe i wyjściowe, należy przygotować reguły wnioskowania. Reguły powinny uwzględniać właściwe interakcje pomiędzy danymi wejściowymi i wyjściowymi. Spośród możliwej liczby reguł (uwzględniając wszystkie kombinacje można uzyskać 30 reguł), wybrano 7, kierując się realnością i możliwością zaistnienia interakcji między daną wejściową i wyjściową. Odrzucono reguły, których wynik jest niemożliwy do osiągnięcia. Na przykład dla terminu „bardzo mały iloraz”, dla wartości ilorazu $\Delta_s = 0,3$ (np. 3zł – koszt uogólniony podróży komunikacją zbiorową i 10zł – koszt uogólniony podróży samochodem osobowym) odrzucono regułę dającą w wyniku

„bardzo duży” udział komunikacji indywidualnej. Związki pomiędzy danymi wejściowymi i wyjściowymi można przedstawić na rysunku 5-8 – wypukłość funkcji wynika z rosnącej rozmytości pojęcia „duży” i „bardzo duży” w odniesieniu do wartości ilorazu Δ_s :



Rys. 5-8. Zależności opisujące reguły wnioskowania rozmytego.

Na podstawie powyższego wykresu można opisać reguły pozwalające na powiązanie ilorazu kosztu uogólnionego podróży z udziałem komunikacji zbiorowej w podróżach niepieszych np. IF Δ_s „równoważny” THEN U „duży”. Jednakże dla terminu „duży iloraz”, następnik może być opisany dwoma terminami: „duży” i „bardzo duży” udział komunikacji indywidualnej. W takim przypadku dla reguł wnioskowania można przyjąć wagi. Standardowo dla wszystkich reguł przyjęto wagę, 1,0 co oznacza, że są one traktowane identycznie w całym procesie wnioskowania. Wagi dla poszczególnych reguł wnioskowania pozwalają uwzględnić nawet te terminy zbiorów danych wejściowych, które mają nieznaczny wpływ na dane wyjściowe. Umożliwiają kwantyfikację siły wpływu między zbiorem wejściowym a wyjściowym.

Podstawowym elementem wnioskowania rozmytego są właściwie dobrane funkcje przynależności. W wykorzystanym programie Matlab, do dyspozycji jest 8 różnych funkcji przynależności [85]. Najprostsze funkcje to trójkątna (*trimf*) i trapezoidalna (*trapmf*). Są to funkcje liniowe o kształtach odpowiadających nazwom. Są one łatwe do wyznaczenia, ale nie opisują dokładnie zjawisk. Kolejna grupa funkcji to funkcje sigmoidalne, opisane równaniem:

$$f(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}} \quad (5.39)$$

gdzie:

a, c - współczynniki funkcji.

W programie dostępne są trzy funkcje tego typu: *sigmf* – funkcja otwarta jednostronnie, *dsigmf* – funkcja zamknięta, symetryczna i *psigmf* – funkcja zamknięta asymetryczna. Dwie ostatnie funkcje są złożeniem dwóch krzywych opisanych wzorem 5.39 dla parametrów $[a_1, c_1, a_2, c_2]$.

Ostatnią grupą funkcji są funkcje dzwonowe, bazujące na krzywej Gaussa:

$$f(x, \delta, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\delta^2}} \quad (5.40)$$

gdzie:

δ, c - współczynniki funkcji.

W tym przypadku dostępne są dwie funkcje tego typu: *gaussmf* – klasyczna krzywa Gaussa (zgodnie ze wzorem 5.40), *gauss2mf* – funkcja będąca złożeniem dwóch krzywych Gaussa, opisana czterema parametrami [$\delta_1, c_1, \delta_2, c_2$]. Jeżeli $c_1 < c_2$ to funkcja osiąga maksimum o wartości równej 1,0. W przeciwnym wypadku maksimum jest mniejsze od jedności. Funkcję taką można wykorzystywać do opisu funkcji przynależności zbioru subnormalnego (o wysokości mniejszej od 1,0), funkcja może mieć kształt asymetryczny.

Ostatnią funkcją jest funkcja „dzwonowa” – *gbellmf* (5.41). Jest to funkcja symetryczna, opisana trzema parametrami.

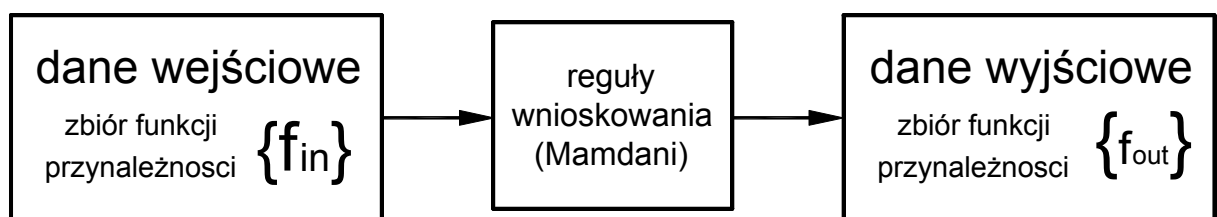
$$f(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (5.41)$$

gdzie:

a, b, c - parametry funkcji.

Z powodu kształtu i prostoty zapisu najczęściej wybieranymi funkcjami są funkcje Gaussa [85]. Ponadto w pracy [13] wykazano, że symetryczność funkcji przynależności ma istotny wpływ na proces defuzyfikacji, w którym wartości rozmyte sprowadza się do jednej wartości ostrej (odnosi się to zwłaszcza do następnika reguły wnioskującej). W niniejszym opracowaniu również zostaną wykorzystane właśnie te funkcje.

W przypadku określenia udziału podróży komunikacją zbiorową i komunikacją indywidualną, wykorzystując reguły wnioskowania Mamdaniego, model wnioskowania można przedstawić na następującym schemacie 5-3:



Schemat 5-3. Zasada wnioskowania rozmytego wg modelu Mamdaniego.

Wnioskowanie rozmyte w założeniu opiera się na przesłankach, które nie muszą być precyzyjnie określone. Dobór kształtu funkcji przynależności (przez określenie parametrów funkcji), może opierać się na wiedzy i doświadczeniu osób znających istotę problemu. Takie podejście przyczynia się do stworzenia modelu bardziej uniwersalnego, niewymagającego szczegółowych danych wejściowych. Przyjmuje się, że efektem zastosowania modelu będzie uzyskanie wiarygodnych wyników, możliwych do wykorzystania w procesie planistycznym. Weryfikacja tego założenia będzie przeprowadzona w dalszej części niniejszej pracy.

5.4.5 Wyznaczenie funkcji przynależności dla danych wejściowych (poprzednik reguły).

Kształt funkcji przynależności w przypadku danych wejściowych, został określony na podstawie ankiety eksperckiej (zał.5.1), przeprowadzonej wśród pracowników Politechniki Krakowskiej, i Politechniki Śląskiej. Ankiety wypełniała również grupa studentów Politechniki Krakowskiej w ramach fakultetu „Komputerowe wspomaganie planowania układów komunikacyjnych i komunikacji zbiorowej”. Na zajęciach studentom szczegółowo wyjaśniono podstawowe założenia systemu Park and Ride, oraz istotę modelu kosztu uogólnionego podróży i podstaw teorii zbiorów rozmytych. Celem ankietowanego było naszkicowanie kształtu funkcji przynależności dla poszczególnych terminów zmiennej lingwistycznej „iloraz”. Na podstawie przykładu opisanego w rozdziale 4 przyjęto, że *iloraz* będzie się zawierał w przedziale

$\Delta_s = \frac{K_{kz}}{K_{so}} \in (0,2;3,0)$. Stanowi on jednocześnie obszar rozważań dla przyjętej zmiennej

lingwistycznej. W ankiecie wyjaśniono szczegółowo wartość ilorazu i podano przykład kształtów funkcji przynależności, nie sugerując położenia i zasięgu poszczególnych krzywych (na przykładzie nie naniesiono skali). Ponieważ w wyniku ankiety pilotażowej okazało się, że koszt uogólniony podróży jest stosunkowo trudny do interpretacji (zwłaszcza, że występuje w ilorazie) zdecydowano się sprawdzić, czy możliwe jest estymowanie kosztu uogólnionego podróży - czasem podróży. W tym celu wykorzystano założenia modelu przedstawione w rozdziale 4. Dla wybranych parkingów Park and Ride w Warszawie zestawiono w formie tabelarycznej czas podróży i koszt uogólniony podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową (zał. 5.2). Dla poszczególnych lokalizacji i dostępnych horyzontów czasowych przeprowadzono w programie Statgraphics Plus, ver. 5.1 [71] analizę korelacji. Jako zmienną niezależną przyjęto czas podróży a za zmienną zależną przyjęto koszt uogólniony podróży. W tablicy 5-7 zestawiono wyniki analizy korelacyjnej dla czasu podróży i kosztu uogólnionego podróży z wybranych parkingów do śródmieścia.

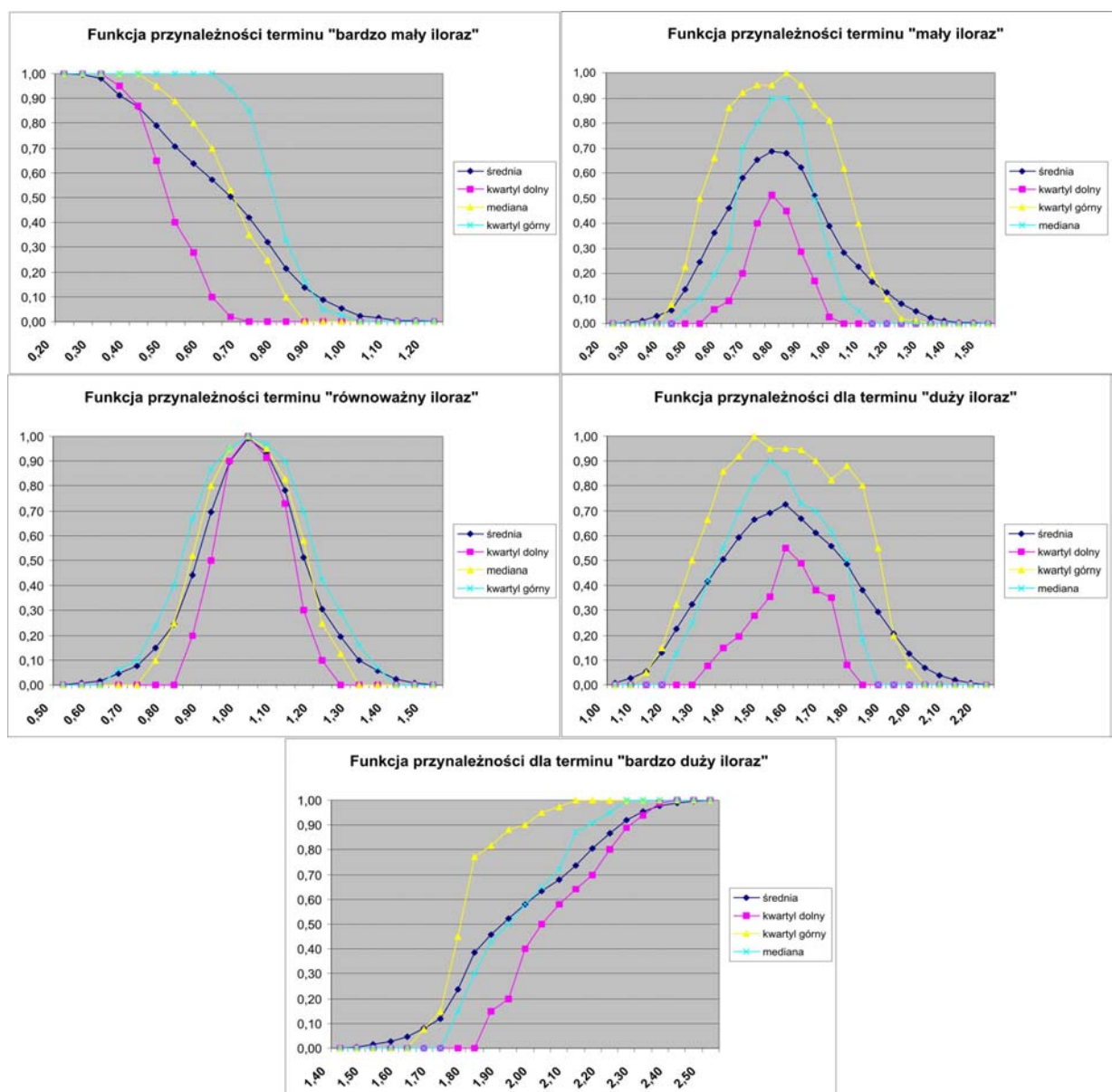
Tablica 5-7. Zestawienie dla wybranych lokalizacji parkingów P&R w Warszawie, współczynników korelacji R (oraz determinacji R²) dla czasów podróży i kosztów uogólnionych podróży do śródmieścia odbywanych samochodem osobowym i komunikacją zbiorową.

Trasa do śródmieścia z parkingu P&R dla roku:	Samochód osobowy		Komunikacja zbiorowa	
	R	R ²	R	R ²
Włociańska (2008)	0,92	0,85	0,98	0,96
Włociańska (2030)	0,89	0,79	0,99	0,98
Połączyńska (2008)	0,92	0,85	0,97	0,94
Połączyńska (2030)	0,99	0,98	0,97	0,94
Wilanowska (2008)	0,91	0,83	0,98	0,96
Wilanowska (2030)	0,99	0,98	0,98	0,96
Średnia:	0,94	0,88	0,98	0,96

Dla każdego przypadku wyraz wolny i współczynnik kierunkowy są statystycznie istotne na poziomie istotności $\alpha=0,01$. Analiza wykazuje istotność współczynnika regresji przy zmiennej objaśniającej „czas podróży”. Potwierdza to ponadto wysoka wartość współczynnika korelacji i współczynnika determinacji (tabl. 5-7) jak również statystyka Durбина-Watsona. Wysoka wartość współczynnika R²=0,98 oznacza, że 98% zmienności zmiennej zależnej (koszt uogólniony podróży) jest objaśniane przez związek ze zmienną niezależną (czas podróży). Tylko 2% zmienności można przypisać wpływowi czynników pominiętych lub losowych. Jak widać z powyższej analizy koszt uogólniony podróży może być z powodzeniem estymowany czasem

podróży. Stwierdzenie to pozwoliło na uproszczenie interpretacyjne ankiety, co zostało opatrzone właściwą informacją.

Łącznie uzyskano 41 ankiet eksperckich. Uzyskane na drodze ankietowania wykresy funkcji przynależności zostały zapisane w formie współrzędnych i zestawione w tablicach (załącznik 5.3). W każdej ankiecie, dla ustalonych współrzędnych osi rzędnych (wielkość ilorazu Δ_s , przyjęta ze skokiem 0,05) przypisano wartość funkcji przynależności. Zdecydowano się na aproksymowanie wyników ankiety dotyczących jednej zmiennej lingwistycznej, funkcją Gaussa, lub jej częścią. Zostało to podyktowane ograniczonymi możliwościami wyboru funkcji przynależności w programie Matlab. Ponadto funkcja ta jest najczęściej stosowana w przypadku wnioskowania rozmytego. Parametrami funkcji Gaussa są wartość średnia i odchylenie standardowe (formuła 5.40). W celu wyznaczenia wartości koniecznych parametrów, odczytane współrzędne punktów tworzących wykresy w ankietach uśredniono i zestawiono w postaci wykresów dla wartości średniej, mediany i kwartyli (górnego i dolnego). Wyniki obliczeń przedstawiają załączniki 5.4a i 5.4b oraz rysunek 5-9:



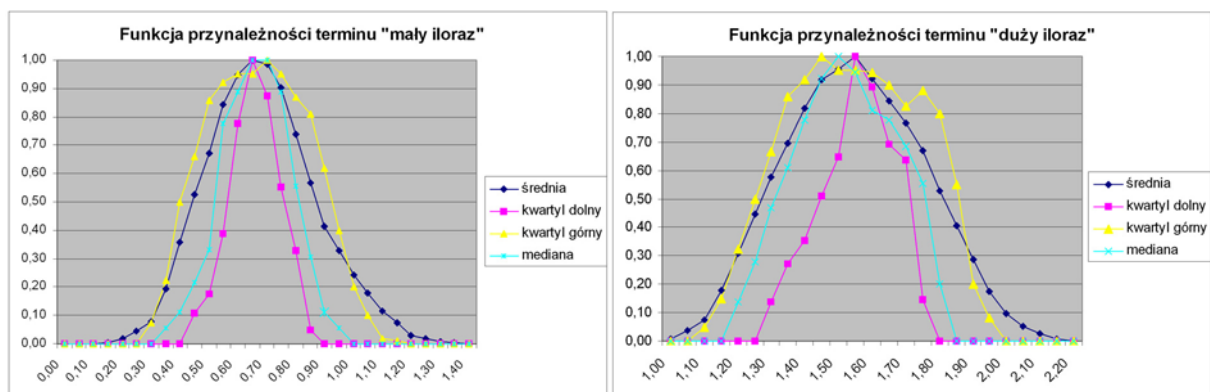
Rys. 5-9. Zestawienie funkcji przynależności z przeprowadzonych ankiet dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.

Funkcja przynależności dla poszczególnych terminów musi osiągać wartość równa 1,0 (w przeciwnym wypadku oznaczałoby to, że nie ma wartości ilorazu Δ_s w pełni opisującej określony termin). W poszczególnych ankietach wszystkie wykresy osiągały wartość 1,0 ale dla różnej wartości ilorazu. W przypadku funkcji przynależności dla terminów „bardzo mały iloraz” i „bardzo duży iloraz” wykresy osiągają wartość 1,0. Podobnie jest w przypadku terminu „równoważny iloraz”, w którym wykresy osiągały wartość maksymalną dla ilorazu równego 1,0. Natomiast dla terminów „mały iloraz” i „duży iloraz” wartości opisujące medianę czy kwartył dolny nie osiągają jedności (są to zbiory rozmyte subnormalne). Wynika to ze znacznego rozrzutu funkcji przynależności wartości ilorazu Δ_s dla tych terminów, w udzielanych ankietach. Do dalszej analizy należy przeprowadzić proces normalizacji zbiorów zgodnie z zależnością 5.33. W tym celu ustalono wysokość zbiorów $h(A)$, tablica 5-8:

Tablica 5-8 Wysokości zbiorów rozmytych $h(A)$, opisujących terminy ilorazu Δ_s .

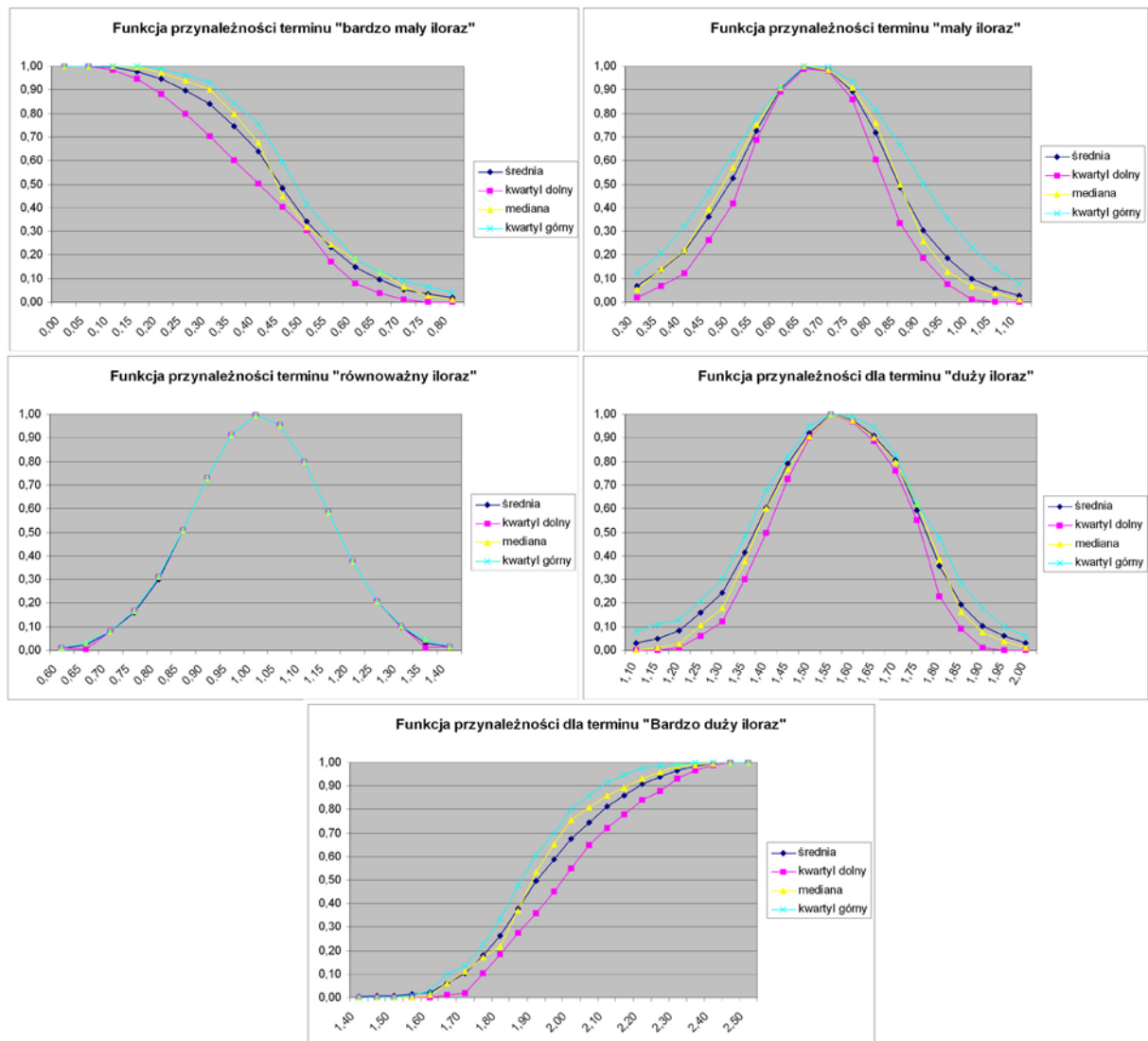
	Kwartył dolny	Mediana	Średnia	Kwartył górny
„mały iloraz”	0,52	0,90	0,69	1,00
„duży iloraz”	0,55	0,90	0,72	1,00

Po przeprowadzeniu procesu normalizacji zbiorów (załącznik 5.5), przygotowano wykresy dla par iloraz Δ_s – wartość funkcji przynależności i zestawiono je na rysunku 5-10:



Rys. 5-10 Wyniki normalizacji zbiorów rozmytych opisujących terminy „mały iloraz” i „duży iloraz”.

Konieczność normalizacji zbiorów rozmytych opisujących zmienną lingwistyczną „iloraz” wynika z dużego rozrzutu udzielanych odpowiedzi, a zwłaszcza o bardzo zróżnicowanym kwantyfikowaniu wartości przyjmujących maksimum dla poszczególnych terminów. W celu zmniejszenia rozrzutu uzyskiwanych odpowiedzi zdecydowano się przeprowadzić ponownie ankietę, zawężając możliwość udzielania odpowiedzi. Zgodnie z założeniami techniki delfickiej [1], przedstawionymi w rozdziale 3, przygotowano ankietę (załącznik 5.6), w której pytano tę samą grupę ekspertów o kształt poszczególnych funkcji przynależności. W przygotowanym formularzu pokazano krzywe odzwierciedlające kwartył górny i kwartył dolny z danych pochodzących z pierwszej ankiety i poproszono o wkreślanie przebiegu krzywej tak, aby mieściła się ona między wykresami. Dodatkowo pokazano przebieg krzywej odpowiadającej wartościom średnim i zaznaczono, że istnieje możliwość pozostawienia wykresu bez poprawek, co oznacza akceptację przebiegu krzywej zgodnie z kształtem krzywej dla wartości średnich. Dla ankiety delfickiej uzyskano łącznie 38 wypełnionych formularzy. Wyniki zestawiono w tabeli (załączniki 5.7, 5.8a i 5.8b) i w formie wykresów (rysunek 5-11):



Rys. 5-11 Zestawienie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz” – etap II, wynik po zastosowaniu metodyki delfickiej.

W wyniku przeprowadzenia ankiety II uzyskano znacznie mniejszy rozrzut odpowiedzi, o czym mogą świadczyć stosunkowo wąskie przedziały międzykwartyłowe. W przypadku terminu „równoważny iloraz” uzyskano niemal zgodne odpowiedzi. Przyczyną może być stosunkowo wąski obszar międzykwartyłowy w formularzu ankiety, co mogło przyczynić się do akceptacji przez ankietowanych proponowanej wartości średniej uzyskanej z ankiet dla odpowiedniej zmiennej lingwistycznej. Kolejny etap to wyznaczenie równania krzywych odpowiadających położeniu punktów dla średniej wartości funkcji przynależności ilorazu Δ_s . Ponieważ zdecydowano się na wybór krzywej Gaussa, wystarczy wyznaczyć dwa parametry: wartość średnią (zgodnie ze wzorem 5.42) i odchylenie standardowe (wzór 5.43) dla punktów tworzących wykres.

$$c = \frac{1}{n} \sum x * n_j \quad (5.42)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x - c)^2 * n_j} \quad (5.43)$$

gdzie:

c – wartość średnią funkcji przynależności dla odpowiedniej wielkości ilorazu Δ_s ;

x – wielkość ilorazu Δ_s ;

n_j – częstość występowania dla zadanej wartości ilorazu Δ_s ;

n – suma częstości występowania dla zadanej wartości ilorazu Δ_s ;

δ – odchylenie standardowe;

W przypadku wykresów dla terminów „mały iloraz”, „równoważny iloraz”, „duży iloraz” szukane wielkości można obliczyć wprost z uzyskanej próby. Natomiast w przypadku terminów skrajnych („bardzo mały iloraz” i „bardzo duży iloraz”) nie jest to możliwe, ponieważ dysponujemy danymi dla połowy krzywej Gaussa. Dla wyznaczenia potrzebnych wartości, uzupełniono brakujące dane poprzez symetryczne odwzorowanie wartości funkcji przynależności ilorazów Δ_s , przy czym za punkt symetrii układu przyjęto największą wartość ilorazu Δ_s , dla którego krzywa osiąga maksimum. Dla tak uzupełnionych danych wyznaczono szukane wartości parametrów i odrzucono te części wykresów, które powstały po przekształceniu dostępnych danych. W części odrzuconej funkcja przynależności jest funkcją stałą, przyjmującą wartość 1,0.

Obliczenia dokonano zgodnie ze wzorami 5.42, 5.43 i zestawiono w tabelicy 5-9:

Tablica 5-9. Wyznaczone wartości parametrów krzywej Gaussa dla poszczególnych terminów.

Termin	c	δ
„bardzo mały iloraz”	0,05	0,28
„mały iloraz”	0,67	0,16
„równoważny iloraz”	1,01	0,13
„duży iloraz”	1,56	0,16
„bardzo duży iloraz”	2,45	0,36

Dla parametrów przedstawionych w tabelicy 5-9 określono równanie funkcji przynależności poszczególnych terminów zgodnie ze wzorem 5.40. W tabelicy 5-10 przedstawiono równania końcowe funkcji i przedziały liczbowe do których się one odnoszą:

Tablica 5-10. Równania aproksymowanych funkcji przynależności.

Termin	Równanie	Przedział
„bardzo mały iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,05)^2}{0,16}}$	$x \in \langle 0,20;0,95 \rangle$
„mały iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,67)^2}{0,05}}$	$x \in \langle 0,20;1,15 \rangle$
„równoważny iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,01)^2}{0,03}}$	$x \in \langle 0,55;1,45 \rangle$
„duży iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,56)^2}{0,05}}$	$x \in \langle 1,05;2,05 \rangle$
„bardzo duży iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-2,45)^2}{0,26}}$	$x \in \langle 1,45;2,45 \rangle$
	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 2,45;3,00 \rangle$

Ostatni etap w określaniu funkcji przynależności to weryfikacja przyjętych modeli pod względem zgodności z rozkładem. Do tego celu wykorzystano test Kołmogorowa-Smirnowa [20], który porównuje dystrybuanty empiryczne i teoretyczne. Przyjęto hipotezę zerową, w której założono ich zgodność. W celu weryfikacji hipotezy należy wyznaczyć wartość D (wzór 5.44):

$$D = \sup_x |F_n(x) - F(x)| \quad (5.44)$$

gdzie:

$F_n(x)$ - wartość dystrybuanty empirycznej, wyznaczona dla każdego x , obliczona na podstawie wzoru 5.45;

$F(x)$ - wartość teoretycznej dystrybuanty, wyznaczona dla każdego x , obliczona na podstawie dystrybuanty rozkładów dla funkcji przynależności poszczególnych terminów.

$$F_n(x_k) = \frac{n_{sk}}{n} \quad (5.45)$$

gdzie:

n_{sk} - skumulowana liczebność od początku do wartości x_k ;

n - liczebność próby.

Wartość statystyki testu D wyznaczono tabelarycznie dla każdej dystrybuanty funkcji przynależności. Obliczenia zestawiono w załączniku 5.9. Po wyznaczeniu wartości D należy wyznaczyć wartość empirycznej statystyki Kołmogorowa λ :

$$\lambda = D * \sqrt{n} \quad (5.46)$$

gdzie:

n – liczebność próby.

Statystykę Kołmogorowa λ należy porównać z jej wartością krytyczną λ_α , odczytaną z tablic rozkładu Kołmogorowa dla poziomu ufności $1-\alpha=0,95$. Na podstawie załącznika 5.9 odczytano największe wartości statystyki D, natomiast liczebność próby odpowiada liczebności uzyskanych ankiet i wynosi $n=41$. W przypadku skrajnych wykresów (dla terminów „bardzo mały iloraz” i „bardzo duży iloraz”) w obliczeniach uwzględniono cały wykres, tworząc brakującą część na zasadzie symetrii danych. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelicy 5-11:

Tablica 5-11. Wyniki testu Kołmogorowa – Smirnowa dla porównania dystrybuant rozkładów empirycznych i teoretycznych.

Funkcje przynależności dla terminów:	D	λ	λ_α	Wynik testu
„bardzo mały iloraz”	0,52	3,33	1,36	-
„mały iloraz”	0,05	0,32		+
„równoważny iloraz”	0,13	0,83		+
„duży iloraz”	0,17	1,09		+
„bardzo duży iloraz”	0,67	4,29		-

Ponieważ w przypadku terminów „mały iloraz”, „równoważny iloraz” i „duży iloraz” statystyki testu są mniejsze od wartości krytycznej λ_α , nie ma podstaw do odrzucenia sprawdzanej hipotezy zerowej o równości dystrybuanty empirycznej i teoretycznej. Oznacza to, że funkcje przynależności dla tych terminów mogą być opisane funkcją Gaussa. W przypadku funkcji skrajnych, dla terminów „bardzo mały iloraz” i „bardzo duży iloraz”, hipotezę o zgodności dystrybuant należy odrzucić. Oznacza to, że funkcje przynależności nie mogą być opisane funkcją Gaussa i należy wyniki ankiet aproksymować inną funkcją. Kolejną funkcją dostępną w programie Matlab to funkcja sigmoidalna $sigmf$ (formuła 5.39). Kształt funkcji jest opisany przez położenie dwóch punktów [18]: punktu przegięcia (dla współrzędnej $y_1=0,5$) i środka krzywizny wypukłej (dla współrzędnej $y_1=0,85$). Dla tych współrzędnych odczytano odpowiadające wartości x_1 i x_2 dla danych empirycznych. Kolejny krok to rozwiązanie układu dwóch równań z dwoma niewiadomymi (parametry a i c) dla znanych współrzędnych x_1, y_1 oraz x_2, y_2 . Po wyznaczeniu parametrów funkcji sigmoidalnych ponownie przeprowadzono test Kołmogorowa – Smirnowa. Dane konieczne do wyznaczenia parametrów funkcji oraz statystyki testu przedstawia tablica 5-12:

Tablica 5-12. Zestawienie danych koniecznych do wyznaczenia parametrów funkcji $sigmf$ oraz testu zgodności.

Termin	x_1	y_1	x_2	y_2	a	c	D	λ	λ_α	Wynik testu
„bardzo mały iloraz”	0,44	0,50	0,30	0,84	-11,84	0,44	0,17	1,09	1,36	+
„bardzo duży iloraz”	1,90	0,50	2,15	0,86	7,26	1,9	0,51	3,26		-

Zgodność dystrybuanty funkcji $sigmf$ z danymi empirycznymi występuje tylko w przypadku funkcji przynależności dla terminu „bardzo mały iloraz” ($\lambda=1,09 < \lambda_\alpha=1,36$ – co oznacza, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o identyczności dystrybuanty empirycznej i teoretycznej). Natomiast sigmoidalna funkcja przynależności terminu „bardzo duży iloraz” nadal nie jest zgodna z danymi empirycznymi. W celu opisanie danych empirycznych zdecydowano aproksymować wyniki ankiet kolejną funkcją – funkcją $gbellmf$, uzależnioną od trzech parametrów a , b oraz c . Parametry a i b opisują kształt krzywej, parametr c opisuje położenie środka krzywej. Ponieważ zgodnie z [18] funkcja ta jest funkcją symetryczną, do opisu wykorzystano tylko część krzywej, należąca do przedziału $(0,2;3,0)$. Parametr c przyjęto równy 3,0 co oznacza, że w zakresie rozpatrywanego przedziału znajdzie się tylko połowa wykresu. Brakujące parametry wyznaczono rozwiązując układ dwóch równań (równanie 5.41) z dwoma niewiadomymi a i c . Na podstawie danych empirycznych wyznaczono współrzędne punktów opisujących krzywą (są to współrzędne środków krzywizny wypukłej i wklęsłej). Po wyznaczeniu parametrów funkcji $gbellmf$ ponownie przeprowadzono test Kołmogorowa-Smirnowa (tablica 5-13):

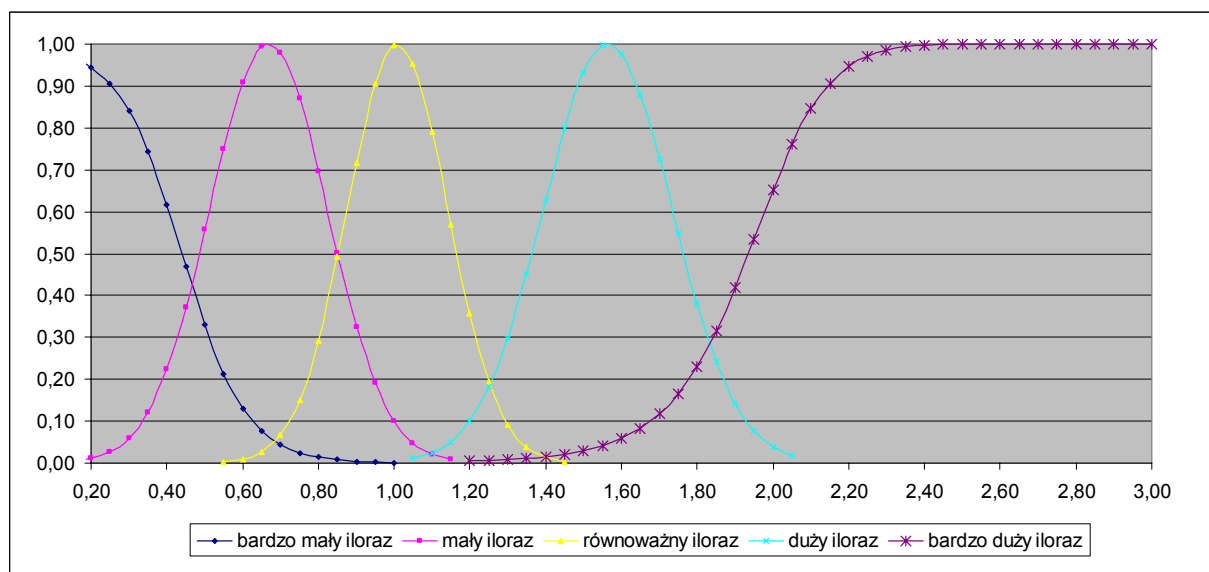
Tablica 5-13. Zestawienie danych koniecznych do wyznaczenia parametrów funkcji $gbellmf$ oraz testu zgodności.

Termin	X_1	Y_1	X_2	Y_2	a	b	c	D	λ	λ_α
„bardzo duży iloraz”	1,80	0,23	2,09	0,83	1,06	5,05	3,00	0,14	0,89	1,36

W tym przypadku wynik testu ($\lambda=0,89 < \lambda_\alpha=1,36$) wskazuje na zgodność dystrybuant rozkładów empirycznych i teoretycznych, co może potwierdzać trafność doboru równania funkcji. Ostateczne funkcje przynależności zestawiono w tabelicy 5-14 i na rysunku 5-12:

Tablica 5-14. Ostateczny kształt równań aproksymowanych funkcji przynależności.

Termin	Równanie	Przedział
„bardzo mały iloraz”	$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{11,84(x-0,44)}}$	$x \in \langle 0,20;1,00 \rangle$
„mały iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,67)^2}{0,05}}$	$x \in \langle 0,20;1,15 \rangle$
„równoważny iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,01)^2}{0,03}}$	$x \in \langle 0,55;1,45 \rangle$
„duży iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,56)^2}{0,05}}$	$x \in \langle 1,05;2,05 \rangle$
„bardzo duży iloraz”	$f(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + \left \frac{x - 3,00}{1,09} \right ^{7,21}}$	$x \in \langle 1,45;3,00 \rangle$



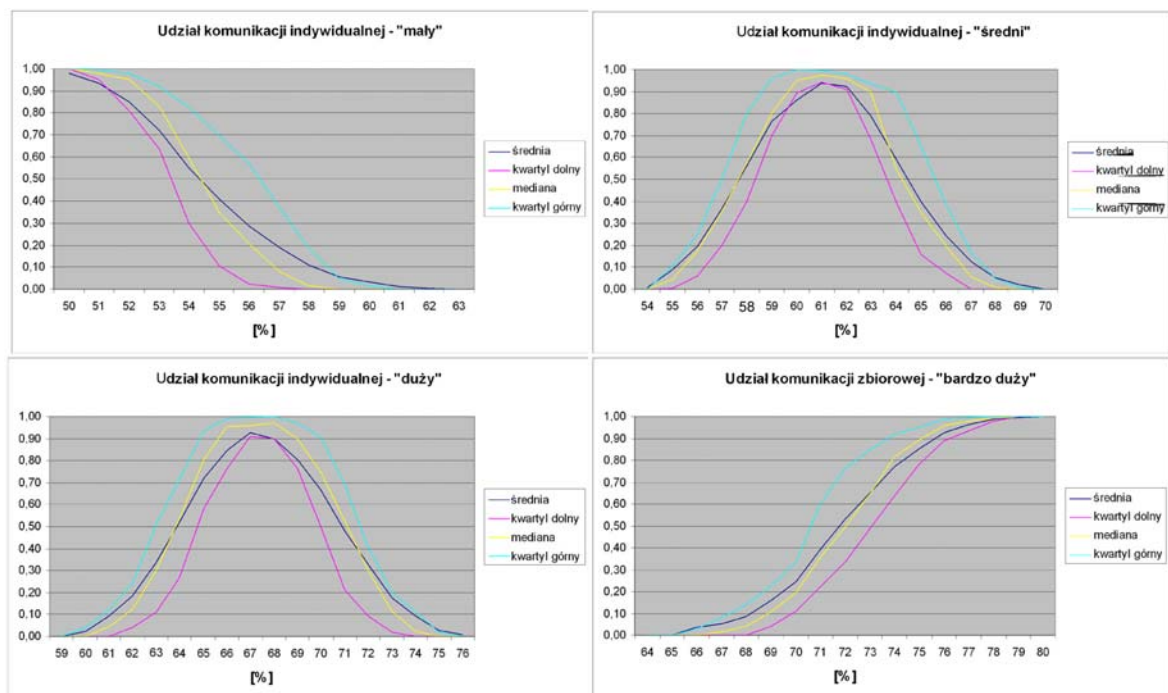
Rys. 5-12. Ostateczny kształt funkcji przynależności dla poszczególnych terminów.

5.4.6 Wyznaczenie funkcji przynależności dla zbioru danych wyjściowych (następnika reguły).

Kształt funkcji przynależności dla danych wyjściowych (następnika reguły) został również określony na podstawie wyników ankiety eksperckiej (załącznik 5.10). Ankieta została przeprowadzona wśród pracowników i studentów Politechniki Krakowskiej (ta sama grupa respondentów jak w przypadku ankiet dotyczących kształtu funkcji przynależności dla terminu „iloraz”). Celem ankiety było określenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej opisującej udział komunikacji indywidualnej w podróżach pieszych w mieście. Zmienna lingwistyczna „udział” przyjmuje następujące terminy:

$$Udział = \{„mały”, „średni”, „duży”, „bardzo duży”\}$$

W ankiecie podano cztery wykresy z zaznaczoną skalą, przy czym każdy wykres odpowiadał innemu terminowi. W celu ułatwienia udzielenia odpowiedzi respondentom, w ankiecie podano przykład funkcji, nie podając jednak wartości skali, a jedynie sam kształt. Najistotniejszym elementem ankiety jest skala, w jakiej został wyrażony udział komunikacji indywidualnej w podróżach. Zdecydowano się na operowanie wartościami procentowymi. Zakres możliwych wartości został określony na podstawie analizy modeli podziału zadań przewozowych przedstawionej w punkcie 5.1. Uwzględniono modele dla Warszawy, Poznania, Katowic i Siemianowic Śląskich, ponieważ odnoszą się one do osób mających możliwość wyboru środka transportu. Model krakowski odnosi się do ogółu podróży i nie jest przydatny do niniejszego ujęcia. Rozpatrywano zakres wartości ilorazu czasu podróży komunikacją zbiorową do czasu podróży samochodem osobowym należący do przedziału (0,10;1,75). Na końcach przedziału uzyskano średnią wartość udziału zawierającą się w przedziale (50% - 80%), co jednocześnie stanowi obszar rozważań dla zmiennej lingwistycznej „udział”. W wyniku ankietowania uzyskano łącznie 38 ankiet, których wykresy zostały zapisane w postaci zbioru punktów o określonych współrzędnych (rzędne stanowiły wartość udziału określoną z dokładnością do 1%, odcięte stanowiły wartość funkcji przynależności). Tak przygotowane wyniki ankiet zestawiono w załączniku 5-11 i na rysunku 5-13:



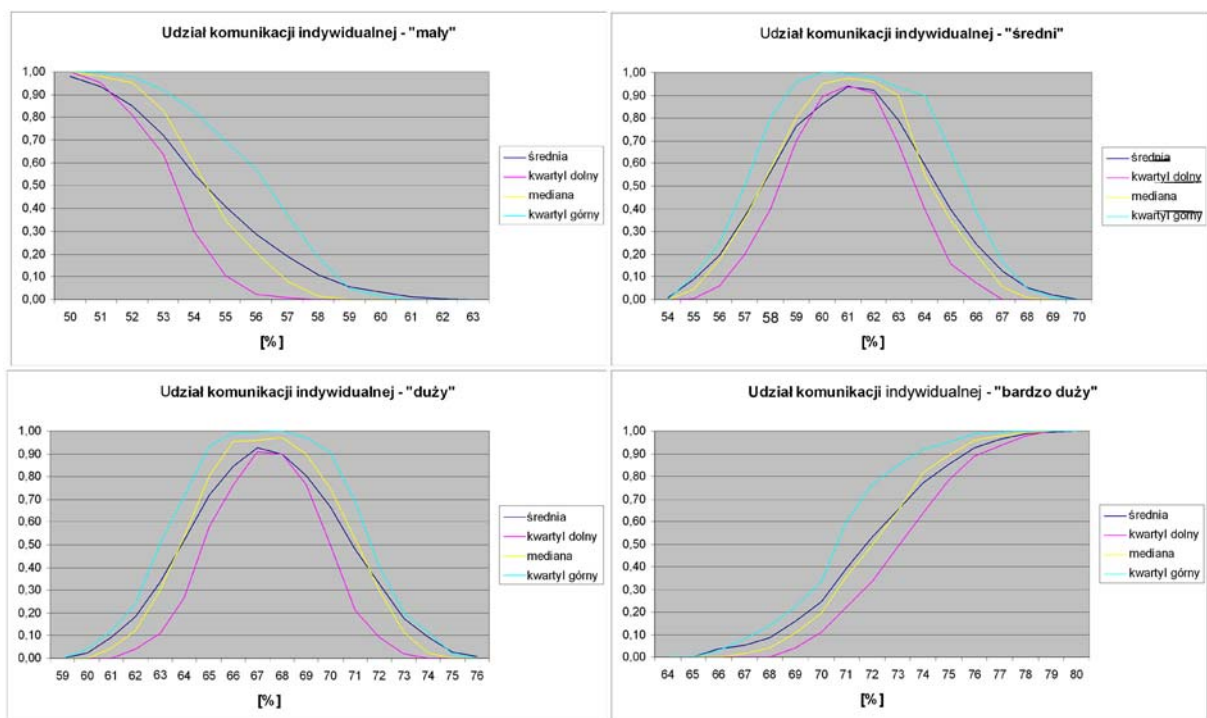
Rys. 5-13. Zestawienie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej opisującej udział komunikacji indywidualnej w podróżach.

Na rysunkach zestawiono krzywe odpowiadające wartości średniej, medianie i kwartylom (górnemu i dolnemu) z próby. Podobnie jak w przypadku zmiennej lingwistycznej „iloraz” (rozdział 5.4.4) zachodzi konieczność normalizacji zbiorów, ponieważ wysokości zbiorów rozmytych opisujących terminy „mały udział”, „średni udział” i „duży udział” są mniejsze od jedności. Wysokości zbiorów zestawiono w tabelicy 5-15:

Tablica 5-15. Wysokości zbiorów rozmytych $h(A)$, opisujące terminy zmiennej „udział”.

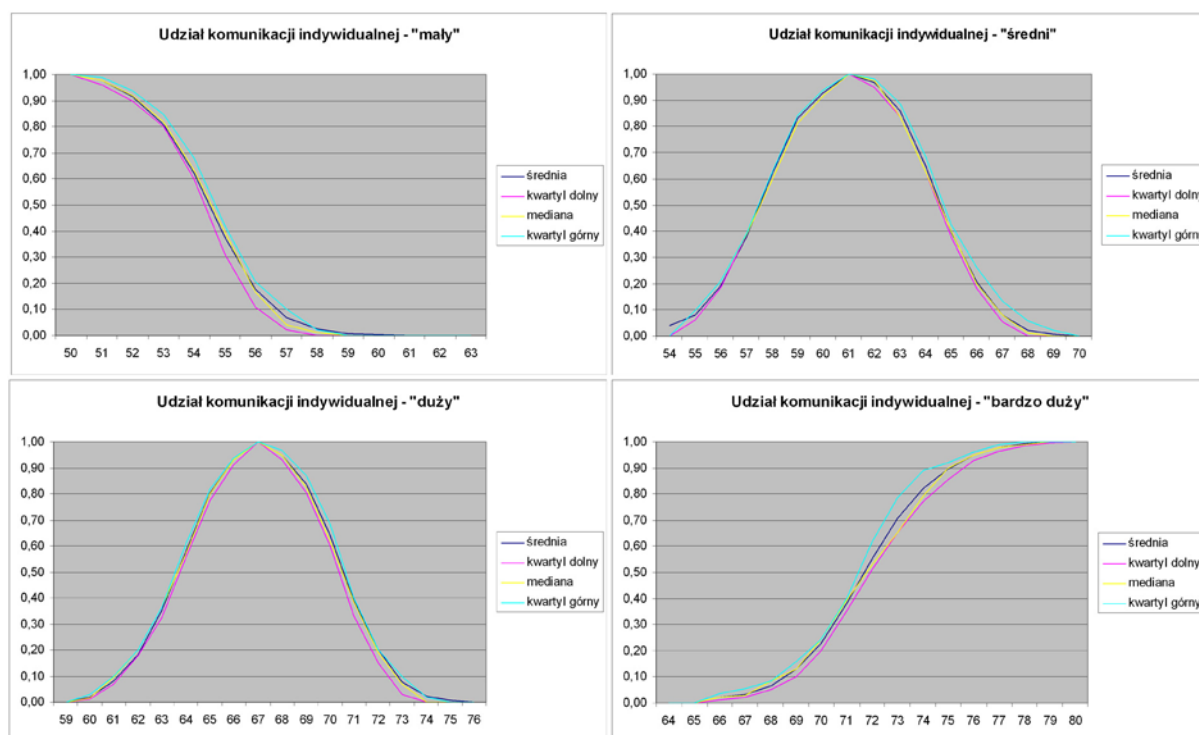
	Średnia	Kwartył dolny	Mediana	Kwartył górny
„mały udział”	0,98	1,00	1,00	1,00
„średni udział”	0,94	0,95	0,98	1,00
„duży udział”	0,93	0,91	0,97	1,00

Po przeprowadzeniu procesu normalizacji (załącznik 5.12), przygotowano wykresy dla par „udział” – wartość funkcji przynależności i zestawiono na rysunku 5-14:



Rys. 5-14. Zestawienie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej opisującej udział komunikacji indywidualnej w podróżach – funkcje znormalizowane.

W celu zmniejszenia rozrzutu udzielonych odpowiedzi, przygotowano ponownie ankietę ekspercką bazującą na założeniach techniki delfickiej. Ankieta została zbudowana na założeniach zgodnych z p. 5.4.3 i przedstawiona w załączniku 5.13. W formularzu ankiety pokazano krzywe odpowiadające wartościom kwartyła górnego, kwartyła dolnego i wartości średniej z próby. Pozostawienie wykresu bez poprawki oznacza akceptację przebiegu krzywej zgodną z wartościami średnimi. Uzyskano łącznie 34 ankiety, których wyniki przedstawiono na rysunku 5-15:



Rys. 5-15. Zestawienie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział” – etap II, metodyka delficka.

W wyniku zastosowania techniki delfickiej zaobserwowano wyraźnie mniejszy rozrzut otrzymanych odpowiedzi. Następnie wyznaczono równania krzywych odpowiadających położeniu punktów dla średniej wartości funkcji przynależności. Do opisu funkcji przynależności dla terminu „mały udział” i „bardzo duży udział” wykorzystano równanie funkcji sigmoidalnej $sigmf$ opisanej równaniem 5.39. Nieznane parametry a i c wyznaczono rozwiązując odpowiedni układ równań. W przypadku terminów „średni udział” i „duży udział” funkcję przynależności opisano równaniem krzywej Gaussa (wzór 5.40). Parametry równania c i δ wyznaczono na podstawie wzorów 5.42 i 5.43. Wyznaczone parametry równań zestawiono w tabelicy 5-16:

Tablica 5-16. Wyznaczone parametry funkcji przynależności dla odpowiednich terminów.

Termin	$sigmf$		$gaussmf$	
	a	c	c	δ
„mały udział”	-1,01	54,49	*	*
„średni udział”	*	*	61,07	2,92
„duży udział”	*	*	67,09	16,11
„bardzo duży udział”	0,69	71,73	*	*

Podobnie jak w przypadku określania funkcji opisującej poprzednik reguły wnioskującej (zmienna lingwistyczna „iloraz”), przeprowadzono test Kołmogorowa-Smirnowa porównujący dystrybuanty empiryczne i teoretyczne (zał. 5.14). Test przeprowadzono zgodnie ze wzorami 5.44, 5.45, 5.46. Statystykę Kołmogorowa λ porównano z jej wartością krytyczną λ_α , odczytaną z tablic rozkładu Kołmogorowa dla poziomu ufności $1-\alpha=0,95$. Na podstawie załącznika 5.14 odczytano największe wartości statystyki D. W przypadku skrajnych wykresów (dla terminów

„bardzo mały iloraz” i „bardzo duży iloraz”) w obliczeniach uwzględniono cały wykres, tworząc brakującą część na zasadzie symetrii danych. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelicy 5-17:

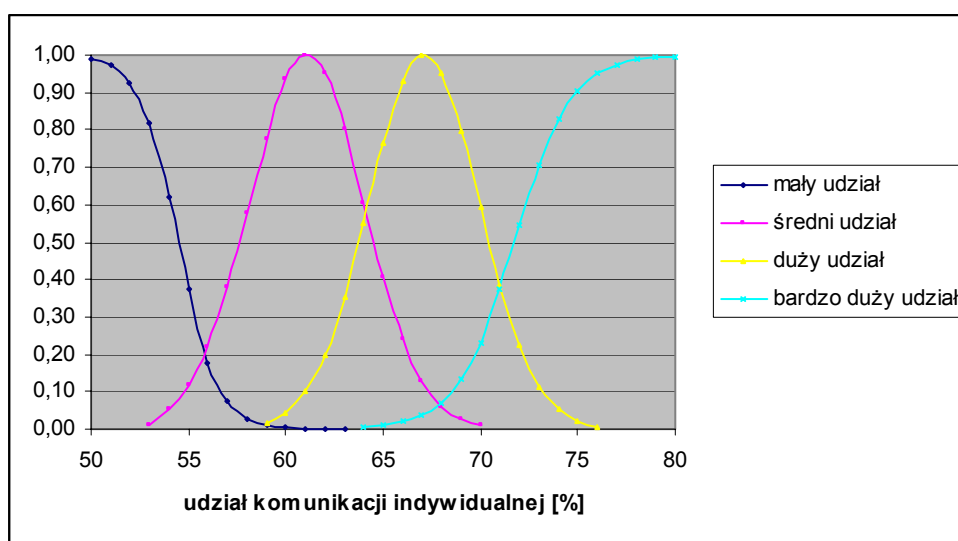
Tablica 5-17. Wyniki testu Kołmogorowa – Smirnowa dla porównania dystrybuant rozkładów empirycznych i teoretycznych.

Funkcje przynależności dla terminów:	D	λ	λ_α	Wynik testu
„mały udział”	0,02	0,10	1,36	+
„średni udział”	0,12	0,68		+
„duży udział”	0,08	0,48		+
„bardzo duży udział”	0,03	0,19		+

Ponieważ w każdym przypadku statystyki testu są mniejsze od wartości krytycznej λ_α , nie ma podstaw do odrzucenia sprawdzanej hipotezy zerowej o równości dystrybuanty empirycznej i teoretycznej. Oznacza to, że funkcje przynależności dla tych terminów mogą być opisane przyjętymi funkcjami. Dla przedstawionych parametrów określono równania funkcji przynależności i zestawiono je w tabelicy 5-18, natomiast odpowiadające im wykresy funkcji przedstawiono na rysunku 5-16:

Tablica 5-18. Równania aproksymowanych funkcji przynależności.

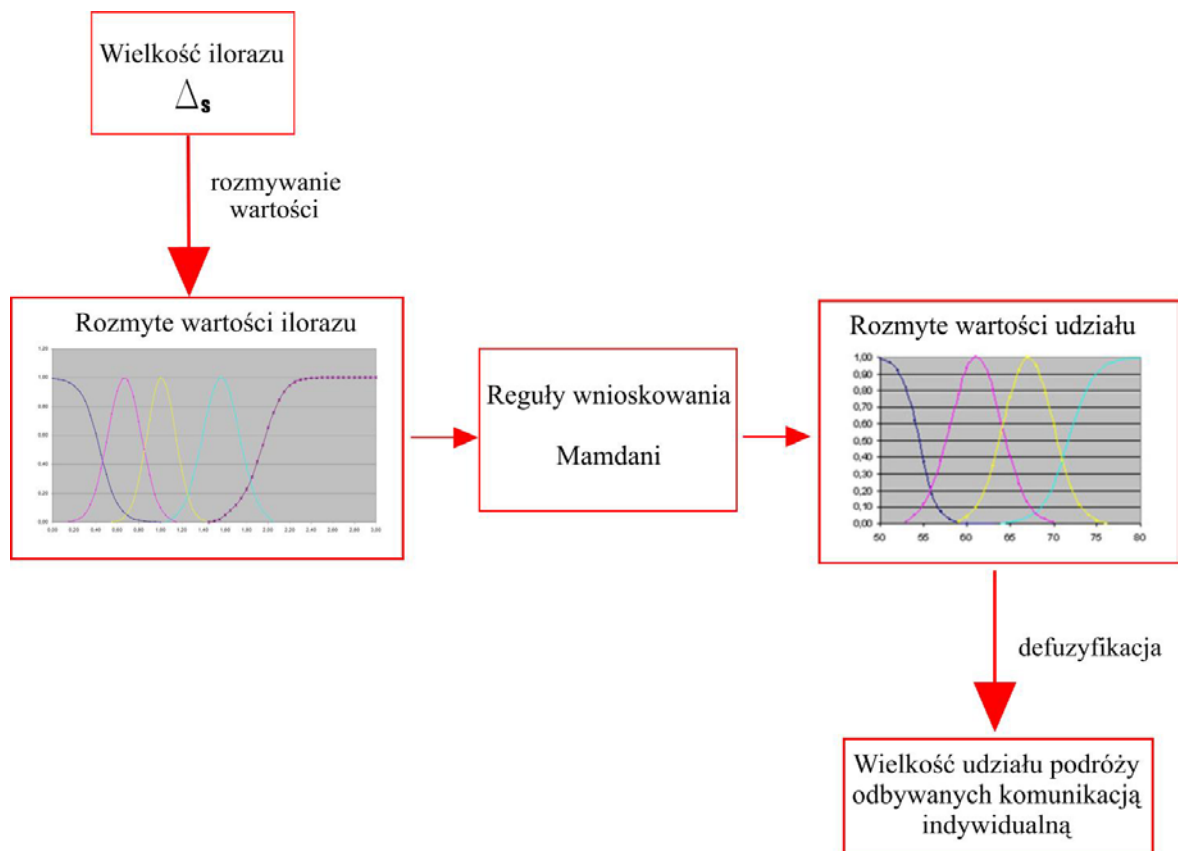
Termin	Równanie	Przedział
„mały udział”	$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{-1,01(x-54,49)}}$	$x \in \langle 50; 63 \rangle$
„średni udział”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-61,07)^2}{2,92}}$	$x \in \langle 54; 70 \rangle$
„duży udział”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-67,09)^2}{16,11}}$	$x \in \langle 59; 76 \rangle$
„bardzo duży udział”	$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{0,69(x-71,73)}}$	$x \in \langle 64; 80 \rangle$



Rys. 5-16. Kształt funkcji przynależności dla terminów opisujących zmienną lingwistyczną „udział komunikacji indywidualnej w podróżach”.

5.4.7 Bimodalne modele podziału zadań przewozowych bazujący na wnioskowaniu rozmytym.

Przedstawiony model opracowano w programie Matlab. Opiera się on na założeniach wnioskowania Mamdaniego, opisanych w rozdziale 5.4. Opracowany model składa się z bloku danych wejściowych stanowiących rozmyte zbiory terminów opisujących zmienną lingwistyczną „iloraz” (będącym ilorazem kosztu uogólnionego podróży komunikacją zbiorową do kosztu uogólnionego podróży samochodem osobowym). Kształt poszczególnych funkcji przynależności jest zgodny z funkcjami otrzymanymi w procesie ankietowania ekspertów (opisanego w rozdziale 5.4.5). Drugim elementem modelu jest blok danych wyjściowych stanowiących zbiory rozmyte opisujące zmienną lingwistyczną „udział” (jest to udział komunikacji indywidualnej w podróżach i dotyczy osób mających możliwość wyboru środka transportu). Podobnie jak w przypadku funkcji danych wejściowych, kształt funkcji przynależności został opracowany na podstawie wyników ankiety eksperckiej (opisanej w rozdziale 5.4.6). Ostatnim elementem układu wnioskowania rozmytego jest blok reguł wnioskowania. Składa się on z układu reguł typu IF...THEN (rozdział 5.4.1). Semantykę reguł opracowano w następujący sposób: stworzono bazę wszystkich możliwych reguł (pięć terminów opisujących dane wejściowe i cztery terminy opisujące dane wyjściowe daje 20 kombinacji) a następnie odrzucono reguły nielogiczne np. IF „iloraz” jest „bardzo mały” THEN „udział” jest „bardzo duży”. Drogą eliminacji uzyskano 12 reguł stanowiących podstawę budowy modelu. Dane wyjściowe zostały poddane procesowi agregacji i defuzyfikacji, co w efekcie pozwoliło uzyskać nierozmytą wartość wyjściową. Schemat blokowy całego modelu wnioskowania przedstawiono na schemacie 5-4:



Schemat 5-4. Model wnioskowania rozmytego, opisującego udział podróży odbywanych komunikacją indywidualną pośród podróży zmotoryzowanych.

Wyniki aplikacji modelu zostały zestawione tabelarycznie. W celu umożliwienia porównania uzyskanego modelu z dostępnymi modelami podziału zadań przewozowych zdecydowano się na aproksymowanie wyników jednym równaniem. W tym celu wykorzystano program Mathematica [95], [14] i dobrano wzór empiryczny dla ustalonej doświadczalnie zależności funkcyjnej [9]. Zaproponowano funkcję potęgową opisaną równaniem:

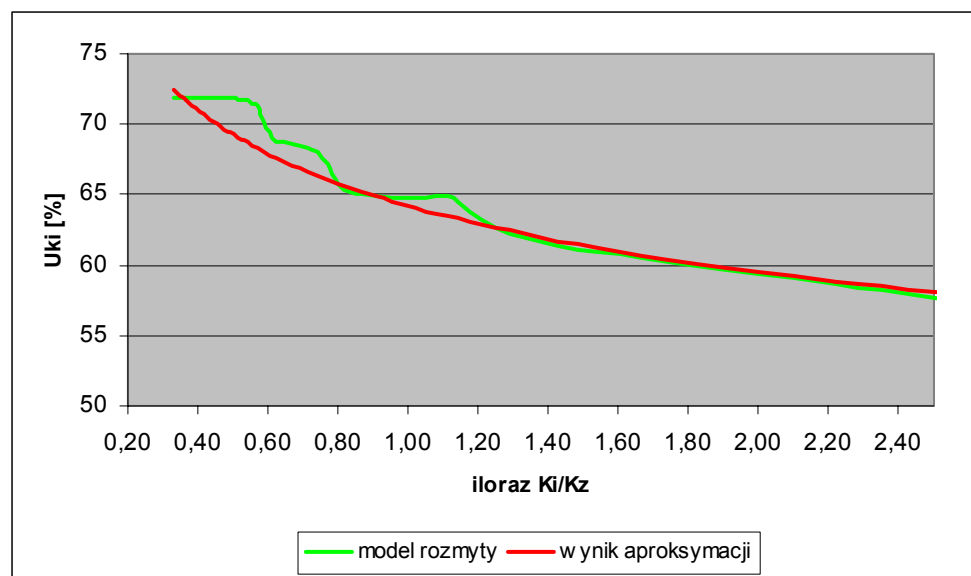
$$U'_{so} = 65,2 * \Delta_s^{0,1} \quad (5.47)$$

gdzie:

u_{ki} – udział komunikacji indywidualnej w podróżach [%];

Δ_s – iloraz kosztu uogólnionego podróży komunikacją zbiorową do kosztu uogólnionego podróży komunikacją indywidualną.

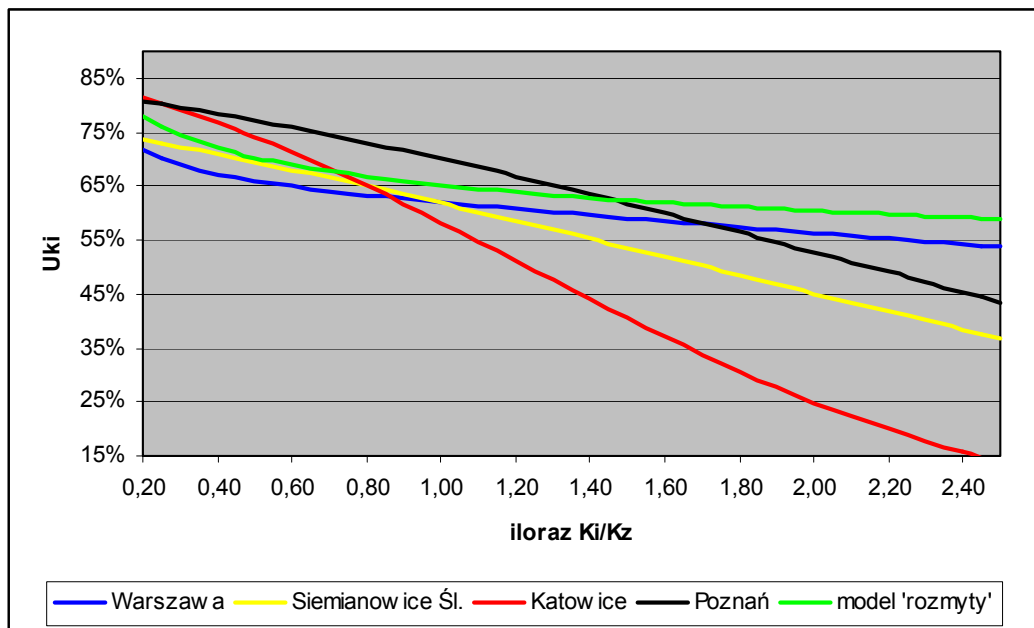
Wyniki modelu rozmytego i aproksymacji zestawiono na rysunku 5-17:



Rysunek 5-17. Aproksymacja wyników modelu wnioskowania rozmytego, określającego udział podróży odbywanych komunikacją indywidualną.

5.4.8 Porównanie otrzymanego modelu z dostępnymi modelami podziału zadań przewozowych i wnioski do dalszych badań.

Ostatnim elementem modelu jest jego weryfikacja. Przyjęto, że zgodność uzyskanego modelu bazującego na elementach wnioskowania rozmytego, z modelami opracowanymi na podstawie wyników badań ruchu może stanowić potwierdzenie wyboru drogi modelowania. Stanowi to podstawę dalszych badań nad modelem pozwalającym określić udział podróży P&R (w tym przypadku nie ma możliwości weryfikacji z powodu braku obiektu badań). Wykresy na rysunku 5-18 przedstawiają dostępne modele podziału zadań przewozowych oraz model określony formułą 5.47:



Wykres 5-18. Zestawienie modeli podziału zadań przewozowych dla Warszawy, Katowic, Siemianowic Śl., Poznania z modelem bazującym na wnioskowaniu rozmytym.

Porównując otrzymany model (równanie 5.47) z dostępnymi modelami podziału zadań przewozowych, można zauważyć dość duże podobieństwo między nimi. Szczególnie model dla Warszawy (na wykresie zaznaczony kolorem niebieskim) reaguje podobnie na zmiany wartości ilorazu kosztów podróży. W przypadku modelu dla Poznania, różnice w stosunku do modelu „rozmytego” są stosunkowo niewielkie, lecz ich charakter jest odmienny – dla wartości ilorazu mniejszych od 1,50 przyjmuje on nieco większy udział komunikacji indywidualnej (około 5%) a dla wartości ilorazu większej od 1,50 przyjmuje wartości mniejsze od porównywanego modelu rozmytego. Modele dla Siemianowic Śl. i Katowic przyjmują zbliżone wartości udziału komunikacji indywidualnej w podróżach tylko dla wartości ilorazu mniejszej od 1,20. Dla wartości większych wyniki ulegają znacznemu zróżnicowaniu.

Podsumowując, przedstawiony wykres można podzielić na dwie części: w pierwszej, dla ilorazu mniejszego od 1,20, występują podobne wyniki, co uwidacznia wspólna wiązka wykresów; w drugiej części od wspólnych wyników odbiega wyraźnie model katowicki oraz częściowo model z Siemianowic Śl. Wydaje się, że można stwierdzić, iż przyjęta metoda określenia udziału podróży odbywanych komunikacją indywidualną, a bazująca na wnioskowaniu rozmytym prowadzi na ogół do wyników zgodnych z modelem uzyskanym na podstawie ankietowania zachowań komunikacyjnych. Należy tutaj zaznaczyć, że proponowane podejście nie wymaga długotrwałych i kosztownych badań a opiera się wyłącznie na właściwej interpretacji ankiet eksperckich i doborze układu wnioskującego. Ponieważ uzyskane wyniki są zbliżone do wyników otrzymanych z modeli opartych na badaniach ruchu można wnioskować, że możliwym i dopuszczalnym będzie również opracowanie modelu podziału zadań przewozowych uwzględniającym podróże w systemie Park and Ride a bazującego na wnioskowaniu rozmytym.

5.5 Etap II - wydzielenie podróży w systemie Park and Ride z podróży odbywanych komunikacją indywidualną.

Celem modelu będzie wydzielenie udziałów podróży w systemie Park and Ride z ogółu podróży odbywanych samochodem osobowym. Udział podróży będzie uzależniony od ilorazu kosztu uogólnionego podróży samochodem osobowym do uogólnionego kosztu podróży w systemie Park and Ride. Ponieważ na chęć zmiany środka transportu ma wpływ wiele czynników (opisanych w rozdziale 3), należy wprowadzić dodatkowy parametr opisujący lokalne uwarunkowania danego parkingu przesiadkowego (np. lokalizacja i dojazd do parkingu, sposób powiązania z układem drogowym i układem komunikacji zbiorowej, komfort przesiadki, program handlowy, itp.). Wydaje się, że wszystkie te cechy można opisać jedną zmienną lingwistyczną nazwaną „atrakcyjnością lokalizacji” danego parkingu. Pod tym pojęciem można rozumieć zbiór cech funkcjonalnych, której wartość będzie mogła być szacowana w sposób ekspercki.

5.5.1 Określenie terminów opisujących zmienne lingwistyczne.

Proponowane podejście będzie składało się z układu z dwiema zmiennymi lingwistycznymi opisującymi dane wejściowe (wartość ilorazu kosztów podróży samochodem osobowym do kosztów podróży w systemie Park and Ride oraz „atrakcyjność lokalizacji” danego parkingu). Jako zbiór danych wyjściowych przyjęto zmienną lingwistyczną opisującą stopień przejęcia podróży w systemie Park and Ride spośród podróży odbywanych samochodem osobowym. Uwzględniając powyższe założenia zbiór zmiennych lingwistycznych koniecznych do wnioskowania rozmytego będzie opisany następującymi terminami (tablica 5-19):

Tablica 5-19. Terminy opisujące zmienne lingwistyczne w modelu określającym udział podróży P&R w podróżach odbywanych komunikacją indywidualną.

Zmienna lingwistyczna		Terminy
Poprzednik reguły	„iloraz $\Delta_{so/P\&R}$ ”	{„bardzo mały”, „mały”, „równoważny”, „duży”, „bardzo duży”}
	„atrakcyjność lokalizacji”	{„mała”, „średnia”, „duża”}
Następnik reguły	„udział $U_{s.o.}^{P\&R}$ ”	{„bardzo mały”, „mały”, „średni”, „duży”, „bardzo duży”}

W celu doboru kształtu funkcji przynależności wykorzystano wyniki ankiet dotyczących kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz” (dla ilorazu kosztu uogólnionego podróży komunikacją zbiorową i komunikacją indywidualną Δ_s) – rozdział 5.4.5. Jako funkcje wyjściowe przyjęto funkcje zgodne z tablicą 5.18 (wykres na rysunku 5.16). Poszukiwane funkcje odnoszą się do ilorazu kosztu uogólnionego podróży samochodem osobowym do kosztu uogólnionego podróży w systemie Park and Ride ($\Delta_{so/P\&R}$). W znalezieniu relacji między tym ilorazem a Δ_s pomocne będą zestawienie wyników ankiety (załącznik 5-4a i 5-4b). W ankiecie tej poza pytaniem o kształt funkcji przynależności pytano również o stopień uciążliwości (niedogodność, w skali 1-10) przejścia z samochodu osobowego na system Park and Ride i stopień uciążliwości przejścia z komunikacji zbiorowej na system Park and Ride. Łącznie uzyskano 41 odpowiedzi. Wyniki ankiety zestawiono w tablicy 5-20:

Tabl. 5-20. Średnie wartości uciążliwości przejścia z samochodu osobowego i komunikacji zbiorowej na system Park and Ride wraz z wartościami błędów oszacowania.

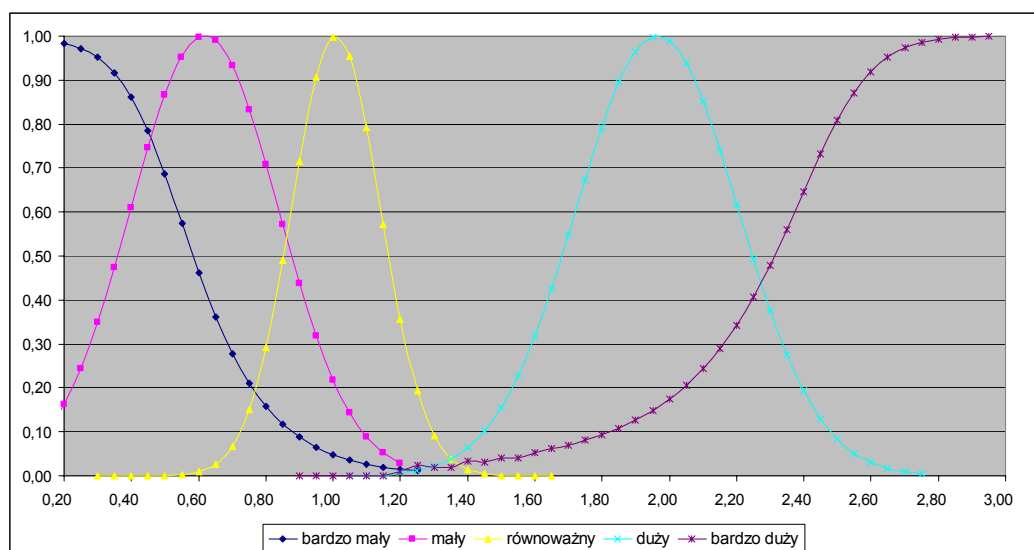
	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Procentowy błąd oszacowania wartości średniej ($1-\alpha=0,95$), dla liczebności próby:				
			41	80	150	200	300
Uciążliwość przejścia z samochodu osobowego na system Park and Ride	7,1	1,2	5,2%	3,7%	2,7%	1,9%	1,4%
Uciążliwość przejścia z komunikacji zbiorowej na system Park and Ride	3,5	0,9	8,1%	5,8%	4,2%	3,0%	2,1%

W wyniku przeprowadzonych ankiet uzyskano relację pomiędzy uciążliwością przejścia z samochodu osobowego i komunikacji zbiorowej na system Park and Ride. Otrzymany procentowy błąd oszacowania nie jest zbyt duży (ponad 5%) i wiąże się z stosunkowo niewielką liczebnością ankiet. Aby zmniejszyć błąd o połowę, należałoby przeprowadzić 150 ankiet. Ponieważ badania miały charakter ekspercki a zwiększenie liczebności próby wiązałoby się z koniecznością zwiększenia grupy ekspertów, (co stanowi poważną przeszkodę) przyjęto, że otrzymane wyniki mogą być wykorzystane do dalszych badań.

Wyniki ankiety wskazują, że stosunek uciążliwości przejścia z samochodu osobowego na P&R do uciążliwości przejścia z komunikacji zbiorowej na P&R jest jak 2,03:1,00. Wydaje się to być zgodne z intuicją, ponieważ zmiana komfortu podróżowania związana z przesiadką jest znacznie bardziej odczuwalna w przypadku rezygnacji z samochodu osobowego niż z komunikacji zbiorowej. Otrzymany stosunek uciążliwości przesiadki może być traktowany pomocniczo przy określeniu kształtów funkcji przynależności.

5.5.2 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.

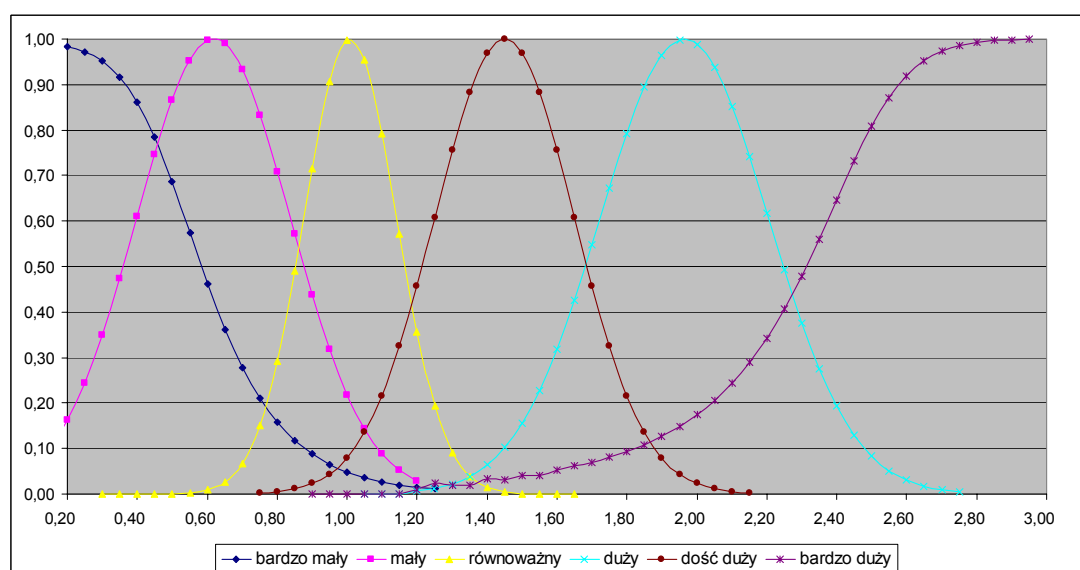
Opis przyjętej procedury pozwalającej określić kształt funkcji przynależności przedstawiono w załączniku 5-15. Otrzymane równania przedstawia wykres na rysunku 5-19:

Rys. 5-19. Zestawienie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej $\Delta_{so / P\&R}$

Po przeprowadzeniu założonych operacji uzyskano układ funkcji przynależności dla analizowanej zmiennej lingwistycznej. Rozsuniecie wykresów spowodowało powstanie pustego obszaru, dla którego brak jest istotnego stopnia przynależności (np. wartość ilorazu 1,35 osiąga stopień przynależności do zbioru duży iloraz, równy 0,04). Może to być przyczyną nieprawidłowego funkcjonowania modelu wnioskowania (zwłaszcza dla wartości ilorazu zbliżonych do 1,35). Proponuje się wprowadzenie dodatkowej funkcji określającej termin „dość duży”. Wypełniłaby ona brakującą lukę w układzie poprzedników. Zgodnie z [13] zaleca się, aby poziom przecięcia funkcji (wartość funkcji przynależności wspólna dla sąsiednich wykresów) był zbliżony do 0,5, natomiast współczynnik przecięcia [35] (określający liczbę punktów przecięcia między tymi funkcjami) był równy 1. W celu uproszczenia obliczeń przyjęto funkcję typu *gaussmf*. Proponowane funkcje zestawiono w tabelicy 5-21 i na rysunku 5-20:

Tablica 5-21. Kształt równań aproksymowanych funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz $\Delta_{so/P\&R}$ ”.

Termin	Równanie	Przedział
„bardzo mały iloraz”	$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{14,16(x-0,31)}}$	$x \in \langle 0,20;1,25 \rangle$
„mały iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,62)^2}{0,10}}$	$x \in \langle 0,20;1,20 \rangle$
„równoważny iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,00)^2}{0,07}}$	$x \in \langle 0,30;1,65 \rangle$
„dość duży iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,45)^2}{0,08}}$	$x \in \langle 0,75;2,15 \rangle$
„duży iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,96)^2}{0,12}}$	$x \in \langle 1,05;2,75 \rangle$
„bardzo duży iloraz”	$f(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + \left \frac{x-3,00}{-0,69} \right ^{4,28}}$	$x \in \langle 1,15;3,00 \rangle$



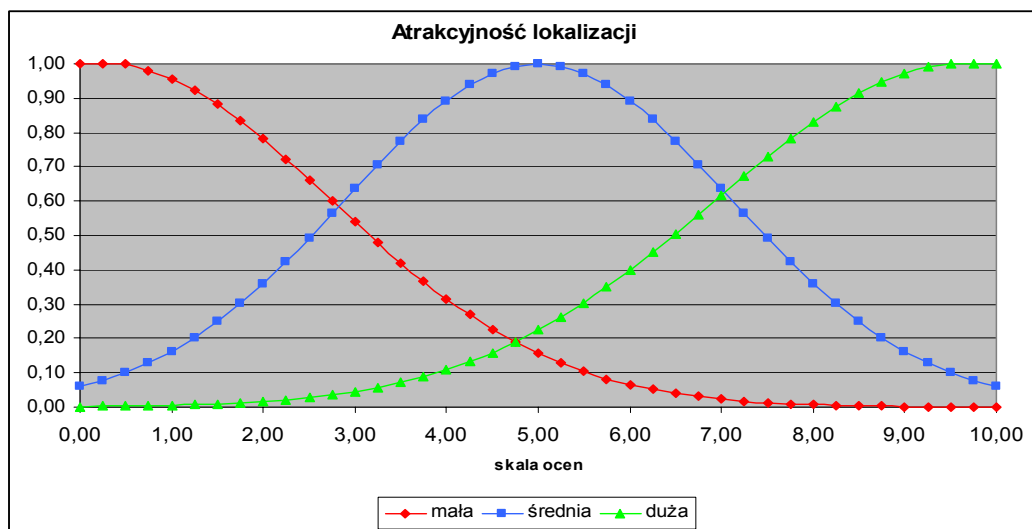
Rys. 5-20. Ostateczne zestawienie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej iloraz $\Delta_{so/P\&R}$.

5.5.3 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „atrakcyjność lokalizacji”.

Drugim elementem stanowiącym całość układu wejściowego (poprzednika) jest określenie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „atrakcyjność lokalizacji parkingu P&R”. W tym przypadku przyjęto trzy terminy opisujące tę zmienną:

$$\text{„atrakcyjność lokalizacji”} = \{\text{„mała”}, \text{„średnia”}, \text{„duża”}\}$$

Przyjęto, że poziom atrakcyjności danej lokalizacji będzie oceniany indywidualnie, przy czym ocena musi mieścić się w skali od 0 – najłabsza lokalizacja, do 10 – najlepsza lokalizacja. Należy podkreślić, że oceny będzie się dokonywało oddzielnie dla każdej pary źródło – cel. Wybrano funkcję typu *gaussmf*. Proponowany kształt funkcji przynależności przedstawiono na rysunku 5-21, natomiast równania opisujące krzywe zestawiono w tabelicy 5-22:



Rys. 5-21. Proponowany kształt funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej opisującej atrakcyjność lokalizacji P&R.

Tablica 5-22. Równania aproksymowanych funkcji przynależności dla zmiennej „atrakcyjność lokalizacji”.

Termin	Równanie	Przedział
„mała”	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 0,00; 0,5 \rangle$
	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,28)^2}{12,01}}$	$x \in \langle 0,5; 10,0 \rangle$
„średnia”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-5,0)^2}{8,82}}$	$x \in \langle 0,0; 10,0 \rangle$
„duża”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-9,62)^2}{14,23}}$	$x \in \langle 0,0; 9,5 \rangle$
	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 9,5; 10,0 \rangle$

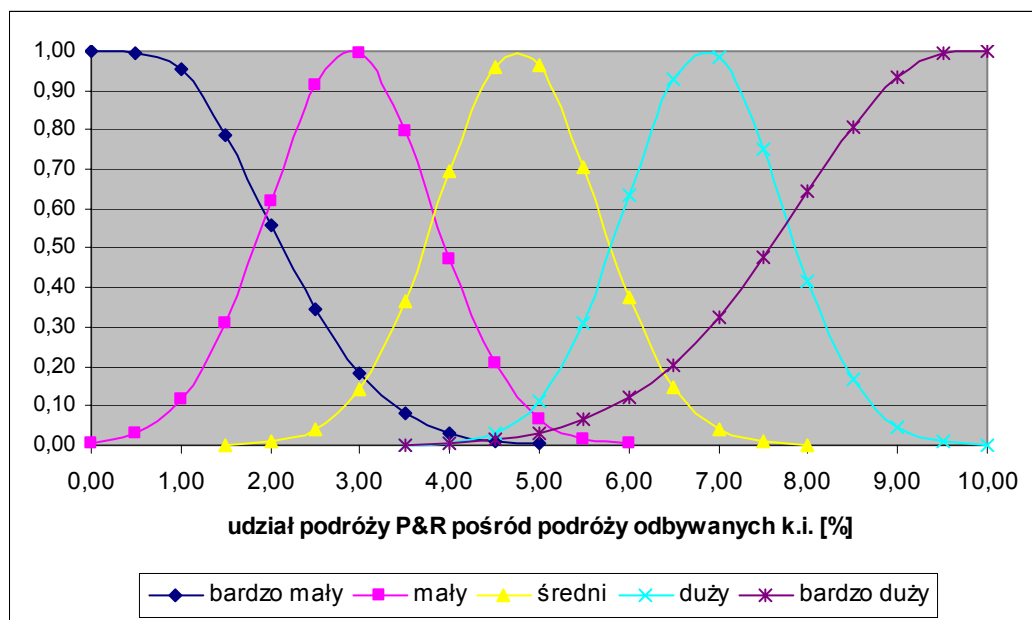
5.5.4 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży P&R wśród podróży odbywanych komunikacją indywidualną (k.i.)”.

Ostatnim elementem układu wnioskującego jest opracowanie następnika reguły, stanowiącego blok danych wyjściowych. Proponuje się przedstawienie następnika jako zbioru funkcji przynależności do terminu „udział podróży P&R w podróżach komunikacją indywidualną”:

$$\begin{aligned} \text{„udział podróży P\&R w podróżach k.i.”=} \\ =\{\text{„bardzo mały”, „mały”, „średni”, „duży”, „bardzo duży”}\} \end{aligned}$$

Na podstawie dostępnej literatury [35], [85], dobrano kształt funkcji jako *gaussmf*. Skalę, jaka opisuje zmienną lingwistyczną przyjęto w przedziale od 0% do 10%, ponieważ udział Park and Ride w ogóle podróży oscyluje wokół kilku procent [31], [50], [80], [84], [4]. Podkreśla to względność znaczenia pojęcia „duży” jako zmiennej lingwistycznej. W tym przypadku zmienna „duży udział” jest to o jeden rząd wielkości mniejsza niż w przypadku podziału na podróże komunikacją zbiorową i indywidualną. Wartości udziału odnoszą się wyłącznie do osób mający możliwość wyboru środka transportu oraz dla pojedynczej relacji. Teoretycznie może wystąpić przypadek, dla którego podróż w systemie P&R dla danej relacji będzie tak korzystna, że wybierze go „aż” 10% użytkowników. Jednakże w skali całego miasta, uwzględniając wszystkie relacje, udział tych podróży będzie znacznie mniejszy. W przypadku wnioskowania rozmytego, szczególnie dla rozbudowanych układów wnioskujących z dużą liczbą reguł, uwzględniając przyjętą procedurę defuzyfikacji, praktycznie nie jest możliwe osiągnięcie skrajnych wartości skali [35], co czyni wybrane podejście bardziej zbliżonym do rzeczywistości.

Kształt funkcji przedstawiono na rysunku 5-22, natomiast równania opisujące funkcje zestawiono w tabelicy 5-23:



Rys. 5-22. Kształt funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży w systemie P&R w podróżach odbywanych k.i.”

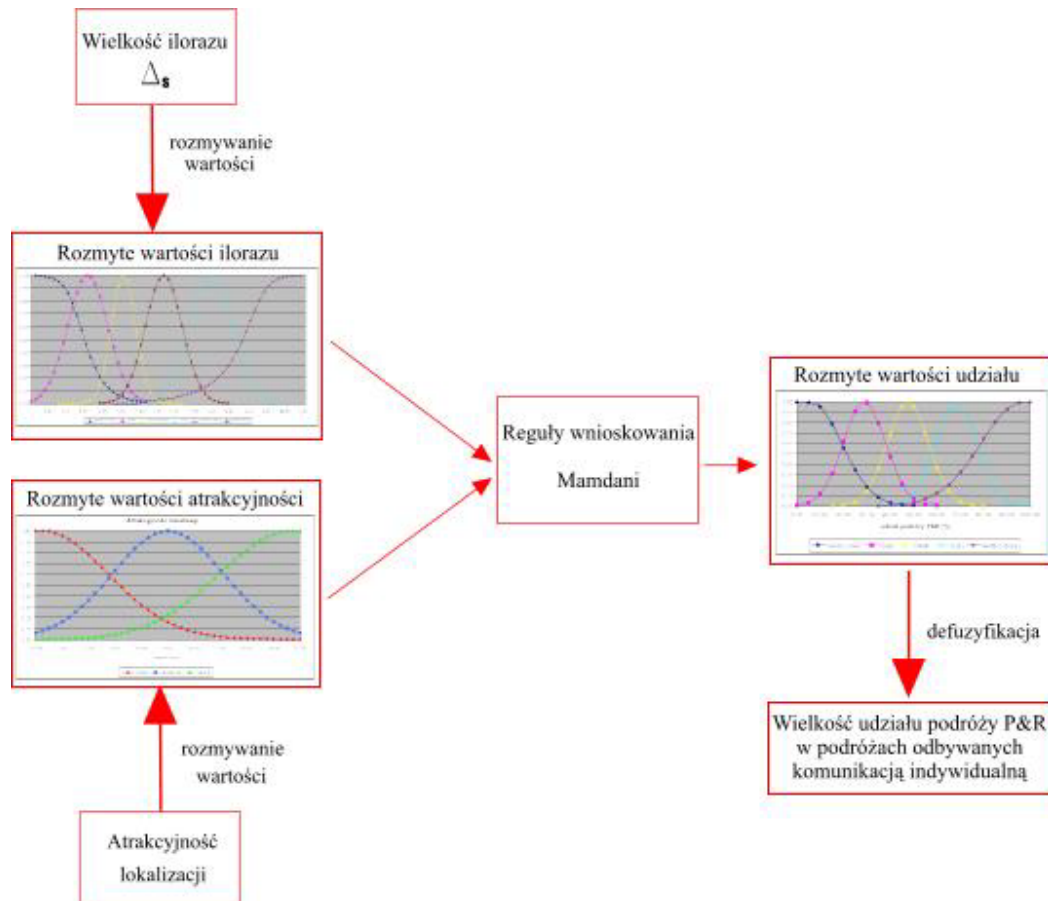
Tablica 5-23. Równania funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży w systemie P&R pośród podróży odbywanych k.i.”.

Termin	Równanie	Przedział
„bardzo mały”	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 0,0;0,5 \rangle$
	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,59)^2}{3,38}}$	$x \in \langle 0,5;4,5 \rangle$
„mały”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-2,9)^2}{1,65}}$	$x \in \langle 0,0;6,0 \rangle$
„średni”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-4,7)^2}{1,58}}$	$x \in \langle 2,0;7,5 \rangle$
„duży”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-6,8)^2}{1,54}}$	$x \in \langle 4,0;9,5 \rangle$
„bardzo duży”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-9,7)^2}{6,34}}$	$x \in \langle 4,0;9,0 \rangle$
	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 9,0;10,0 \rangle$

5.5.5 Określenie układu wnioskującego i wyniki analizy

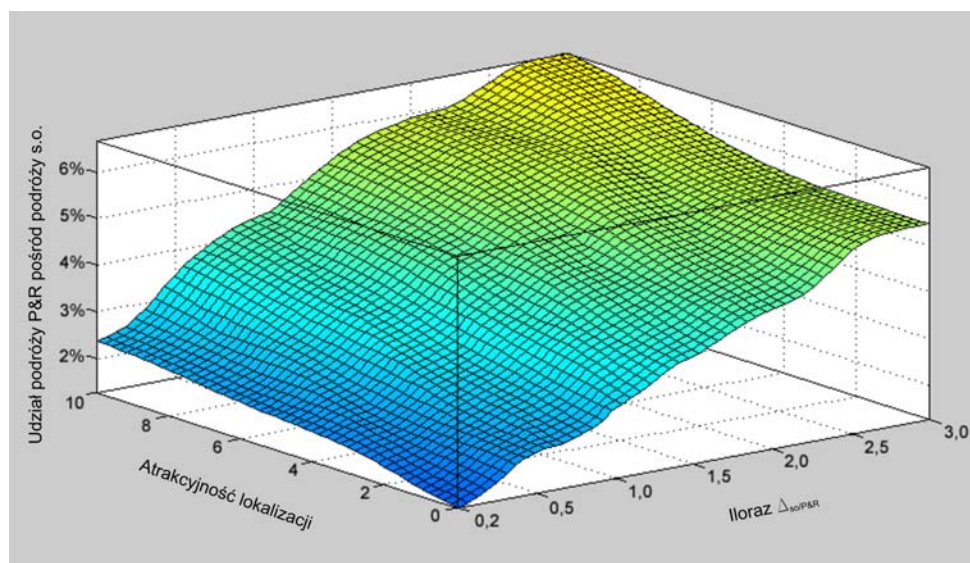
Po zdefiniowaniu funkcji przynależności, można opracować układ wnioskujący. Układ ten będzie się różnił od układu przedstawionego w etapie I liczbą zmiennych wejściowych (poprzedników reguły), ponieważ założono, że udział podróży w systemie Park and Ride będzie zależał zarówno od wielkości ilorazu kosztu uogólnionego podróży komunikacją indywidualną do kosztu uogólnionego podróży w systemie Park and Ride, jak i od atrakcyjności lokalizacji parkingu. Te dwa elementy będą stanowić dane wejściowe. Jako dane wyjściowe przyjęto udział podróży w systemie Park and Ride pośród podróży odbywanych komunikacją indywidualną. Ostatnim elementem jest zdefiniowanie reguł wnioskujących. W tym przypadku postąpiono tak samo jak w układzie wnioskującym opisanym w etapie pierwszym, czyli stworzono wszystkie możliwe kombinacje reguł (90) a następnie odrzucono reguły nielogiczne bądź sprzeczne. W efekcie uzyskano 24 reguły pozwalające opracować końcowy układ wnioskujący.

Przyjęty model można przedstawić na następującym schemacie blokowym (schemat 5-5):



Schemat 5-5. Schemat blokowy modelu wnioskowania dla zmiennej „udział podróży w systemie P&R wśród podróży odbywanych k.i.”.

Po uruchomieniu układu wnioskującego otrzymano wyniki, dające się przedstawić w przestrzennym układzie współrzędnych. Uzyskana powierzchnia przedstawia udział podróży w systemie Park and Ride w zależności od wielkości ilorazu $\Delta_{so/P\&R}$ oraz atrakcyjności lokalizacji. Wyniki przedstawiono na rysunku 5-23:



Rys. 5-23. Udział podróży w systemie P&R w zależności od atrakcyjności lokalizacji i wielkości ilorazu $\Delta_{so/P\&R}$ - Matlab.

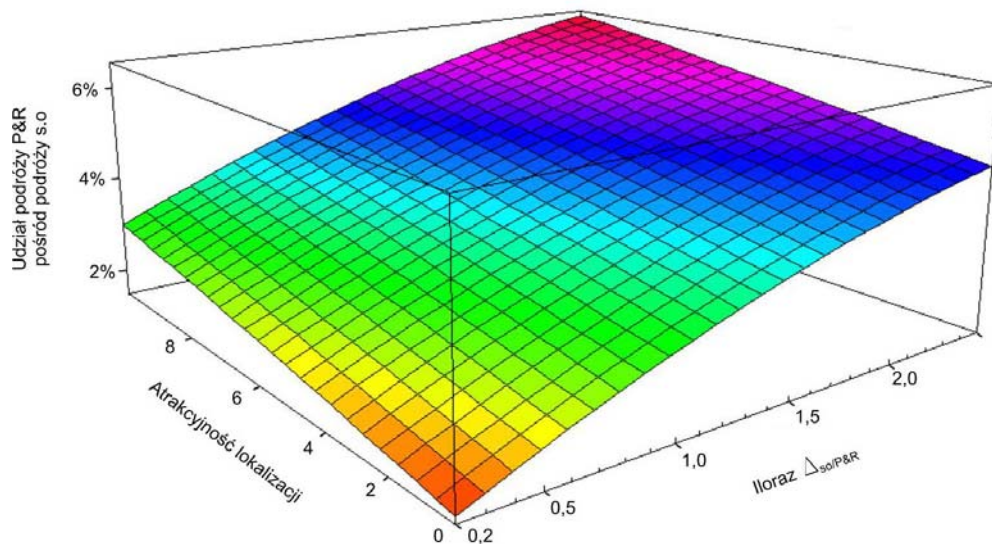
W całym procesie wnioskowania rozmytego korzystano z pełnej (przyjętej) skali ilorazu kosztu uogólnionego podróży. W rzeczywistości, wartości ilorazu zbliżone do 0 są niemożliwe do osiągnięcia (wartość 0 oznaczałaby nieskończenie duży koszt uogólniony podróży w systemie P&R w stosunku do podróży samochodem osobowym).

Aby urealnić model, zdecydowano się odrzucić wartości ilorazu bliskie 0, i ograniczyć skalę do przedziału od 0,2 do 2,5. Uwzględniając to założenie, z układu wnioskującego odczytano współrzędne punktów tworzących płaszczyznę (rysunek 5-23). Następnie przy pomocy programu Mathematica [95], wielomianem drugiego stopnia aproksymowano funkcję, odzwierciedlającą otrzymaną powierzchnię. Równanie powierzchni przyjmuje postać:

$$U_{SO}^{P\&R}(x, y) = -0,3x^2 + 2,4x + 0,17y + 0,82 \quad [\%] \quad (5.48)$$

gdzie:

- x – iloraz kosztu uogólnionego podróży samochodem osobowym do kosztu uogólnionego podróży w systemie Park and Ride;
- y – atrakcyjność lokalizacji parkingu przesiadkowego.



Rys. 5-24. Wykres powierzchni aproksymowanego równania 5.48.

5.5.6 Dyskusja otrzymanych wyników.

Przedstawiony sposób uzyskania udziału podróży w systemie P&R pośród podróży odbywanych samochodem osobowym jest skomplikowany i zawyły. Wymaga on interpretacji potencjalnych zachowań komunikacyjnych, pozwalającej na przeniesienie tychże zachowań na terminologię wnioskowania rozmytego. Uzyskane wyniki w pierwszym etapie modelowania (określenie udziału komunikacji indywidualnej w podróżach) i możliwość konfrontacji ich z istniejącymi modelami podziału zadań przewozowych, pozwalają uzasadnić wybrany kierunek badań. Można ostrożnie przyjąć, że na podstawie przyjętych założeń można uwiarygodnić uzyskany model bez dodatkowej weryfikacji. Należy zaznaczyć, iż weryfikacja taka jest niemożliwa, ponieważ w warunkach krajowych praktycznie nie istnieją obiekty badań pozwalające uzyskać konieczne dane do testowania modelu.

Uzyskane wyniki pozwalają oszacować potencjalny udział systemu P&R w podróżach odbywanych samochodem osobowym. Udział ten odnosi się wyłącznie do analizowanej relacji źródło-cel i nie może być traktowany wprost jako udział w ogóle podróży. Wielkość udziału

podróży P&R waha się od 1,5% - w warunkach skrajnie niekorzystnych do 6,4% - dla warunków najkorzystniejszych. Może zastanawiać fakt ponad 1,5% udziału tych podróży dla przypadku bardzo słabej atrakcyjności parkingu przesiadkowego i dużej różnicy w koszcie uogólnionym. Proces wnioskowania rozmytego odrzucając skrajne wartości wyjściowe (w tym przypadku bliskie 0% i 10%) przybliża się do sposobu postrzegania zjawisk przez ludzki umysł, odrzucający często skrajne przypadki podczas procesu decyzyjnego. Wydaje się, że jest to kolejny element uwiarygodniający wybór drogi modelowania dla tak złożonych zjawisk.

5.6 Etap III - wydzielenie podróży w systemie Park and Ride pośród podróży odbywanych komunikacją zbiorową.

Celem modelu będzie wydzielenie udziałów podróży w systemie Park and Ride z ogółu podróży odbywanych komunikacją zbiorową. Możliwość korzystania z systemu P&R dotyczy wyłącznie osób mających dostęp do samochodu osobowego a korzystających z komunikacji zbiorowej. Udział podróży będzie uzależniony od ilorazu kosztu uogólnionego podróży środkami komunikacji zbiorowej do uogólnionego kosztu podróży w systemie Park and Ride. Podobnie jak w przypadku etapu II, wprowadzono dodatkową zmienną określającą cechy danego parkingu przesiadkowego („*atrakcyjność lokalizacji*”). Cała procedura doboru kształtów funkcji przynależności jest taka sama jak w etapie II modelu.

5.6.1 Określenie terminów opisujących zmienne lingwistyczne.

Zmienne lingwistyczne występujące w modelowaniu, zarówno dla poprzednika jak i następnika reguły przyjęto zgodnie z tablicą 5-19, wyjaśnioną w rozdziale 5.5.1. Zgodnie z przyjętą procedurą, zmienne lingwistyczne mogą być opisane następującymi terminami (tabl. 5.24).

Tablica 5.24. Terminy opisujące zmienne lingwistyczne w modelu określającym udział podróży P&R pośród podróży odbywanych komunikacją zbiorową.

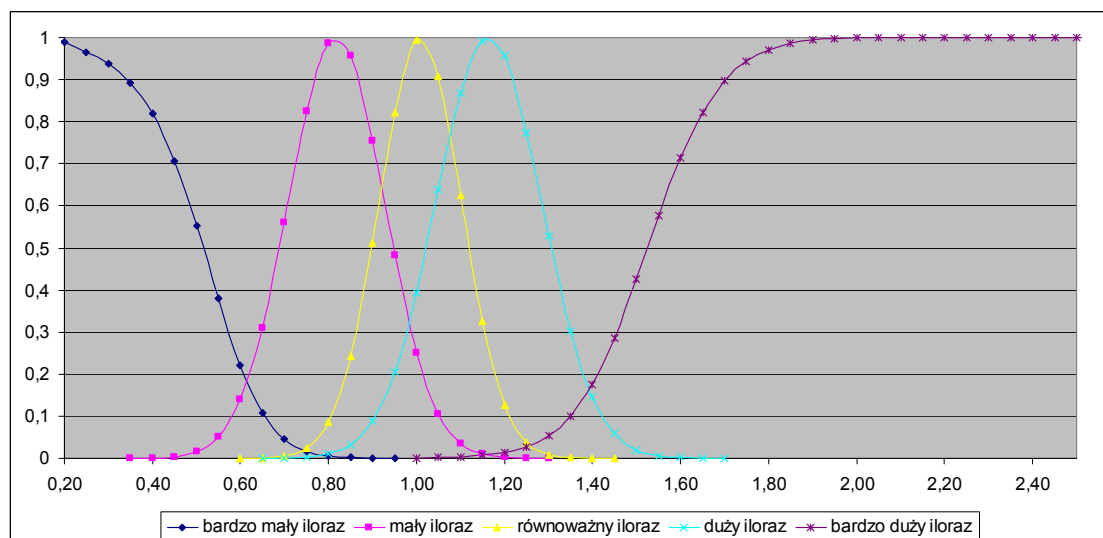
Zmienna lingwistyczna		Terminy
Poprzednik reguły	„iloraz $\Delta_{kz/P\&R}$ ”	{„bardzo mały”, „mały”, „równoważny”, „duży”, „bardzo duży”}
	„ <i>atrakcyjność lokalizacji</i> ”	{„mała”, „średnia”, „duża”}
Następnik reguły	„udział $U_{k.z.}^{P\&R}$ ”	{„bardzo mały”, „mały”, „średni”, „duży”, „bardzo duży”}

5.6.2 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.

Procedurę doboru kształtu funkcji przynależności przedstawiono w załączniku 5-16. Po przeprowadzeniu założonych operacji uzyskano układ funkcji przynależności dla analizowanej zmiennej lingwistycznej. Otrzymane równania zestawiono w tabelicy 5-25 oraz na rysunku 5-25:

Tabela 5-25. Kształt równań aproksymowanych funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz. $\Delta_{kz/P\&R}$ ”

Termin	Równanie	Przedział
„bardzo mały iloraz”	$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{-8,72(x+0,46)}}$	$x \in \langle 0,20;0,95 \rangle$
„mały iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,82)^2}{0,02}}$	$x \in \langle 0,35;1,30 \rangle$
„równoważny iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,00)^2}{0,02}}$	$x \in \langle 0,60;1,45 \rangle$
„duży iloraz”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-1,16)^2}{0,03}}$	$x \in \langle 0,65;1,70 \rangle$
„bardzo duży iloraz”	$f(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + \left \frac{x-3,00}{-1,47} \right ^{18,41}}$	$x \in \langle 1,00;2,50 \rangle$



Rys. 5-25. Kształt funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży w systemie P&R pośród podróży odbywanych komunikacją zbiorową”

5.6.3 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „atrakcyjność lokalizacji”.

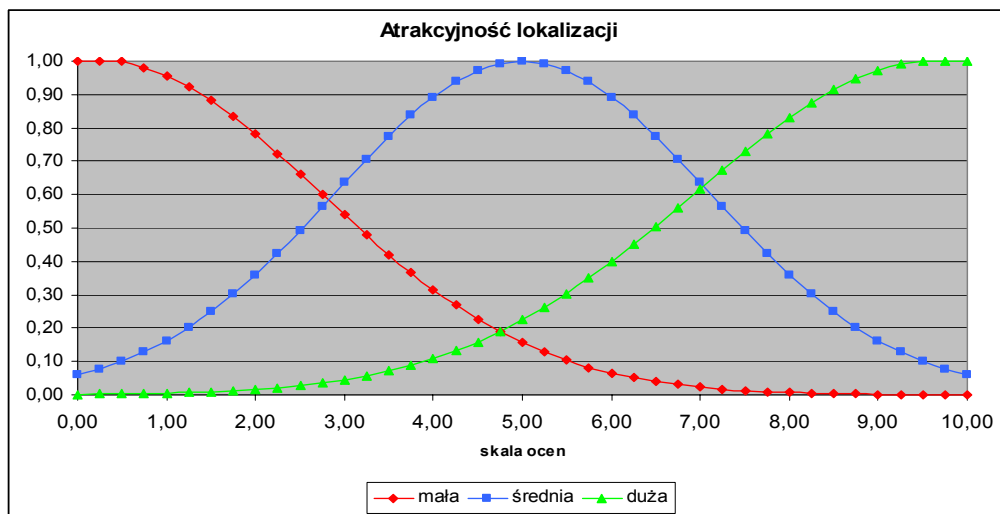
Kolejnym elementem poprzednika, jest określenie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „atrakcyjność lokalizacji parkingu P&R”. W tym przypadku przyjęto trzy terminy opisujące tę zmienną:

$$\text{„atrakcyjność lokalizacji”} = \{ \text{„mała”}, \text{„średnia”}, \text{„duża”} \}$$

Sposób przyjęcia kształtów funkcji przynależności jest analogiczny do procedury przedstawionej dla układu wnioskującego wyznaczającego udział podróży w systemie P&R pośród podróży odbywanych samochodem osobowym (rozdział 5.5.3). Przyjęto, że poziom atrakcyjności danej lokalizacji będzie oceniany ekspercko, przy czym ocena musi mieścić się w skali od 0 – najgorsza lokalizacja, do 10 – najlepsza lokalizacja (oceny będzie się dokonywało oddzielnie dla określonej relacji). Proponowane równania funkcji przynależności zestawiono w tabelicy 5-26, natomiast kształt przyjętych funkcji przedstawia rysunek 5-26:

Tablica 5-26. Równania aproksymowanych funkcji przynależności dla zmiennej „atrakcyjność lokalizacji”.

Termin	Równanie	Przedział
„mała”	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 0,00; 0,5 \rangle$
	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,28)^2}{12,01}}$	$x \in \langle 0,5; 10,0 \rangle$
„średnia”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-5,0)^2}{8,82}}$	$x \in \langle 0,0; 10,0 \rangle$
„duża”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-9,62)^2}{14,23}}$	$x \in \langle 0,0; 9,5 \rangle$
	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 9,5; 10,0 \rangle$



Rys. 5-26. Proponowany kształt funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej opisującej atrakcyjność lokalizacji P&R.

5.6.4 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży P&R pośród podróży odbywanych komunikacją zbiorową (k.z.)”.

Ostatnim elementem układu wnioskującego jest opracowanie następnika reguły, stanowiącego blok danych wyjściowych. Podobnie jak w etapie II, proponuje się przedstawienie następnika jako zbioru funkcji przynależności do terminu „udział podróży P&R pośród podróży komunikacją zbiorową”:

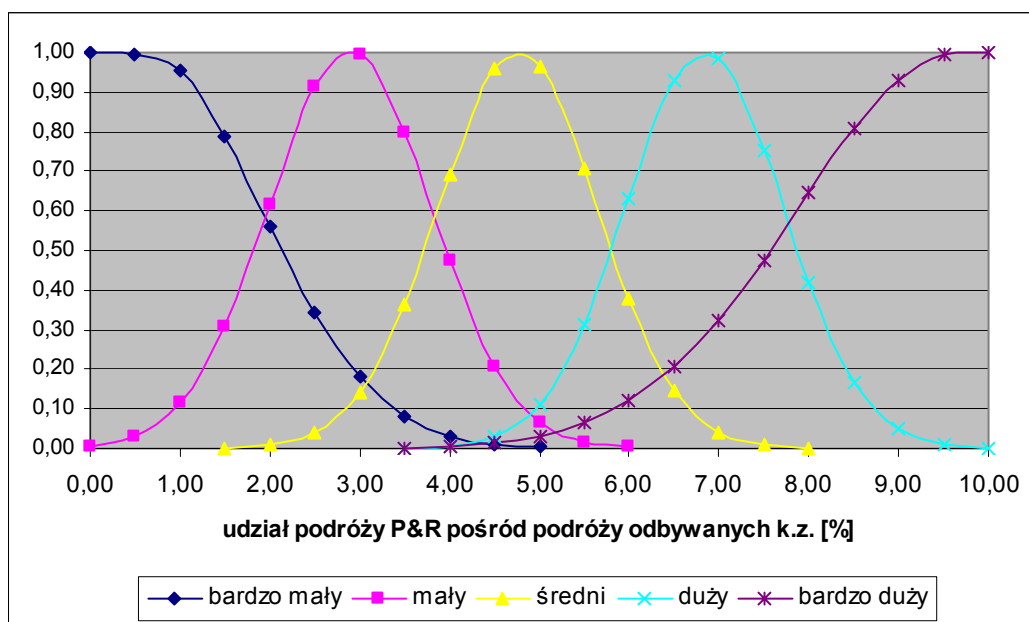
„udział podróży P&R w podróżach k.z.”=

= {„bardzo mały”, „mały”, „średni”, „duży”, „bardzo duży”}

Analogicznie do założeń przedstawionych w rozdziale 5.5.4, przyjęto kształt funkcji jako *gaussmf*, a skalę opisującą zmienną lingwistyczną przyjęto w przedziale od 0% do 10%. Należy podkreślić fakt, iż wartości udziału odnoszą się wyłącznie do osób mających możliwość wyboru środka transportu oraz dla określonej relacji. Równania opisujące funkcje zestawiono w tablicy 5-27, natomiast kształt funkcji przedstawiono na rysunek 5-27:

Tablica 5-27. Równania funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży w systemie P&R pośród podróży odbywanych k.z.”.

Termin	Równanie	Przedział
„bardzo mały”	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 0,0;0,5 \rangle$
	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-0,59)^2}{3,38}}$	$x \in \langle 0,5;4,5 \rangle$
„mały”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-2,9)^2}{1,65}}$	$x \in \langle 0,0;6,0 \rangle$
„średni”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-4,7)^2}{1,58}}$	$x \in \langle 2,0;7,5 \rangle$
„duży”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-6,8)^2}{1,54}}$	$x \in \langle 4,0;9,5 \rangle$
„bardzo duży”	$f(x, \delta, c) = e^{\frac{-(x-9,7)^2}{6,34}}$	$x \in \langle 4,0;9,0 \rangle$
	$f(x) = 1,0$	$x \in \langle 9,0;10,0 \rangle$

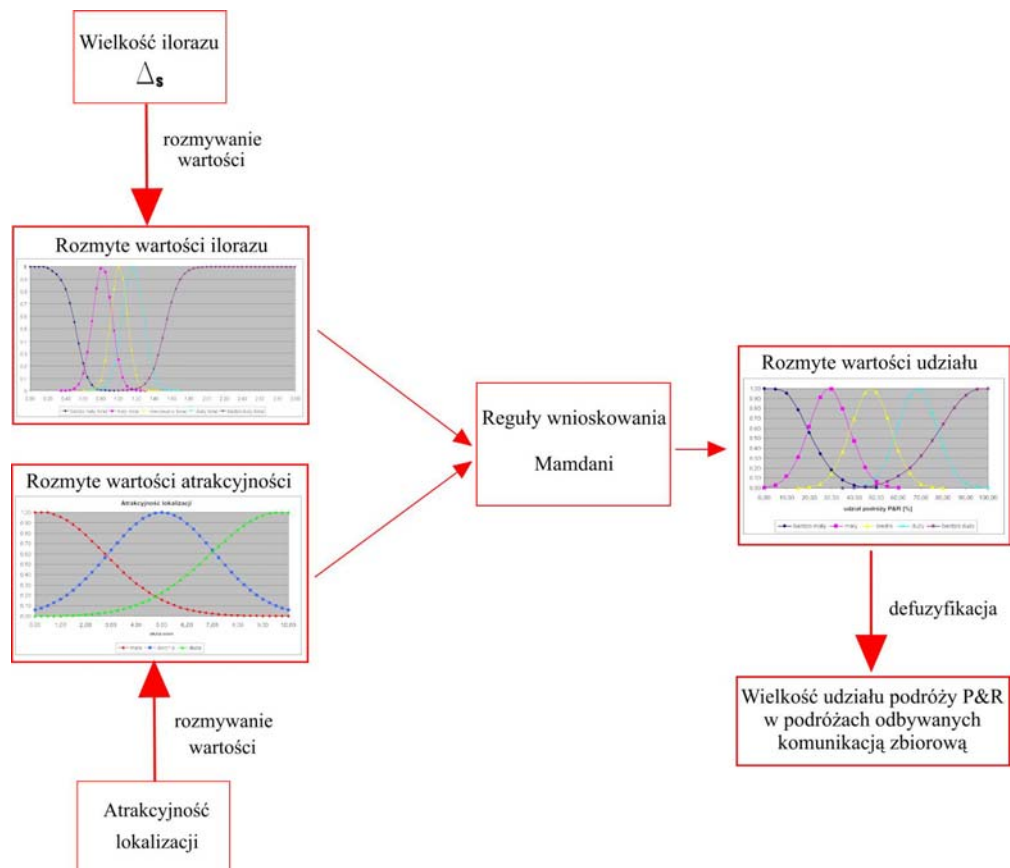


Rys. 5-27. Kształt funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „udział podróży w systemie P&R pośród podróży odbywanych k.z.”

5.6.5 Określenie układu wnioskującego i wyniki analizy

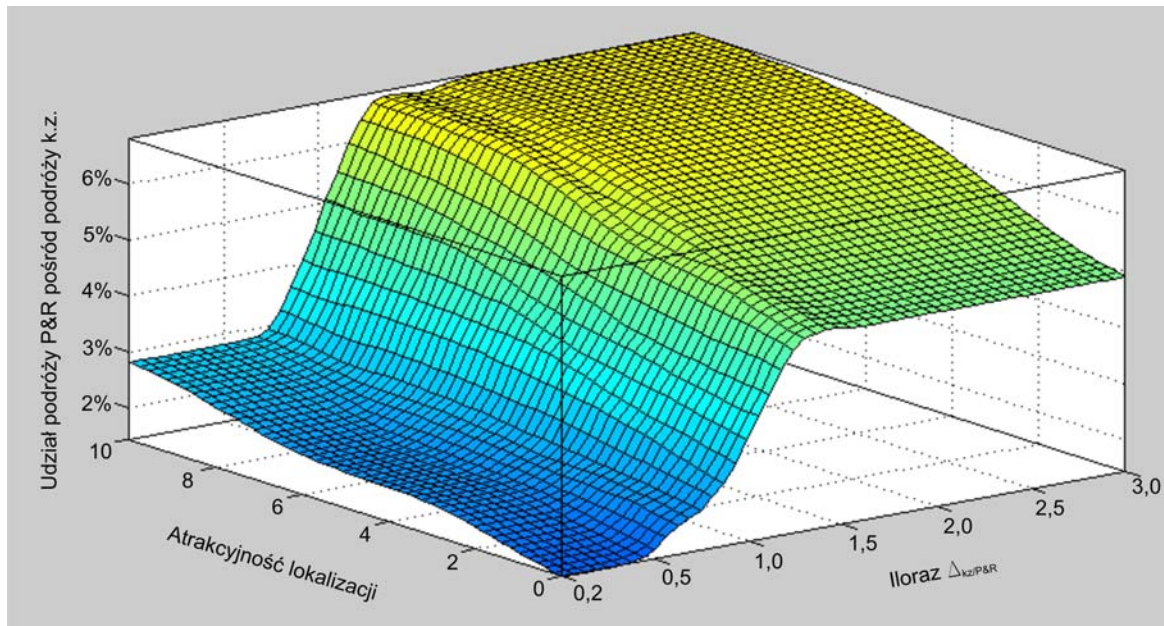
Po zdefiniowaniu funkcji przynależności, należy opracować układ wnioskujący. Układ ten będzie identyczny do układu przedstawionego w etapie II. Przy ustalaniu reguł wnioskujących stworzono wszystkie możliwe kombinacje reguł (90) a następnie odrzucono reguły nielogiczne bądź sprzeczne. W efekcie uzyskano 24 reguły pozwalające opracować końcowy układ wnioskujący.

Przyjęty model można przedstawić na następującym schemacie blokowym (schemat 5-6):



Schemat 5-6. Schemat blokowy modelu wnioskowania dla zmiennej „udział podróży w systemie P&R wśród podróży odbywanych k.i.”.

Po uruchomieniu układu wnioskującego otrzymano wyniki, dające się przedstawić w przestrzennym układzie współrzędnych. Uzyskana powierzchnia przedstawia udział podróży w systemie Park and Ride w zależności od wielkości ilorazu $\Delta_{kz/P\&R}$. Wyniki przedstawiono na rysunku 5-28:



Rys. 5-28. Udział podróży w systemie P&R w zależności od atrakcyjności lokalizacji i wielkości ilorazu $\Delta_{kz/P\&R}$ - Matlab.

Otrzymany wykres powierzchni odzwierciedla wielkość udziału podróży, które mogą być odbywane w systemie P&R, a przejęte z podróży odbywanych wyłącznie komunikacją zbiorową. Powierzchnia ta różni się znacznie od powierzchni wyznaczającej udział podróży P&R pośród podróży odbywanych samochodem osobowym. Główną przyczyną jest zupełnie inny układ poprzednika reguły w postaci funkcji przynależności dla terminów opisujących iloraz kosztów uogólnionych podróży. Skupienie funkcji wokół wartości 1,0 spowodowało gwałtowny przyrost wartości udziału w przedziale zmienności 0,8-1,4. W pozostałych przedziałach wielkość udziału dla określonej atrakcyjności lokalizacji jest praktycznie stała.

W całym procesie wnioskowania rozmytego korzystano z pełnej (przyjętej) skali ilorazu kosztu uogólnionego podróży. Tak jak w przypadku analizy wyników w etapie II, zdecydowano się odrzucić skrajne wartości ilorazu, i ograniczyć skalę do przedziału od 0,2 do 2,5. Ponieważ powierzchnia uzyskana w drodze wnioskowania rozmytego ma bardzo złożony kształt, co utrudnia opisanie go jednym równaniem, zdecydowano się na podzielenie jej na trzy części. Następnie przy pomocy programu Mathematica [95], dla każdego z przyjętych przedziałów aproksymowano funkcje, odzwierciedlające otrzymane powierzchnie:

1. Dla przedziału $\Delta_{kz/P\&R} \in (0,2;0,8)$, równanie powierzchni przyjmuje postać:

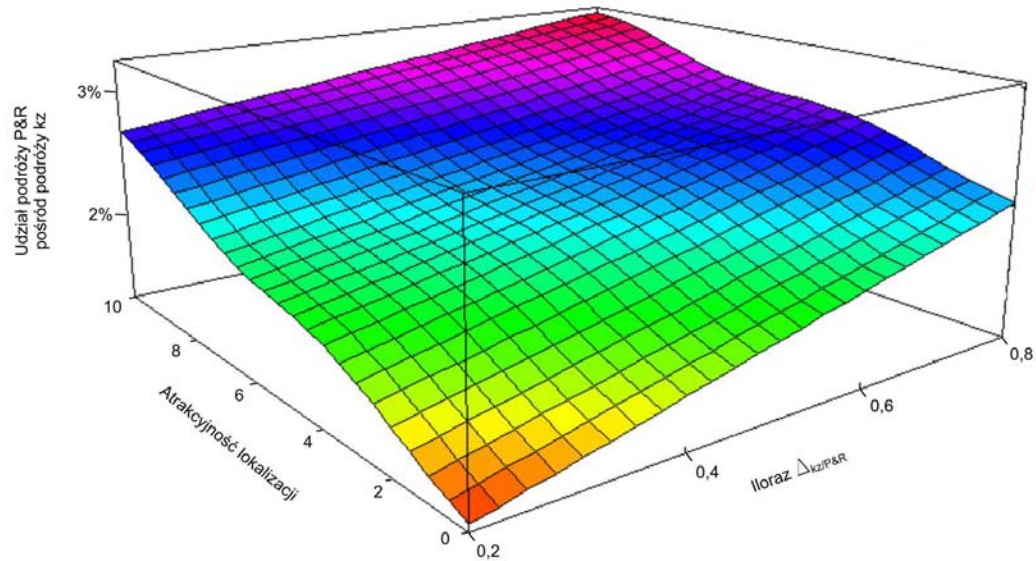
$$U_{kz}^{P\&R}(x, y) = -0,01y^2 + 0,15y - 0,1xy + 1,7x + 1,1 \quad [\%] \quad (5.49)$$

gdzie:

$U_{kz}^{P\&R}$ - udział podróży, które mogą być odbywane w systemie P&R, a wydzielone z podróży odbywanych wyłącznie komunikacją zbiorową.

x - iloraz kosztu uogólnionego podróży komunikacją zbiorową do kosztu uogólnionego podróży w systemie Park and Ride;

y - atrakcyjność lokalizacji parkingu przesiadkowego.

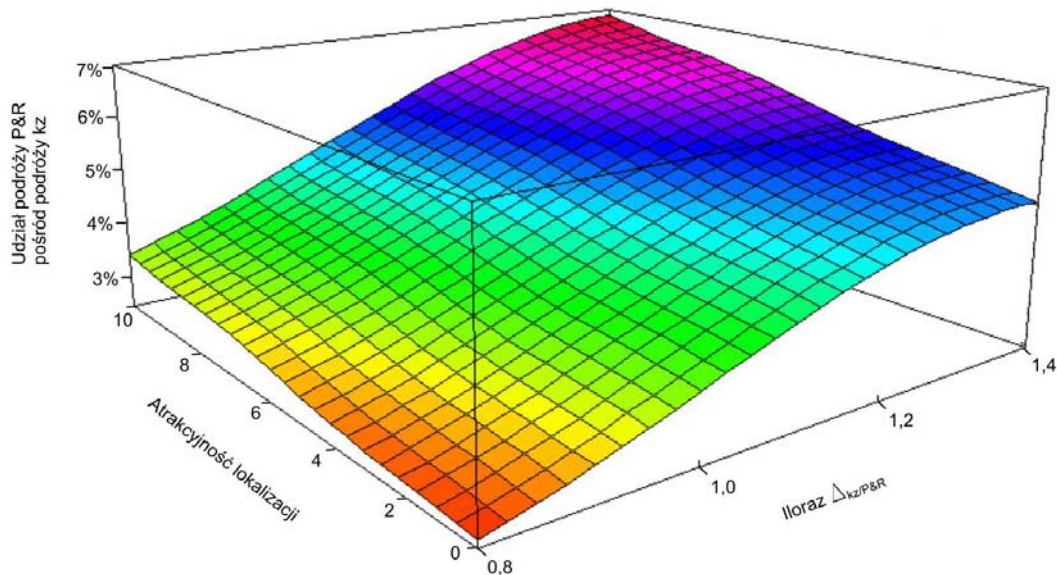


Wykres 5-29. Wykres powierzchni aproksymowanego równania 5.49, uzyskanego dla przyjętego przedziału pierwszego $\Delta_{kz/P\&R} \in (0,2;0,8)$.

2. Dla przedziału $\Delta_{kz/P\&R} \in (0,8;1,4)$, równanie powierzchni przyjmuje postać:

$$U_{kz}^{P\&R}(x, y) = -0,03y + 0,2xy + 72,6x - 12,9e^x - 34,9 \ln x - 33,5 \quad [\%] \quad (5.50)$$

Oznaczenia jak w punkcie 1.

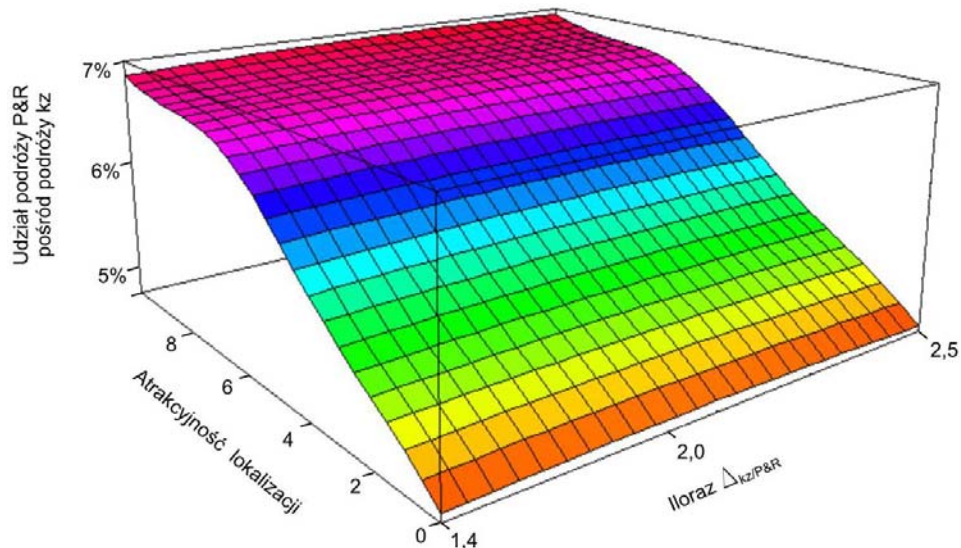


Wykres 5-30. Wykres powierzchni aproksymowanego równania 5.50, uzyskanego dla przyjętego przedziału pierwszego $\Delta_{kz/P\&R} \in (0,8;1,4)$.

3. Dla przedziału $\Delta_{kz/P\&R} \in (1,4;2,5)$, równanie powierzchni przyjmuje postać:

$$U_{kz}^{P\&R}(x, y) = -0,1x^2 + 0,3x + 0,1xy - 0,2y^2 + 0,4y + 4,5 \quad [\%] \quad (5.51)$$

Oznaczenia jak w punkcie 1.



Wykres 5-31. Wykres powierzchni aproksymowanego równania 5.51, uzyskanego dla przyjętego przedziału pierwszego $\Delta_{kz/P\&R} \in (1,4;2,5)$.

5.6.6 Dyskusja otrzymanych wyników.

Podobnie jak w etapie II modelowania, uzyskane wyniki odnoszą się wyłącznie do konkretnej relacji źródło – cel. Określają zatem jaka część podróży realizowana komunikacją zbiorową może być odbywana w systemie Park and Ride. Przyjęte założenie o mniejszej uciążliwości związanej ze zmianą sposobu podróżowania z komunikacji zbiorowej na P&R niż z komunikacji indywidualnej na P&R przyczyniło się do gwałtownego zwiększenia udziału podróży P&R w przedziale bliskim równoważnemu ilorazowi kosztów uogólnionych podróży. W pozostałych przedziałach wielkość udziału jest praktycznie stała (można zaobserwować stosunkowo niewielki wpływ atrakcyjności systemu na jego zwiększenie). Zakres wyników waha się pomiędzy 1,4% do 6,8% (wartości odnoszą się do poszczególnych relacji i w skali całego miasta wartość udziału P&R w podróżach będzie mniejsza). Należy podkreślić, iż bezwzględna liczba użytkowników P&R rezygnujących z podróżowania wyłącznie komunikacją zbiorową będzie mniejsza od liczby użytkowników rezygnujących z samochodu osobowego. Wynika to z faktu, że uzyskany model odnosi się do osób mających możliwość wyboru, czyli takich, którzy świadomie zrezygnowali z jazdy samochodem osobowym na rzecz komunikacji zbiorowej.

5.7 Całościowy model podziału zadań przewozowych uwzględniający podróże w systemie P&R.

Przedstawione powyżej etapy modelowania, tworzą jeden układ wyznaczający wielkość udziału poszczególnych środków transportu w podróżach.

Zgodnie ze schematem 5-2 otrzymujemy całościowy model którego algorytm przedstawiono w tablicy 5-28:

Tablica 5-28. Algorytm wyznaczenia udziału podróży Park and Ride.

Lp.	Działanie	Sposób wyznaczenia
1	Wyznaczenie kosztu uogólnionego podróży komunikacją zbiorową K_{jkz} .	Zgodnie z równaniem 4.15 (rozdział 4.10): $K_{jkz} = K_b + [1,50 \cdot t_{dkz} + (0,6 + 0,2 \cdot t_{okz}) \cdot t_{okz} + 1,50 \cdot t_{jkz} + 7,28 \cdot l_p + 1,20 \cdot t_{odkz}] \cdot k$
2	Wyznaczenie kosztu uogólnionego podróży komunikacją indywidualną K_{jso} .	Zgodnie z równaniem 4.12 (rozdział 4.9): $K_{jso} = K_e \cdot L + K_p + [1,21 \cdot t_{dso} + 1,00 \cdot t_{jso} + 1,80 \cdot t_{szmp} + 1,10 \cdot t_{odso}] \cdot k$
3	Wyznaczenie ilorazu Δ_s	$\Delta_s = \frac{K_{jkz}}{K_{jso}}$
4	Wyznaczenie udziału komunikacji indywidualnej w podróżach zmotoryzowanych	Zgodnie z równaniem 5.47: $U'_{so} = 65,2 * \Delta_s^{0,1}$
5	Wyznaczenie udziału komunikacji zbiorowej w podróżach zmotoryzowanych	$U'_{kz} = 100 - U'_{so}$
6	Wyznaczenie kosztu uogólnionego podróży w systemie P&R	Zgodnie z równaniem 4.16 (rozdział 4.11): $K_{P\&R} = K_{jso}^{doP\&R} + K_{jkz}^{zP\&R} + [1,21 \cdot t_{dso} + 1,00 \cdot t_{jso} + 2,00 \cdot t_{okz} + 1,50 \cdot t_{jkz} + 1,20 \cdot t_{odkz}] \cdot k$
7	Wyznaczenie ilorazu $\Delta_{so / P\&R}$	$\Delta_{so / P\&R} = \frac{K_{jso}}{K_{P\&R}}$
8	Wydzielenie podróży P&R z podróży odbywanych komunikacją indywidualną	Zgodnie z równaniem 5.48: $U_{SO}^{P\&R}(x, y) = -0,3x^2 + 2,4x + 0,17y + 0,82$
9	Wyznaczenie ilorazu $\Delta_{kz / P\&R}$	$\Delta_{kz / P\&R} = \frac{K_{jkz}}{K_{P\&R}}$
10	Wydzielenie podróży P&R z podróży odbywanych komunikacją zbiorową:	
	Dla $\Delta_{kz / P\&R} \in (0,2; 0,8)$	Zgodnie z równaniem 5.49: $U_{kz}^{P\&R}(x, y) = -0,01y^2 + 0,15y - 0,1xy + 1,7x + 1,1$
	Dla $\Delta_{kz / P\&R} \in (0,8; 1,4)$	Zgodnie z równaniem 5.50: $U_{kz}^{P\&R}(x, y) = -0,03y + 0,2xy + 72,6x - 12,9e^x - 34,9 \ln x - 33,5$
	Dla $\Delta_{kz / P\&R} \in (1,4; 2,5)$	

Zgodnie z równaniem 5.51:	
$U_{kz}^{P\&R}(x, y) = -0,1x^2 + 0,3x + 0,1xy - 0,2y^2 + 0,4y + 4,5$	
11	Ostateczna wielkość podróży odbywanych samochodem osobowym
$U_{so} = U'_{so} \left(1 - U_{P\&R}^{so}\right)$	
12	Ostateczna wielkość podróży odbywanych komunikacją zbiorową
$U_{kz} = U'_{kz} \left(1 - U_{P\&R}^{kz}\right)$	
13	Ostateczna wielkość podróży odbywanych w systemie Park and Ride
$U_{P\&R} = U_{so} \cdot U_{P\&R}^{so} + U_{kz} \cdot U_{P\&R}^{kz}$	

Gdzie:

K_{jkz} - uogólniony koszt podróży środkami komunikacji zbiorowej [zł];

K_b - koszt biletu lub udziału abonamentu przypadającego na jedną podróż [zł];

t_{dkz} - czas dojścia do przystanku komunikacji zbiorowej [min];

t_{okz} - czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej [min];

t_{jkz} - czas jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej [min];

t_{odkz} - czas odejścia z przystanku komunikacji zbiorowej [min];

p - ekwiwalentny współczynnik uciążliwości przesiadki [min];

l_p - liczba przesiadek;

k - jednostkowy koszt czasu podróży [zł/min];

K_{jso} - uogólniony koszt podróży odbywanej samochodem osobowym [zł];

K_e - wskaźnik kosztów eksploatacyjnych pojazdu [zł/km];

L - długość trasy przejazdu między źródłem a celem podróży [km];

K_p - koszt parkowania u celu podróży [zł];

t_{dso} - czas dojścia do samochodu osobowego [min];

t_{jso} - czas jazdy samochodem osobowym [min];

t_{szmp} - czas poszukiwania miejsca parkingowego [min];

t_{odso} - czas odejścia z miejsca pozostawienia samochodu do celu podróży [min];

$K_{P\&R}$ - uogólniony koszt podróży w systemie P&R [zł];

$K_{jso}^{doP\&R}$ - koszt jazdy samochodem osobowym ze źródła podróży do parkingu Park and Ride [zł];

K_{ekspl} - wskaźnik kosztów eksploatacyjnych samochodu [zł/km];

l_{ij} - odległość trasy przejazdu od miejsca postoju samochodu do parkingu P&R [km];

$K_{jkz}^{zP\&R}$ - koszt jazdy środkami komunikacji zbiorowej z parkingu Park and Ride do celu podróży i obejmuje koszt biletu oraz ewentualnej dopłaty za korzystanie z systemu Park and Ride [zł];

t_{dso} - czas dojścia do samochodu osobowego [min];

t_{jso} - czas jazdy samochodem osobowym [min];

t_{okz} - czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej [min];

t_{jkz} - czas jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej [min];

t_{odkz} - czas odejścia z przystanku komunikacji zbiorowej [min];

x - iloraz kosztu uogólnionego podróży samochodem osobowym do kosztu uogólnionego podróży w systemie Park and Ride;

y - atrakcyjność lokalizacji parkingu przesiadkowego.

5.8 Przykład aplikacji opracowanego modelu.

Do wyznaczenia podziału zadań przewozowych zgodnie z proponowaną procedurą, przyjęto sytuację ruchową dla jednego z planowanych parkingów P&R w Warszawie - parkingu P&R Włociańska. W rozdziale 4.12.2 określono koszt uogólniony podróży dla relacji, które potencjalnie mogą być realizowane przez parking P&R Włociańska, a wyniki obliczeń przedstawiono na rysunku 4-3 (dla roku prognozy 2008). 1. Przyjęto 2 wariant obliczeniowy, w którym koszt parkowania w centrum jest na poziomie 16 zł (połowa opłaty dziennej), oraz koszt korzystania z systemu Park and Ride na poziomie 2 zł (połowa opłaty dziennej). Przyjęto, że warunki lokalizacji, dostępności, powiązania ze środkami komunikacji zbiorowej i zagospodarowania parkingu będą przeciętne – odnosi się to do zmiennej „atrakcyjność lokalizacji”, która przyjmuje umownie wartość 5. Dla wyznaczonego kosztu uogólnionego podróży i przyjętej wielkości „atrakcyjności lokalizacji” obliczono udział podróży poszczególnymi środkami transportu (załącznik 5-17). Wyniki obliczeń przedstawia tablica 5-29:

Tablica 5-29. Wyznaczony podział zadań przewozowych w ruchu zmotoryzowanym dla potencjalnych relacji korzystających z parkingu P&R Włociańska (dla prognozy z roku 2008).

Potencjalne rejonu ciężenia parkingu P&R Włociańska	Δ_s	$\Delta_{so/P\&R}$	$\Delta_{kz/P\&R}$	U_{so}' [%]	U_{kz}' [%]	$U_{so}^{P\&R}$ [%]	$U_{kz}^{P\&R}$ [%]	Podział zadań przewozowych [%]		
								U_{so}	U_{kz}	$U_{P\&R}$
Boernerowo	0,62	2,13	1,33	62,2	37,8	5,4	5,51	58,8	35,7	5,5
Tarchomin	0,50	1,82	0,90	60,8	39,2	5,0	4,55	57,7	37,4	4,9
Wiśniewo	0,49	1,90	0,94	60,8	39,2	5,1	4,66	57,6	37,4	5,0
Tarchomin	0,48	1,78	0,86	60,6	39,4	5,0	4,42	57,6	37,6	4,8
Choszczówka	0,54	1,72	0,93	61,3	38,7	4,9	4,64	58,3	36,9	4,8
Łomianki	0,49	1,75	0,85	60,7	39,3	4,9	4,41	57,7	37,6	4,7
Nw. Dw. Maz	0,42	1,38	0,58	59,8	40,2	4,4	2,30	57,1	39,3	3,6
Wołomin	0,37	1,40	0,52	59,0	41,0	4,4	2,22	56,4	40,1	3,5
Marki	0,59	1,51	0,90	61,9	38,1	4,6	4,53	59,0	36,4	4,6
Radzymin	0,61	1,42	0,87	62,0	38,0	4,5	4,44	59,3	36,3	4,5
Czosnów	0,59	1,47	0,87	61,9	38,1	4,5	4,46	59,1	36,4	4,5
Legionowo	0,49	1,57	0,77	60,7	39,3	4,7	4,28	57,8	37,6	4,5
Średni udział [%]:						4,8	4,2	58,0	37,4	4,6

Dla przyjętych założeń uzyskano średni udział podróży odbywanych w systemie P&R na poziomie 4,6% (odnosi się to do osób mających możliwość wyboru środka transportu). Wartość może wydawać się nieco zawyżona, ale należy zwrócić uwagę na relacje pomiędzy kosztami uogólnionymi podróży samochodem osobowym i systemem Park and Ride, w których samochód osobowy zawsze wypada mniej korzystnie. Do takiej relacji kosztów może przyczynić się właściwa polityka parkingowa, nakładająca i wymagająca restrykcyjnej egzekucji opłaty za parkowanie w śródmieściu (stanowiło to jedno z założeń niniejszej pracy). Jednakże uzyskany wynik nie odbiega znacząco od wyników osiągniętych w krajach zachodnioeuropejskich.

Uzyskany rezultat można wykorzystać do określenia liczby potencjalnych użytkowników parkingu przesiadkowego. W tym celu wykorzystano dane pochodzące z modelu transportowego dla Warszawy (dla roku prognozy 2008) a opisanego w rozdziale 6.4. Ponieważ opracowany

model odnosi się do osób mających możliwość wyboru środka transportu, a wyniki symulacji dla modelu transportowego obejmują wszystkie podróże, zdecydowano się wydzielić osobno potencjalnych użytkowników P&R spośród podróży odbywanych wyłącznie samochodami osobowymi i wyłącznie komunikacją zbiorową. W tym celu odczytano wielkość natężenie ruchu w wybranym korytarzu prowadzącym do śródmieścia (odcinek ulicy ... przed zjazdem do planowanego parkingu P&R) oraz wielkość potoku pasażerskiego zmierzającego do centrum. W przypadku potoku pasażerskiego otrzymano całkowitą liczbę podróży wszystkich użytkowników komunikacji zbiorowej. Ponieważ nie dysponowano informacją dotyczącą liczby osób mających dostęp do samochodu osobowego w Warszawie, przyjęto, że 10% korzystających z komunikacji zbiorowej to osoby mające dostęp do samochodu. Przyjęto wskaźnik napełnienia samochodu osobowego równy 1,2, co pozwoli wyznaczyć liczbę pojazdów parkujących na parkingu przesiadkowym. Opracowany model podziału zadań przewozowych odnosi się wyłącznie do tej właśnie grupy. Wyniki obliczeń zestawiono w tabelicy 5-30:

Tablica 5-30. Określenie liczby samochodów osobowych korzystających z parkingu przesiadkowego P&R Włociańska w godzinie szczytu porannego.

Liczba potencjalnych użytkowników P&R	Wielkość uzyskana z modelu transportowego dla roku 2008	Udział podróży P&R wśród podróży odbywanych:	Liczba samochodów parkujących na parkingu P&R
Korzystających wyłącznie z samochodów osobowych	3384 s.o.	Samochodem osobowym - 4,8%	162
Korzystających wyłącznie z komunikacji zbiorowej	14 402 osób ↓	Komunikacją zbiorową – 4,2%	50
	1440 osób ma możliwość wyboru środka transportu		
	↓ 1200 s.o.		
Razem:			212

Wyznaczona łączna liczba dojeżdżających samochodów osobowych w ciągu jednej godziny do parkingu przesiadkowego P&R Włociańska wynosi 212. Uzyskana wielkość jest zbliżona do przyjętej w modelowaniu sieciowym (rozdział 6.4), która dla analizowanej lokalizacji wynosiła 200 pojazdów. Potwierdza to dla analizowanego przypadku przyjęte założenie, że możliwe jest zapełnienie 50% pojemności parkingu w ciągu godziny szczytu.

Należy podkreślić, że dla efektywnego wyliczenia podziału zadań przewozowych za pomocą opracowanych formuł, wymagana jest dokładna informacja o liczbie mieszkańców posiadających dostęp do samochodu, a przedstawione wyniki mają raczej charakter poglądowy.

5.9 Podsumowanie i wnioski z rozdziału 5.

W warunkach krajowych problem wydzielenia podróży odbywanych w systemie Park and Ride nie był dotychczas badany. Nie było bowiem poligonu badawczego, dla którego można było opracować model określający wg klasycznej procedury udział podróży P&R. Wyjątek może tutaj stanowić Poznań, w przypadku którego, podczas wykonywania kompleksowych badań ruchu w roku 2000 [41], uwzględniono podróże będące pomimo braku formalnie funkcjonującego systemu P&R odbywane właśnie w tym charakterze. Jednakże z powodu bardzo niewielkiego udziału w ogóle podróży – ok. 0,1% [41] nie analizowano ich szczegółowo. W pracach autorów z krajów Europy Zachodniej zagadnienie to było analizowane między innymi w pracach [3], [48], [2], [66]. Aplikacja tych rozwiązań do warunków krajowych nie jest możliwa z powodu zbioru danych wejściowych ustalanych z uwzględnieniem lokalnej specyfiki zachowań komunikacyjnych użytkowników (np. ich sytuacji materialnej czy świadomości ekologicznej mieszkańców). Wyznaczenie potencjalnej liczby użytkowników systemu Park and Ride stanowi bardzo istotną informację konieczną do określenia potrzebnej wielkości parkingów przesiadkowych. Ma to wpływ na poniesione koszty inwestycyjne związane z wdrażaniem systemu.

Klasyczne modele podziału zadań przewozowych oparte są na wynikach badań zachowań komunikacyjnych, zawierających stwierdzone preferencje użytkowników. Są to najbardziej wiarygodne dane, pozwalające stworzyć model bliski rzeczywistym decyzjom. Można również stworzyć model bazujący na wynikach ankiet stanowiących deklarowane preferencje. W tym przypadku zgodność modelu ze stanem rzeczywistym jest znacznie mniejsza. W przypadku podróży P&R zachodzi poważna obawa, co do jakości udzielanych odpowiedzi związana z brakiem znajomości przez potencjalnych użytkowników zasad działania takiego systemu. Przyczyni się to do udzielania niewłaściwych odpowiedzi i znaczącego spadku dokładności uzyskanego modelu. Zdecydowano wykorzystać do obliczeń właściwości zbiorów rozmytych i wnioskowania rozmytego. Bazując na odpowiedziach ekspertów wartościujących iloraz kosztu uogólnionego podróży opracowano modele wydzielające podróże odbywane w systemie Park and Ride (na etapie ankietowana, w celu zmniejszenia uzyskanego rozrzutu wykorzystano elementy techniki delfickiej). Po podziale podróży odbywanych komunikacją indywidualną i zbiorową, z każdej z tych grup wydziela się potencjalnych użytkowników P&R a ich złożenie daje całkowity udział P&R w podróżach. Weryfikację przyjętej metody przeprowadzono na dostępnych modelach bimodalnego podziału zadań przewozowych, a ponieważ uzyskany model rozmyty wykazywał taki sam charakter jak dostępne modele z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że przyjęta droga jest usprawiedliwiona i otrzymany model multimodalny będzie można wstępnie rekomendować. Największą zaletą opracowanego modelu jest stosunkowo łatwa droga pozwalająca stworzyć i skalibrować układ wnioskujący. Nie wymaga on kosztownych i czasochłonnych badań, a opiera się jedynie na wynikach ankiet eksperckich dając przy tym zadowalające wyniki.

6. Określenie efektów funkcjonalnych systemu Parkuj i Jedź.

6.1 Wstęp.

W przypadku dużych miast, gdzie zwiększenie przekroju ulicznego często jest niemożliwe, wydaje się, że system P&R może być skutecznym sposobem na zwiększenie dostępności obszarów śródmiejskich. Każde wprowadzone rozwiązanie z zakresu infrastruktury drogowej – ulicznej wymaga znalezienia odpowiedzi na pytanie dotyczące potencjalnych korzyści z wprowadzenia inwestycji. Jest to o tyle istotne, że nakłady finansowe związane z tego typu inwestycjami są wysokie a realizacja samej inwestycji wymaga aprobaty społecznej. Do określenia efektywności ekonomicznej przedsięwzięć komunikacyjnych, (do których możemy zaliczyć infrastrukturę systemu Park and Ride) niezbędne jest wyznaczenie ewentualnych korzyści płynących dla użytkownika z tytułu korzystania z nowej lub zmodernizowanej infrastruktury. W przypadku inwestycji drogowych można posłużyć się instrukcją opracowaną przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów [82], zgodnie z którą należy określić:

- a) Koszty eksploatacyjne pojazdów;
- b) Koszty czasu pasażerów pojazdów indywidualnych i autobusów oraz koszty czasu pracy kierowców zawodowych;
- c) Koszty wypadków drogowych;
- d) Koszty uciążliwości dla środowiska.

Koszty należy wyznaczyć dla wariantu bezinwestycyjnego oraz każdego z rozważanych wariantów dla całego założonego okresu perspektywicznego (wiąże się to z wyznaczeniem elementów dających się kwantyfikować takich jak: natężenie ruchu oraz prędkość podróży a w konsekwencji czas). Okres analizy przyjmuje się od następnego roku po oddaniu inwestycji do użytku do 20 roku eksploatacji.

Specyfika funkcjonowania parkingów przesiadkowych wymaga opracowania oddzielnego postępowania uwzględniającego procedury nie objęte w/w instrukcją. Bezpośrednie efekty funkcjonalne wykazują łagodzenie skutków zatłoczenia motoryzacyjnego w analizowanych korytarzach, na ciągu pomiędzy lokalizacją parkingu P&R a śródmieściem. W konsekwencji bezpośrednio efekty funkcjonalne systemu P&R wyrażają się:

- a) Zmniejszeniem natężeń ruchu w przeciążonych korytarzach prowadzących do śródmieścia;
- b) Wzrostem średniej prędkości przejazdu samochodem i autobusem;
- c) Redukcją strat czasu i skrócenia czasu podróży;
- d) Poprawą płynności ruchu;

Najistotniejszym elementem analizy jest fakt, że efektywność parkingów przesiadkowych nie jest widoczna w sposób ciągły. Korzyści z funkcjonowania systemu uwidaczniają się w okresie wypełniania i opróżniania parkingu, a więc w okresie szczytu porannego i popołudniowego. Związane jest to z przyjazdem użytkowników zmierzających do pracy i ich powrotem do domu. W okresie między-szczytowym, wpływ P&R na sytuację ruchową jest znikomy. Przyjmując, że okres trwa w dużych miastach około 2 godzin, dominujący efekt działania systemu w ciągu doby będzie rzędu 4 godzin. W ciągu tego okresu będzie widoczny wpływ potencjalnego zmniejszenia natężenia ruchu (będącego efektem zjeżdżania kierowców do parkingu i odciążenia korytarza drogowego prowadzącego do śródmieścia) w korytarzach drogowych prowadzących do śródmieścia. Uzyskany efekt odciążenia w rzeczywistości nie

nastąpi. Zostanie on wypełniony przez ruch wzbudzony. Uwzględnienie ruchu wzbudzonego jest jednak bardzo trudne i wiąże się z koniecznością przeprowadzenia dodatkowych badań niebędących przedmiotem niniejszej dysertacji. Nieuwzględnienie zmian popytu jest standardowym podejściem przy wyznaczaniu efektywności ekonomicznej rozwiązań drogowych. Wyznaczone korzyści będą odnosić w głównej mierze nie tyle użytkownicy systemu, ale pozostali uczestnicy ruchu drogowego. Korzyści dla osób korzystających z systemu P&R będą wykazane w rozdziale 7.

Reasumując, w celu oceny efektywności funkcjonalnej systemu park and Ride należy dla wariantu bezinwestycyjnego (W0) i inwestycyjnego (WI) wyznaczyć:

- a) Natężenie ruchu i związaną z tym pracę przewozową;
- b) Prędkość przejazdu w korytarzu drogowym;
- c) Czas przejazdu w korytarzu prowadzącym z parkingu do śródmieścia, zarówno środkami komunikacji zbiorowej jak i indywidualnej;

Do wyznaczenia wartości powyższych efektów wykorzystano modele korytarzowe i sieciowe. Dla modeli korytarzowych zastosowano metody analityczne, (oparte na metodach HCM 85 i HCM 2000) i symulacyjne (program do mikrosymulacji komputerowej VISSIM). Analizę sieciową przeprowadzono przy użyciu programu do makrosymulacji komputerowej VISUM.

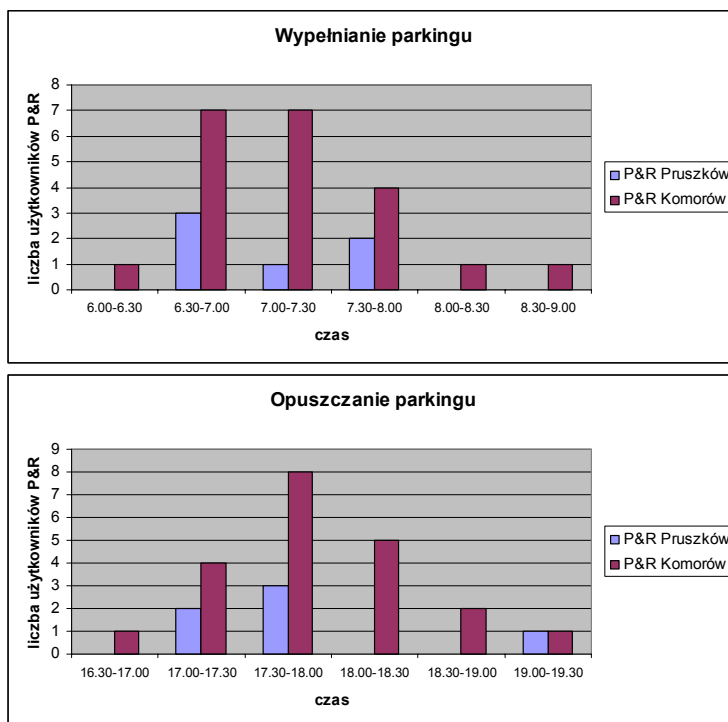
6.2. Analiza korytarzowa ciągu ulicznego z i bez funkcjonującego systemu Park and Ride.

6.2.1. Przyjęte założenia.

Jednym z elementów oceny efektywności funkcjonalnej jest czas przejazdu. Czas przejazdu plasuje się wysoko na liście czynników, jakimi kierowaliby się potencjalni użytkownicy przy wyborze tego sposobu podróżowania [79]. Analizę przeprowadzono na konkretnych przykładach P&R w Krakowie. Jednakże prezentowane podejście ma charakter ogólny. Z dziewiętnastu parkingów P&R w Krakowie proponowanych w opracowaniu [64] do analizy wybrano dwa, kierując się reprezentatywnością lokalizacji pod względem powiązań z układem drogowym i układem komunikacji zbiorowej, uwzględniając potencjalny cel podróży użytkowników systemu (przyjmuje się, że z parkingów P&R korzystają osoby, które chcą dojechać do śródmieścia). Dla każdego parkingu określono korytarz drogowy, na który funkcjonowanie parkingu może mieć największy wpływ i przyjęto następujące założenia (zgodne z raportem współautorskim [64]):

- a) Pojemność parkingu P+R wynika z: wielkości (powierzchni) działki, procentu zajęcia działki na wyłączne cele parkingowe oraz od liczby poziomów parkingu. Uwzględniając dostępną powierzchnię działki i rozwiązanie jednopoziomowe parkingu, ustalono obliczeniową pojemność (p) każdej z lokalizacji na $p=400$ pojazdów. Parkingi tej wielkości zaliczane są do parkingów dużych [80]. W funkcjonujących systemach parkingów P&R w krajach Europy Zachodniej można rozróżnić dwa zasadnicze układy parkingów: duża liczba małych parkingów, rozlokowanych w pobliżu przystanków komunikacji zbiorowej całej aglomeracji (np. Helsinki) lub niewielka liczba parkingów o dużej pojemności położonych w granicach administracyjnych miasta (np. Wiedeń). Drugi układ jest bardziej zbliżony do proponowanego w Krakowie.
- b) Czasokres wypełniania i opróżniania parkingu P&R - prawdopodobnie jedynymi parkingami funkcjonującymi w Polsce na zasadach Park and Ride są parkingi prowadzone przez WKD

w Komorowie i Pruszkowie. Jednakże mają one marginalne znaczenie – w Komorowie zarejestrowano 23 użytkowników a w Pruszkowie tylko 6. Z badań dotyczących czasu napełniania parkingów P&R przeprowadzonych przez autora na tak małej grupie użytkowników wynika, że największa liczba użytkowników przyjeżdża na parking w godzinach 6³⁰ – 8⁰⁵, a opuszczanie parkingów odbywa się między 17⁰⁰ – 19¹⁵. Na rysunku 6-1 przedstawiono strukturę wypełniania się i opuszczania parkingów przez pojazdy.



Rys. 6-1 Histogram wypełniania i opuszczania parkingów przesiadkowych przez użytkowników dla P&R Komorów i P&R Pruszków.

Można przyjąć, że okres ten wynosi przeciętnie 2 godziny, czyli w analizowanym przypadku daje to liczbę średnio 200 pojazdów wjeżdżających na parking P&R w godzinie szczytu. Przekłada się to obliczeniowo na zmniejszenie potoku ruchu w przekroju krytycznym o wskazaną wartość. Dla Krakowa długość okresu szczytu porannego trwa 2 godziny. Chłonność parkingów P&R pozostaje bez zmian w całym okresie analizy.

- c) Przyjęto również założenie o niezmienności sumarycznego popytu na podróże. Oznacza to, że zmniejszenie potoku ruchu pojazdów i związana z tym faktem poprawa warunków ruchu nie spowoduje zwiększenia liczby podróży samochodowych o dodatkowych użytkowników, którzy w sytuacji pierwotnej nie skorzystaliby z samochodu.
- d) W analizowanych korytarzach zidentyfikowano liczbę i rodzaj skrzyżowań (zgodnie ze stanem rzeczywistym) oraz rodzaj sygnalizacji świetlnej. Na podstawie informacji uzyskanych w Zarządzie Dróg i Komunikacji (ZDiK) w Krakowie ustalono, że na ciągu parkingu Krak funkcjonuje sygnalizacja akomodacyjna (jednak z uwagi na duże natężenie ruchu pracująca jako stałoczasowa, co przyjęto do analiz) bez synchronizacji a na ciągu parkingu Północ funkcjonuje sygnalizacja stałoczasowa, zsynchronizowana.
- e) W obliczeniach wykorzystano programy poszczególnych sterowników sygnalizacji (udostępnione przez ZDiK).
- f) Bazowano na pomiarach natężeń ruchu wykonanych przez ZDiK w Krakowie w roku 2002 i 2003 w godzinie szczytu porannego w przeciętnym dniu roboczym na wybranych

przekrojach. Wyznaczono natężenia ruchu na okres prognostyczny do roku 2025. Do prognozowania przyjęto średnioroczny wskaźnik wzrostu wynoszący 1,02.

- g) Założono również, że istniejąca infrastruktura drogowa w okresie analizy nie będzie rozbudowywana w zakresie mogącym mieć istotny wpływ na funkcjonowanie ciągu.

6.2.2. Model analityczny – wg. HCM 85.

Proponowane podejście ma na celu porównanie czasu przejazdu badanego odcinka przy natężeniu ruchu w warunkach, kiedy system P+R nie działa, z czasem przejazdu po przejęciu części ruchu przez parking P&R [64]. Do wyznaczenia czasu przejazdu odcinka przyjęto model opracowany przez U.S. Bureau of Public Roads – HCM 85 [25]. Parametry modelu zostały dla warunków polskich skalibrowane przez [10]. Czas przejazdu opisany jest formułą określoną dla odpowiedniej kategorii ulicy:

- dla odcinka ulicy o klasie G 2x2:

$$t_i = t_0 \left[1 + 0,17 \left(\frac{q}{0,56q_{\max}} \right) \right] \quad (6.1)$$

- dla odcinka ulicy o klasie G 1x2:

$$t_i = t_0 \left[1 + 0,2 \left(\frac{q}{0,58q_{\max}} \right) \right] \quad (6.2)$$

gdzie:

- t_i – czas przejazdu obciążonego odcinka sieci (godz.);
- t_0 – czas przejazdu odcinka w ruchu swobodnym nieobciążonego ruchem (godz.);
- q – natężenie ruchu (poj/godz);
- q_{\max} – natężenie krytyczne dla poziomu swobody ruchu C (poj/godz).

Dla porównania warunków ruchu w przypadku z funkcjonującym parkingiem i bez funkcjonującego parkingu P&R, przyjęto wartości natężeń q równe:

$$q_1 = q - \frac{1}{2}p \quad \text{- dla przypadku funkcjonowania parkingu P\&R}$$

gdzie p oznacza pojemność analizowanego parkingu P&R;

$$q_2 = q \quad \text{- dla przypadku bez funkcjonującego parkingu P\&R.}$$

6.2.3 Aplikacja modelu dla wybranych lokalizacji proponowanego systemu parkingów P&R w Krakowie.

Do analizy wybrano dwie lokalizacje parkingów i wskazano odpowiadające im korytarze oraz ustalono przekroje krytyczne, uwzględniając potencjalny cel podróży użytkowników systemu (przyjmuje się, że z parkingów P&R korzystają osoby, które chcą dojechać do śródmieścia). Parkingi zostały tak dobrane, aby każdy reprezentował grupę parkingów obsługiwanych przez różny środek komunikacji zbiorowej. Wybrane parkingi to:

1. Parking „Krak” (nr 1) – parking obsługiwany przez planowaną SKM; jako odcinek krytyczny z racji znacznych utrudnień w ruchu, wskazano ul. Czarnowiejską (między ul. Kijowską a Al. Mickiewicza) - rysunek 6-2

2. Parking „Północ” (nr 5) – parking obsługiwany planowaną linią tramwajową; jako odcinek krytyczny przyjęto Al. 29 Listopada (między ul. Opolską a ul. Prandoty) – rysunek 6-2.



Park and Ride „KraK”

Park and Ride „Północ”

Rys. 6-2 Odcinki krytyczne dla parkingów P&R „KraK” i P&R „Północ”.

Zaproponowane fragmenty ulic stanowią najbardziej obciążone odcinki korytarza łączącego wskazane lokalizacje parkingów ze śródmieściem, a przy tym założono (osłabia to rzeczywistą efektywność systemu Park and Ride), że ruch na pozostałych odcinkach korytarza odbywa się bez większych zakłóceń. Sklasyfikowano analizowane odcinki ulic jako G2x2 dla Al. 29 Listopada, natomiast ul. Czarnowiejską podzielono na dwie części: I - odcinek od ul. Zarzeczce do ul. Piastowskiej G2x2 (na rysunku. 6-2 kolor czerwony), II – odcinek od ul. Piastowskiej do al. Mickiewicza G1x2 (na rysunku.6-2 kolor żółty).

Do obliczeń przyjęto następujące wartości wejściowe:

- średnia prędkość podróży w ruchu swobodnym, dla ulic klasy G przyjęto 29 km/h;
- czas przejazdu odcinków (t_0) wyznaczono uwzględniając założoną prędkość podróży w ruchu swobodnym i długość korytarza,
- długość analizowanych odcinków: 1320m – dla korytarza P&R PÓLNOIC (Al. 29 Listopada), 890m - odcinek I korytarza P&R KRAK (ul. Armii Krajowej) i 760m – odcinek II korytarza P&R KRAK (ul. Czarnowiejska);
- natężenia krytyczne wyznaczono zgodnie ze wzorem 6.3 [.10]:

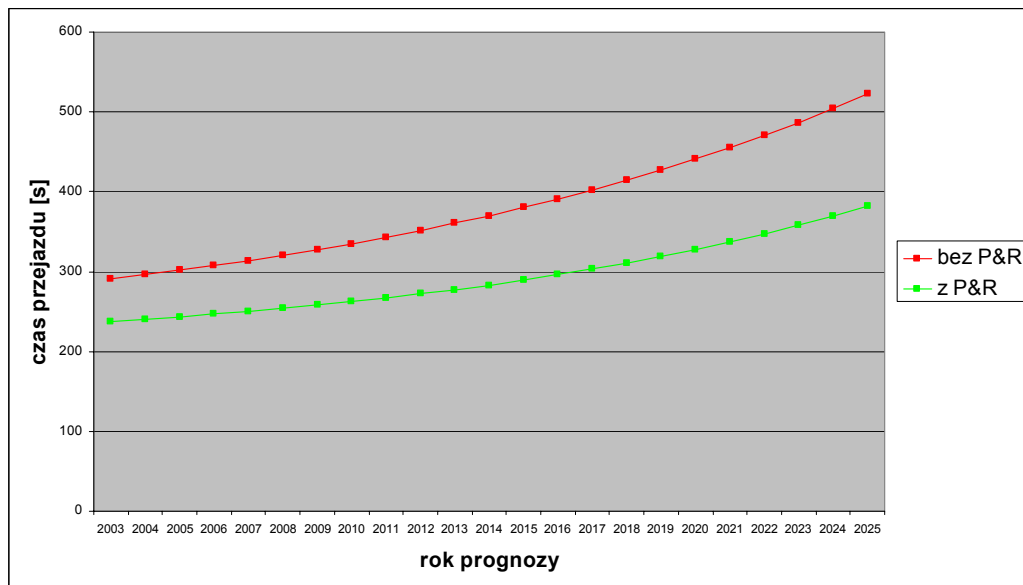
$$q_{\max} = Q_i N \left(\frac{t_z}{T} \right) \quad (6.3)$$

gdzie:

- q_{\max} – natężenie krytyczne odcinka, dla danego poziomu swobody ruchu (poj/godz/kier);
- Q_i – natężenie krytyczne dla pasa ruchu dla danego PSR, bez uwzględnienia wpływu skrzyżowań (poj/godz/pas). Przyjmując poziom swobody ruchu C, dla założonej kategorii korytarza wartość natężenia krytycznego ustalono na poziomie 1 400 poj/godz/pas (zgodnie z [.10]);
- N – liczba pasów ruchu;

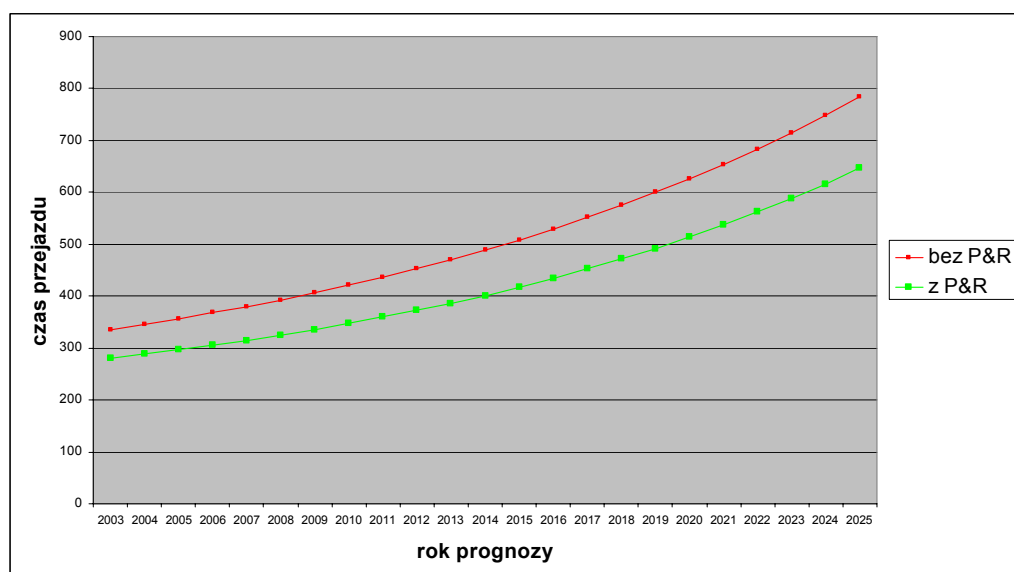
$\frac{t_z}{T}$ – współczynnik korygujący dla ciągów ulicznych o ruchu przerywanym – stosunek długości światła zielonego do długości cyklu.

Zgodnie ze wzorami 6.1 i 6.2 wyznaczono czas podróży dla analizowanych lokalizacji parkingów P&R dla wariantów z i bez funkcjonującego parkingu P&R. W przypadku parkingu P&R Krak, podano sumaryczny czas podróży w całym korytarzu. Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunkach 6-3 i 6-4:



Rys. 6-3. Czas przejazdu analizowanego odcinka dla korytarza P&R KRAK

Dla korytarza drogowego parkingu P&R KRAK zmniejszenie natężenia ruchu związane z funkcjonowaniem parkingu przesiadkowego jest widoczne już od pierwszego okresu analizy (skrócenie czasu przejazdu o 18%). Wraz ze wzrostem natężenia ruchu oszczędności zwiększają się do 27% w roku 2025.



Rys. 6-4. Czas przejazdu analizowanego odcinka dla korytarza P&R PÓLNOĆ

W przypadku korytarza drogowego P&R PÓLNOC, można zaobserwować wyraźną różnicę w czasach przejazdu dla obu przypadków, nieprzekraczającą 18%, jednakże w kolejnych latach nie występuje tutaj znaczący wzrost oszczędności czasu przejazdu.

6.2.4 Wnioski z zastosowania metody HCM 85.

Wzrost oszczędności czasu przejazdu w kolejnych latach okresu analizy może potwierdzać fakt, że wraz ze wzrostem nasycenia, zmniejszenie natężenia ruchu o tę samą wartość przynosi większe oszczędności czasowe.

Proponowane podejście cechuje się niewielką liczbą potrzebnych parametrów wejściowych oraz prostotą obliczeń. Jest to podejście w wysokim stopniu ogólne i dające w efekcie przybliżone rozwiązanie. Może być stosowane w sytuacji, gdy zaistnieje potrzeba przeprowadzenia szybkiej analizy, a wyniki mogą mieć charakter poglądowy.

6.2.5. Model analityczny – wg. HCM 2000.

Celem analizy jest oszacowanie czasu przejazdu odcinka obciążonego prognostycznym natężeniem ruchu uwzględniając straty czasu na skrzyżowaniach, oraz porównanie go z czasem przejazdu odcinka po zmniejszeniu natężenia ruchu związanego z funkcjonowaniem parkingu P&R. Podczas obliczeń rozważano relacje prowadzące wzdłuż rozpatrywanego korytarza oraz poprzeczne w stosunku do niego (dopływy boczne). Obliczenie czasu przejazdu odcinka wiąże się z wyznaczeniem strat czasu na skrzyżowaniach (uwzględniając wpływ relacji przeciwnej na przepustowość poszczególnych wlotów) i czasu przejazdu odcinków międzywęzłowych. Obliczenia strat czasu zostały przeprowadzone na podstawie procedury przedstawionej w instrukcji Highway Capacity Manual 2000 [24].

Pierwszy krok to ustalenie grupy pasów na poszczególnych wlotach, dla których będzie obliczona przepustowość. Po zdefiniowaniu grup pasów należy wyznaczyć natężenie nasycenia relacji - wzór (6.4):

$$s = s_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \quad (6.4)$$

gdzie:

s_0 – natężenie nasycenia w warunkach idealnych (przyjęto 1900 poj/h);

N – liczba pasów ruchu w grupie;

f_w – szerokość pasa ruchu różną od 3,6m;

f_{HV} – strukturę rodzajową potoku ruchu;

f_g – pochylenie wlotu;

f_p – wpływ parkowania;

f_{bb} – blokowanie ruchu przez autobusy;

f_a – lokalizację skrzyżowań;

f_{LU} – wykorzystanie pasów ruchu;

f_{LT} – relacje skątne w lewo;

f_{RT} – relacje skątne w prawo;

f_{Lpb} – wpływ ruchu pieszego na skęty w lewo;

f_{Rpb} – wpływ ruchu pieszego na skęty w prawo.

Przy obliczaniu współczynników korygujących uwzględniono rzeczywiste uwarunkowania występujące na poszczególnych wlotach:

- Liczbę i szerokość pasów ruchu oraz pochylenie wlotów przyjęto na podstawie dostępnych podkładów mapowych w skali 1:500;
- Strukturę rodzajową pojazdów określono na podstawie wyników pomiarów natężeń ruchu; wpływ parkowania związany jest z możliwością pozostawienia pojazdu w rejonie skrzyżowania i częstotliwością takich manewrów. Został on oszacowany na podstawie wizji w terenie;
- Wpływ blokowania ruchu przez autobusy uwzględnia się, jeżeli przystanki zlokalizowane są w odległości mniejszej niż 75m od analizowanego skrzyżowania. W przypadku wystąpienia takiej sytuacji, liczbę autobusów wyznaczono na podstawie rozkładu jazdy odpowiednio do godziny analizy;
- Tylko w dwóch przypadkach pojawiła się konieczność określenia stopnia wykorzystania każdego z dwóch pasów ruchu. W takim przypadku przyjęto wartość jak dla warunków przeciętnych zgodnie z [24];
- Na wszystkich skrzyżowaniach, na których analizowano relacje skrętów w lewo realizowanych w fazie kolizyjnej, zastosowano oddzielną procedurę wg HCM 2000, zróżnicowaną w zależności od rodzaju wlotu przeciwnego (jednopasowy lub wielopasowy);
- Wpływ relacji prawoskrętnych został oszacowany w zależności od relacji możliwych na pasie do skrętu w prawo (pas wspólny z relacją na wprost, wydzielony, pojedynczy) oraz od udziału pojazdów skręcających w prawo;
- Wpływ ruchu pieszego i rowerowego na relacje skrętne określono na podstawie pomierzonego natężenia ruchu pieszego i procedury przedstawionej w [24].

Po wyznaczeniu natężenia nasycenia s , przepustowość c grupy pasów można obliczyć ze wzoru:

$$c = s \left(\frac{g}{C} \right) \quad (6.5)$$

gdzie:

- s – natężenie nasycenia;
- g – efektywna długość światła zielonego;
- C – długość cyklu.

Najistotniejszym składnikiem czasu przejazdu odcinka są straty czasu na skrzyżowaniach. Można wyróżnić trzy rodzaje strat czasu:

- d_1 – regularna strata czasu – występująca przy stabilnym dopływie potoków ruchu do skrzyżowania;
- d_2 – losowa strata czasu, uwzględniająca czynnik losowy w dopływie potoków ruchu;
- d_3 – strata czasu związana z występowaniem kolejki na początku analizowanego okresu (tej straty czasu nie uwzględniono w obliczeniach, ponieważ w okresie poprzedzającym analizowaną godzinę szczytu założono, że nie występuje kolejka, co zostało potwierdzone zgrubnie obserwacjami).

Regularna strata czasu d_1 może być wyznaczona wzorem:

$$d_1 = \frac{0,5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C} \right]} \quad (6.6)$$

gdzie:

$\frac{g}{C}$ - udział efektywnego sygnału zielonego g w cyklu C ;
 X - stopień obciążenia wlotu:

$$X = \frac{v}{c} \quad (6.7)$$

gdzie:

v - natężenie ruchu poszczególnych relacji;
 c - przepustowość wlotu, zgodnie z równaniem 6.5.

Losową stratę czasu d_2 oblicza się na podstawie wzoru:

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right] \quad (6.8)$$

gdzie:

T - długość analizowanego okresu;
 k - współczynnik uwzględniający rodzaj sygnalizacji świetlnej (dla sygnalizacji stałoczasowej $k=1,0$);
 I - przyjęty współczynnik uwzględniający losowość przyjazdu grupy pojazdów z kierunku przeciwnego, w zależności od stopnia obciążenia następnego skrzyżowania.

Zatem w rozpatrywanym przypadku, całkowita strata czasu będzie sumą regularnej i losowej straty czasu (6.9):

$$d = d_1(PF) + d_2 \quad (6.9)$$

gdzie:

d - całkowita strata czasu;
 PF - współczynnik uwzględniający wpływ koordynacji skrzyżowań na regularne straty czasu. Wartość PF wyznacza się na podstawie wzoru:

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{\left(1 - \frac{g}{C}\right)} \quad (6.10)$$

gdzie:

P - udział pojazdów przyjeżdżających podczas trwania światła zielonego;
 f_{PA} - współczynnik uwzględniający typ dopływu pojazdów.

Kolejną składową, jaką należy wyznaczyć jest czas przejazdu odcinka między skrzyżowaniami T_R [s/km]. Jest on uzależniony od prędkości w ruchu swobodnym i długości odcinka. Czas przejazdu w analizowanym korytarzu będzie sumą strat czasu na wszystkich skrzyżowaniach i czasów przejazdu odcinków między skrzyżowaniami. Całkowity czas przejazdu można zatem zapisać:

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i + T_{Ri}) \quad (6.11)$$

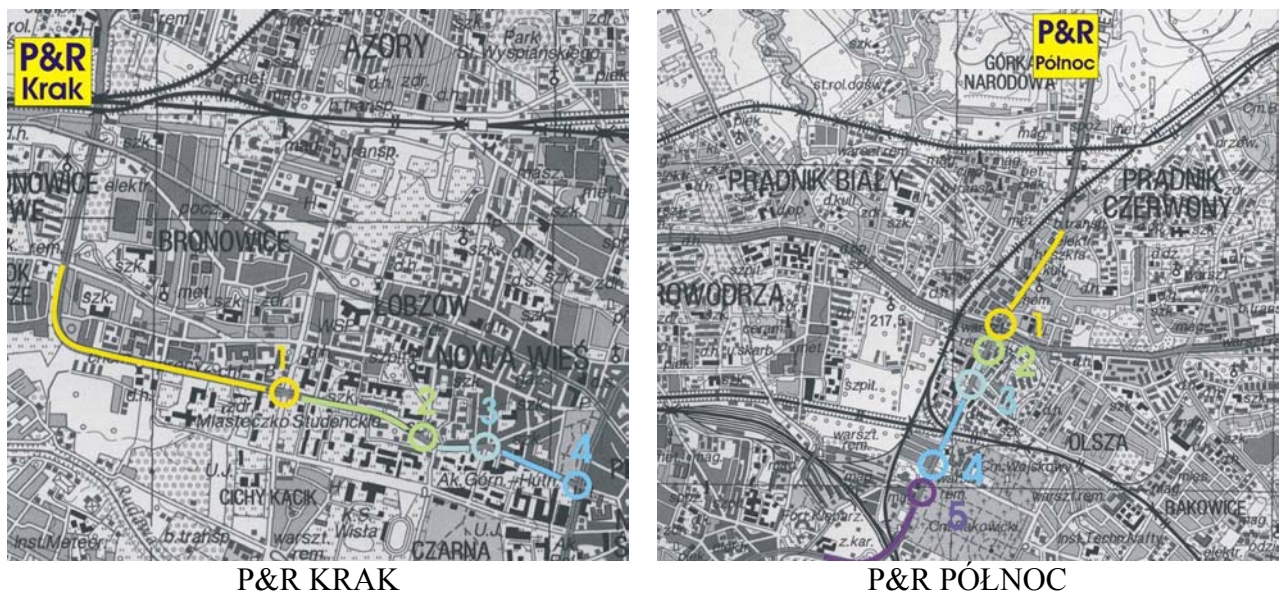
gdzie:

n – liczba skrzyżowań

Analizowany korytarz stanowi zamknięty układ składający się z drogi umownie przyjętej jako nadrzędna, będącej osią ciągu i dróg podrzędnych, które występują w postaci wlotów na skrzyżowaniach. Natężenie ruchu na wlocie nadrzędnym do następnego skrzyżowania będzie sumą pojazdów przejeżdżających wcześniejsze skrzyżowanie w relacjach: na wprost, w prawo – z wlotu położonego po prawej stronie ciągu i w lewo – z wlotu położonego po lewej stronie ciągu. Należy dodać, że w przypadku gdyby prognozowane natężenie było większe od przepustowości dowolnej relacji, jako liczbę pojazdów przekraczających wcześniejsze skrzyżowanie przyjęto wartość równą przepustowości przeciążonego wlotu (ruchu na wylotach skrzyżowań). Obliczenia zostały wykonane na okres perspektywiczny (do 2025 roku, zwiększając rocznie natężenie ruchu na wlotach o założony wskaźnik wzrostu równy 2%) w dwóch przypadkach: bez funkcjonującego parkingu P&R i w przypadku, gdy taki parking funkcjonuje. Działający parking P&R powoduje zmniejszenie natężenia ruchu na kierunku do centrum o 200 poj/h (wielkość wynika z założonej chłonności parkingu).

6.2.6 Aplikacja modelu.

Podobnie jak w przypadku analizy wg HCM 85 przyjęto te same korytarze uliczne dla parkingów P&R „Krak” i P&R „Północ”. W ciągu drogowym parkingu „Krak” analizowano sytuację ruchową na czterech skrzyżowaniach, a w przypadku parkingu „Północ” na pięciu. Uwzględniając odcinki między skrzyżowaniami uzyskano ciąg drogowo-uliczny o długości 1650 m - dla korytarza P&R Krak i 1320 m – dla korytarza P&R Północ. Aby ułatwić interpretację wyników, każde skrzyżowanie zostało ponumerowane. Przyjętą numerację dla badanych korytarzy prezentuje rysunek 6-5:

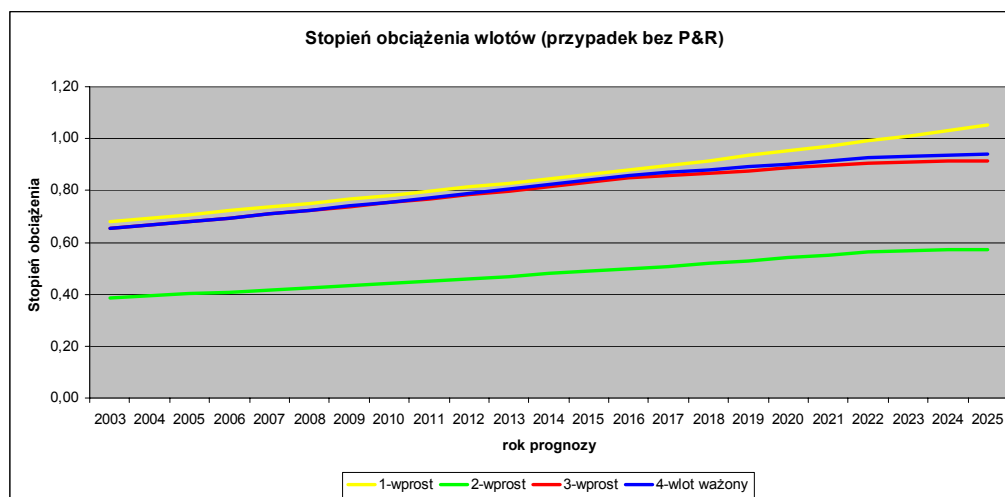


Rys. 6-5 Numeracja analizowanych skrzyżowań dla parkingów P&R Krak i Północ.

6.2.7 Analiza stopnia obciążenia skrzyżowań.

a) Korytarz drogowy parkingu P&R Krak.

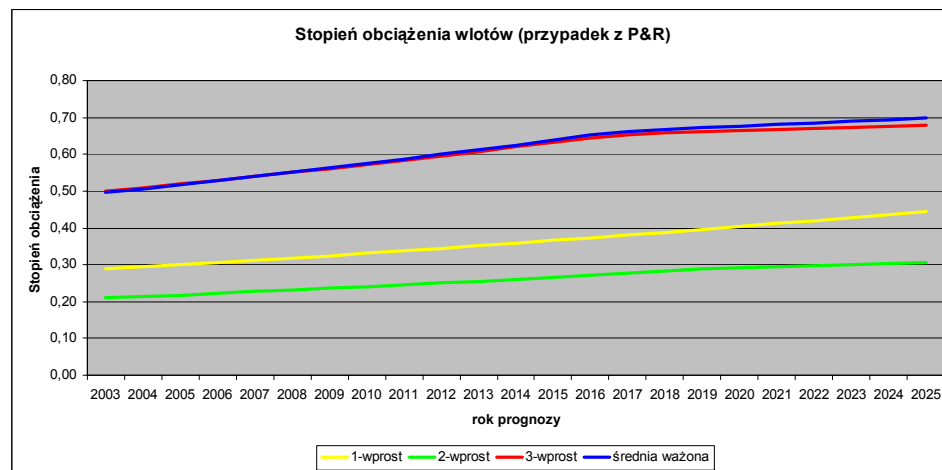
Podstawowym parametrem opisującym sytuację ruchową na skrzyżowaniu jest stopień obciążenia, który jest stosunkiem natężenia ruchu na wlocie do jego przepustowości. Wyznaczono stopnie obciążeń dla poszczególnych lat okresu prognostycznego w dwóch przypadkach – bez i z parkingiem przesiadkowym. Należy zaznaczyć, że analizowano jedynie wloty położone na nadrzędnym kierunku ciągu w stronę centrum, a dla skrzyżowania nr 4 uwzględniono stopnie obciążeń wszystkich relacji, podając jako wynik średnią ważoną, gdzie wagą było natężenie ruchu poszczególnych relacji. Inny sposób uwzględnienia skrzyżowania nr 4 był spowodowany jego lokalizacją. Położenie na końcu ciągu ulicznego oraz bliskość centrum powoduje, że w zasadzie każda relacja dokonana na tym skrzyżowaniu może prowadzić do śródmieścia, co wymusza uwzględnienie jej w obliczeniach. Rys. 6-6 prezentuje zestawienie stopni obciążenia skrzyżowań w przypadku braku funkcjonującego parkingu.



Rys. 6-6. Stopień obciążenia wlotów na poszczególnych skrzyżowaniach ciągu ulicznego P&R KRAK, przypadek - bez parkingu.

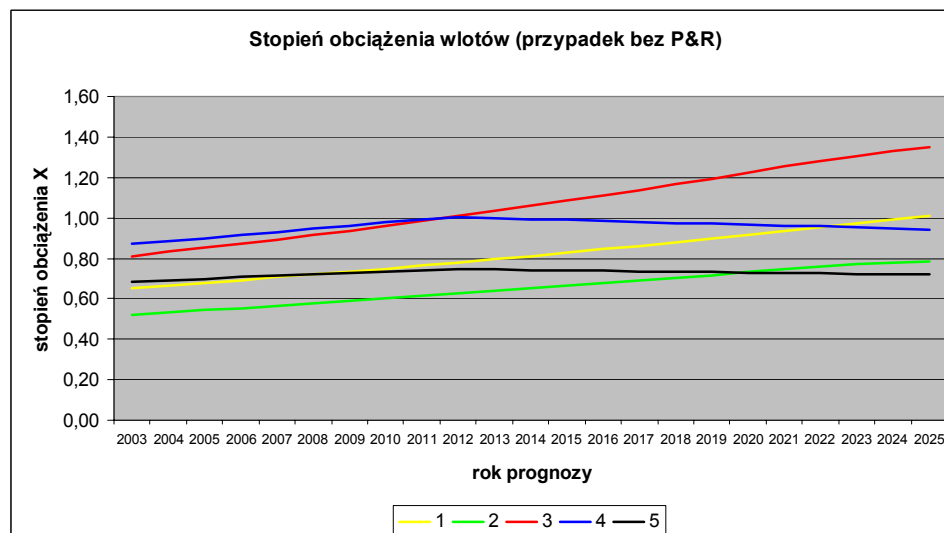
Można zauważyć wysoki poziom stopnia obciążenia skrzyżowań nr 1, 3 i 4, co pociąga za sobą duże straty czasu. Założony wzrost natężenia ruchu, spowoduje wyczerpanie przepustowości skrzyżowania nr1 w roku 2023. Zmniejszony przyrost stopnia obciążenia na skrzyżowaniach nr 2, 3 i 4 od roku 2023 jest spowodowany stałym dopływem pojazdów z wcześniejszego skrzyżowania równym jego przepustowości.

W przypadku funkcjonowania parkingu P&R Krak, sytuacja ruchowa ulega znacznej poprawie, zwłaszcza na skrzyżowaniu nr 1 i 2 – (rysunek 6-7). Mniejszy przyrost stopnia obciążenia skrzyżowań nr 3 i 4 od roku 2017, jest powodowany przekroczeniem przepustowości wlotów podrzędnych i w efekcie ustabilizowania się dopływu z tych wlotów do ich przepustowości.



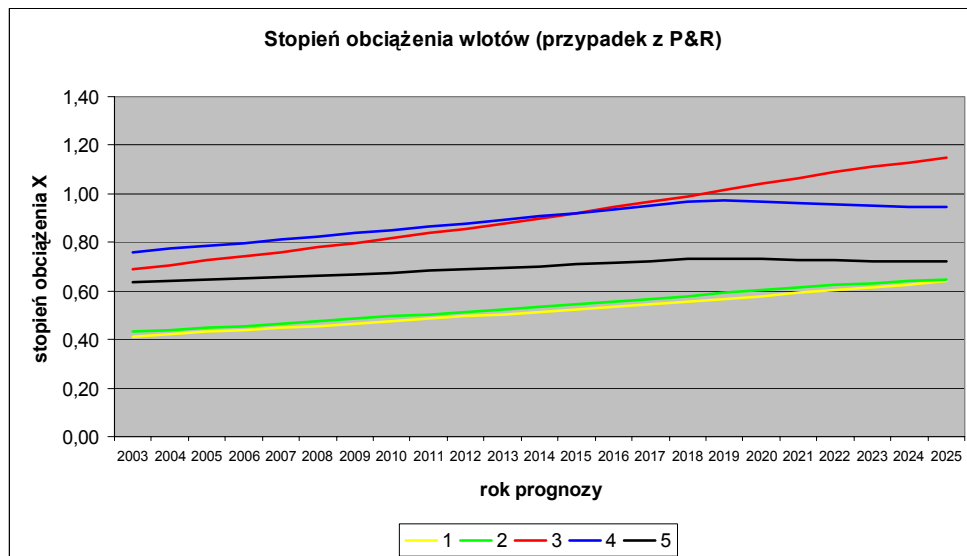
Rys. 6-7. Stopień obciążenia wlotów na skrzyżowaniach nr 1-5 ciągu ulicznego P&R KRAK, przypadek z funkcjonującym parkingiem.

b) Korytarz drogowy parkingu P&R Północ.



Rys. 6-8 Stopień obciążenia wlotów na poszczególnych skrzyżowaniach ciągu ulicznego P&R Północ, przypadek - bez parkingu.

Od roku 2012 obciążenie wlotów na skrzyżowaniu nr 3 osiągnie wartość równą przepustowości. Oznacza to, że liczba pojazdów dojeżdżających do następnego skrzyżowania nie będzie już wzrastała. Można nawet zauważyć, nieznaczną poprawę warunków ruchowych (malejąca wartość stopnia obciążenia skrzyżowania nr 4). Jest to spowodowane zmniejszeniem się liczby pojazdów skręcających w lewo z ulicy podrzędnej na skrzyżowaniu nr 3 (w tej relacji, pomimo zwiększenia się liczby pojazdów wynikłego z przyjętego wskaźnika wzrostu, przez skrzyżowanie może przejechać liczba pojazdów równa przepustowości tej relacji. Przepustowość ta ulega jednak zmniejszeniu, na co wpływ ma wzrost natężenia ruchu z kierunku przeciwnego, wyrażony współczynnikiem f_{LT} . Sytuacja ulega wyraźnej poprawie, gdy założymy funkcjonowanie parkingu przesiadkowego i związane z tym zmniejszenie natężenia ruchu o 200 poj/h (wynikająca z przyjętej pojemności parkingu Północ). Rysunek 6-9 przedstawia stopnie obciążenia analizowanych wlotów.



Rys. 6-9 Stopień obciążenia wlotów na skrzyżowaniach nr 1-5 ciągu ulicznego P&R Północ, przypadek - z funkcjonującym parkingiem.

Skrzyżowanie nr 3 wykazuje wyczerpanie przepustowości dopiero w roku 2019. Również w tym przypadku można zauważyć ustabilizowanie się potoków pojazdów na wlotach skrzyżowań nr 4 i 5. Zmniejszenie się stopnia obciążenia tych skrzyżowań można tłumaczyć analogicznie do poprzedniego przypadku.

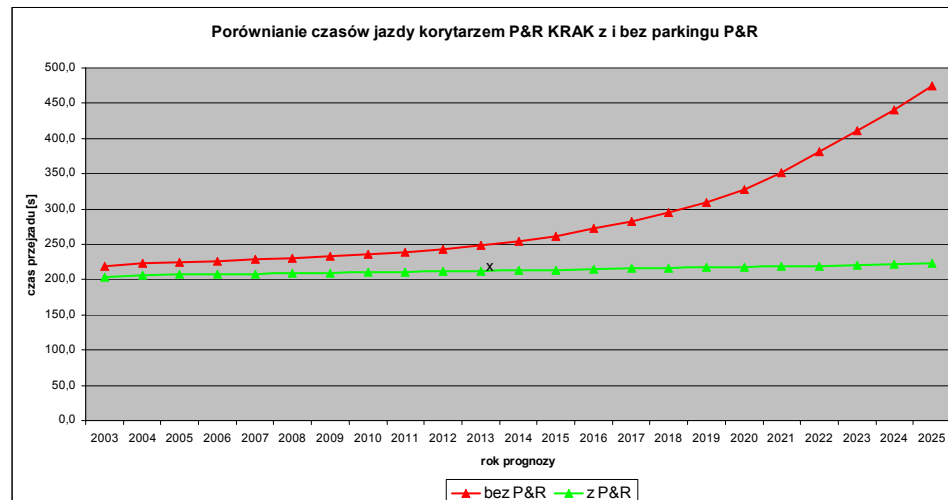
6.2.8 Analiza czasu przejazdu ciągu drogowego.

a) Korytarz drogowy parkingu P&R Krak

Podstawowym celem zastosowania metody jest wyznaczenie czasu przejazdu całego ciągu. Wyznaczono czas przejazdu w całym okresie prognostycznym (rysunek 6-10). O ile w pierwszej części okresu, różnica w czasie przejazdu między sytuacją z i bez P&R jest stosunkowo niewielka (dla roku 2015, jest to o 19% więcej) to już w roku 2025 różnica jest znacząca – wydłużenie czasu podróży jest równe 53%. Szybszy przyrost czasu przejazdu jest wynikiem pogarszających się warunków ruchu na skrzyżowaniach, co w wyniku przekłada się na wzrost strat czasu. Ponadto dla przypadku z funkcjonującym parkingiem, czas jazdy w korytarzu, przez cały okres prognostyczny praktycznie nie uległ zmianie – 203 s w roku 2003 i 222 s w roku 2025, co daje wydłużenie czasu przejazdu o 9%.

Podjęto próbę weryfikacji uzyskanych wyników dla korytarza parkingu P&R Krak poprzez przeprowadzenie jazd testowych. Łącznie wykonano 12 przejazdów korytarza w kierunku do centrum w godzinie szczytu porannego. Pomiary przeprowadziło dwóch obserwatorów różnymi samochodami. Średni czas przejazdu odcinka wyniósł 311 s, (przy czym zaobserwowano tutaj stosunkowo dużą wartość odchylenia standardowego równą 65 s). Wykonano parametryczny test istotności dla średniej, w którym przyjęto poziom istotności $\alpha=0,1$. Ponieważ wyznaczona statystyka testu $|t| = 5,35$ jest większa od wartości krytycznej $t_{\alpha}=1,79$, co oznacza istotną rozbieżność wyników. Jednakże należy zaznaczyć, że pomiary, których wyniki wykorzystano w analizie były przeprowadzone w roku 2002, natomiast jazdy próbne przeprowadzono w roku 2004. Istotna różnica w czasach przejazdu może wynikać z innej wielkości potoku pojazdów w korytarzu oraz z wpływu czynników losowych. Zbliżone wyniki do metody analitycznej, dla tej samej bazy danych uzyskano natomiast w metodzie symulacyjnej. Pełna weryfikacja modeli

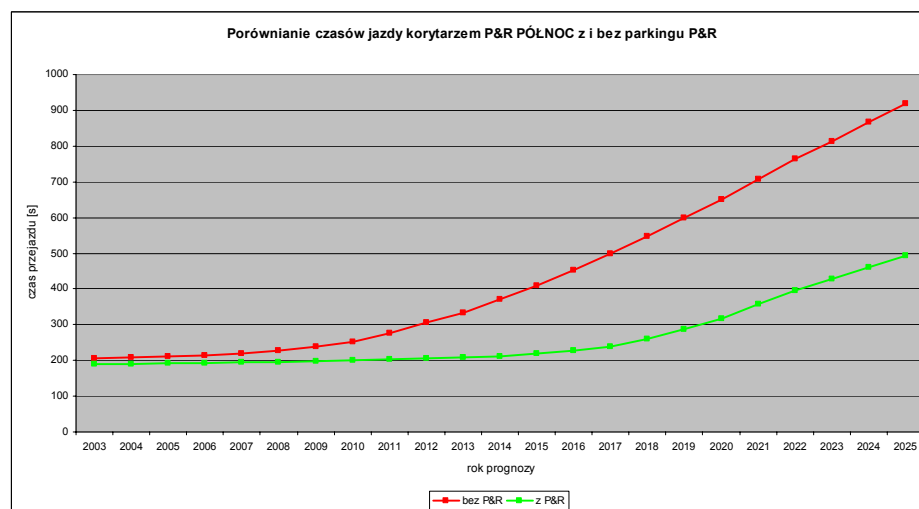
wymaga szerszej bazy pomiarowej i uzyskania danych wyjściowych dla w pełni porównywalnych warunków.



Rys. 6-10. Porównanie czasów przejazdu ciągu ulicznego dla P&R KRAK, z i bez funkcjonującego parkingu.

b) Korytarz drogowy parkingu P&R Północ.

Podobnie jak w przypadku parkingu P&R KRAK, wyznaczono czas przejazdu dla przypadku bez i z funkcjonującym parkingiem. Rysunek 6-11 przedstawia porównanie czasów przejazdów poszczególnych wariantów:



Rys. 6-11 Porównanie czasów przejazdu ciągu ulicznego dla P&R Północ, z i bez funkcjonującego parkingu

Można zauważyć, że wyraźny przyrost czasu przejazdu rozpoczyna się wcześniej niż w przypadku parkingu Krak, bo już w roku 2009 i wykazuje znacznie większą dynamikę. W roku 2015 czas jazdy wydłużył się dwukrotnie (dla korytarza P&R Krak, tak duży wzrost był notowany dopiero w roku 2023). Całkowity czas przejazdu na końcu badanego okresu wzrósł prawie 4,5-krotnie, podczas gdy dla P&R Krak dwukrotnie. W sytuacji, gdy parking przesiadkowy będzie funkcjonował, czas przejazdu ulega skróceniu, lecz z powodu przeciążenia układu drogowego w tym przypadku, od roku 2017 daje się zauważyć szybki przyrost wartości. Pomimo wydłużenia czasu przejazdu, oszczędności czasowe związane z funkcjonowaniem parkingu są znaczne – 920 s (bez P&R) i 493 s (z P&R). Znaczny przyrost czasu przejazdu po

roku 2017 wynika z wyczerpania przepustowości skrzyżowań na ciągu, co jest również widoczne na rysunku 6-9.

6.2.9 Wnioski z zastosowania metody HCM 2000.

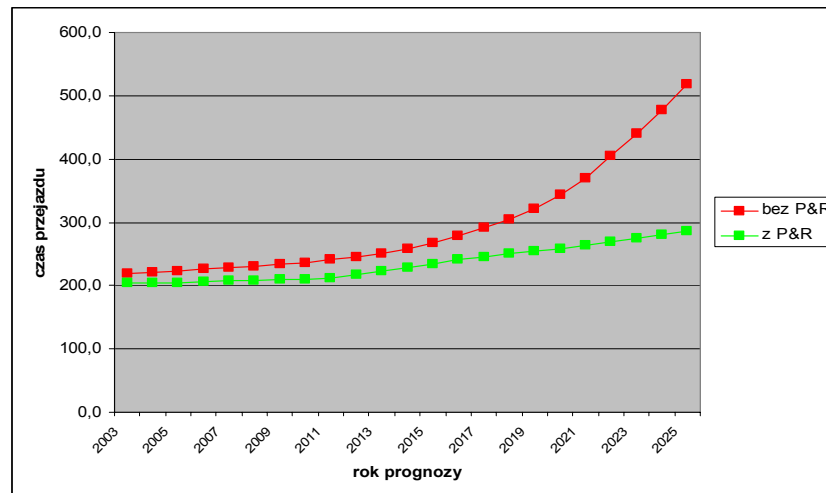
Metoda HCM 200 jest metodą bardzo złożoną i wymaga rozbudowanej bazy danych, co może być traktowane jako wada. Jednakże uwzględniając wszystkie elementy funkcjonującego korytarza drogowego, daje dość dokładny obraz sytuacji ruchowej i jej wpływu na wyznaczony czas przejazdu.

Oszczędności w czasie jazdy korytarzem drogowym z parkingiem P&R są zależne od natężenia ruchu. Można zauważyć, że w przypadku analiz dla krótkiego okresu prognostycznego oszczędności czasu nie są znaczące – skrócenie czasu przejazdu o 10% (dla P&R Północ) i 9% (dla P&R Krak) w roku 2003. Natomiast w dalszej perspektywie, przy dużym wzroście natężenia, oszczędności czasowe są już wyraźne: skrócenie czasu przejazdu o 46% (P&R Północ) i 53% (P&R Krak) w roku 2025.

6.2.10 Metoda symulacyjna z wykorzystaniem programu VISSIM.

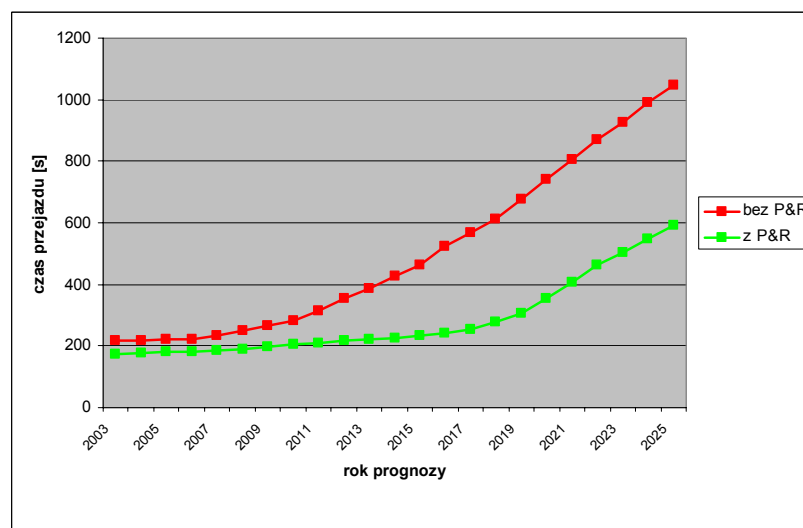
Program VISSIM (opracowany przez firmę PTV z Karlsruhe) umożliwia przeprowadzenie symulacji obciążenia układu drogowego ruchem ulicznym, uwzględniając z wysokim stopniem dokładności stan infrastruktury drogowej, a w szczególności: rozwiązania geometryczne - liczbę i szerokość pasów ruchu, ukształtowanie sytuacyjno - wysokościowe korytarza drogowego, rodzaj skrzyżowań, rodzaj sygnalizacji świetlnej, liczbę przejść dla pieszych. Założono niezmiennosc organizacji ruchu na wlotach i niezmiennosc parametrów sygnalizacji świetlnej. W symulacji wykorzystano program VISSIM 3.70 w wersji umożliwiającej analizę obszaru 1,5 x 1,5 km. Do przygotowania modelu korytarza wykorzystano podkład mapowy w skali 1:1000, który po wprowadzeniu do programu VISSIM umożliwił dokładne odwzorowanie geometrii korytarza, uwzględniając szerokości i układ pasów ruchu, pochylenia podłużne, funkcjonowanie węzłów dwupoziomowych, funkcjonowanie przystanków komunikacji zbiorowej (zarówno w zatokach jak i przystankach przykrawężnikowych), częstotliwością kursowania pojazdów komunikacji zbiorowej i stratami czasu na wymianę pasażerów na przystankach. Dzięki informacjom udostępnionym przez Zarząd Dróg i Komunikacji w Krakowie (ZDiK) zamodelowano również funkcjonujący program sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniach przez rozmieszczenie właściwej liczby sygnalizatorów świetlnych oraz programów je obsługujących. Uwzględniono również natężenia ruchu występujące w korytarzach wraz ze strukturą rodzajową pojazdów. Wykorzystano zestaw danych jak w przypadku obliczeń metodą analityczną (HCM 2000).

Po przygotowaniu modelu korytarza ulicznego, obciążono go pomierzonym natężeniem ruchu i wyznaczono czas przejazdu całego odcinka (rysunek 6-12). Symulacja została przeprowadzona dla poszczególnych lat prognozy okresu 2003-2025.



Rys. 6-12 Porównanie czasów przejazdu dla korytarza P&R KRAK z i bez funkcjonującego parkingu P&R– metoda symulacyjna.

Dla korytarza drogowego P&R KRAK, tendencja wzrostu czasu przejazdu dla przypadku bez funkcjonującego parkingu jest dynamiczna, zwłaszcza po roku 2015. W przypadku analizy czasu przejazdu korytarza w przypadku funkcjonującego parkingu przesiadkowego wzrost czasu podróży nie jest już tak dynamiczny. Porównując czasy przejazdu z i bez funkcjonującego parkingu P&R można zaobserwować, że w pierwszym okresie funkcjonowania parkingu różnice pomiędzy czasem przejazdu nie są znaczące. Wzrost różnicy czasów pojawia się po roku 2015.



Rys. 6-13 Porównanie czasów przejazdu dla korytarza P&R PÓLNOC z i bez funkcjonującego parkingu P&R– metoda symulacyjna.

Tendencja przyrostu czasu podróży ma podobny charakter jak w przypadku wyników obliczeń metodą analityczną. Wykres można podzielić na dwie części – w pierwszej (do roku 2009) czas podróży bez i z P&R jest zbliżony. Efekt wprowadzenia systemu jest niewielki. W drugiej części wykresu (po roku 2009) można zauważyć intensywny wzrost czasu przejazdu dla przypadku bez parkingu P&R. W sytuacji, gdy parking P&R funkcjonuje, wzrost natężenia ruchu nie wpływa znacząco na zwiększenie czasu przejazdu aż do roku 2018. Oznacza to, że fakt pojawienia się parkingu przesuwają w czasie i minimalizuje ewentualne utrudnienia w ruchu związane ze zwiększeniem jego natężenia. Porównując oba przypadki można zauważyć, że niewielkie zmniejszenie natężenia ruchu (wynikające z przejścia części pojazdów przez parking P&R) przyniesie wyraźną poprawę.

6.2.11 Wnioski z zastosowania metody symulacyjnej.

Podobnie jak w przypadku metody HCM 2000, wymagana jest duża baza danych, co utrudnia przeprowadzenie analizy. Niewątpliwą zaletą programu jest łatwość w modelowaniu układu skrzyżowań i duża możliwość ingerencji w wykorzystane modele cząstkowe (np. możliwość zmiany rozkładu prędkości chwilowej pojazdów). Można zaobserwować silny wpływ ruchu pieszego na skrzyżowaniach na straty czasu. Nawet niewielkie zwiększenie potoku pieszego na kierunku równoległym do korytarza, przyczynia się do wzrostu czasu przejazdu (przez zwiększenie strat czasu związane z koniecznością ustępowania pierwszeństwa przez pojazdy skręcające).

Dzięki przeprowadzonym obliczeniom, można zauważyć również w tym przypadku, że nawet niewielkie zmniejszenie natężenia ruchu ma znaczny wpływ na czas przejazdu, szczególnie w sytuacji przesycenia układu. W przypadku krótkiego okresu prognostycznego oszczędności czasu nie są znaczące – np. skrócenie czasu przejazdu o 10% w roku 2006 (P&R PÓLNOC). Natomiast w dalszej perspektywie, przy dużym wzroście natężenia ruchu, oszczędności czasowe są już wyraźne: skrócenie czasu przejazdu o 44% w roku 2025 (P&R PÓLNOC). W przypadku korytarza P&R KRAK, funkcjonowanie parkingu przesiadkowego przyczyni się do skrócenia czasu przejazdu w całym korytarzu o 45%.

6.3 Porównanie metod symulacyjnych i analitycznych.

Porównanie czasów podróży do centrum dla przypadku z i bez funkcjonującego parkingu przesiadkowego, uwzględniając przyjęte założenia (zwłaszcza założenie o niezmienności sumarycznego popytu na podróże) może wydawać się zbyt wyidealizowane. W rzeczywistej sytuacji, zmniejszenie natężenia ruchu w wyniku działania P&R będzie generatorem dodatkowych podróży.

W metodzie symulacyjnej jak i analitycznej oszczędności czasowe są bardzo zbliżone, co może świadczyć o zgodności przeprowadzonych obliczeń. W pierwszym okresie prognostycznym różnice pomiędzy metodą symulacyjną i analityczną nie przekraczają 5%. W drugiej części analizowanego okresu różnice się wzmagają i w ostatnim roku prognozy osiągają 25%. Dłuższe czasy podróży uzyskane w programie VISSIM niż wg HCM 2000 mogą wynikać z wysokiego stopnia uszczegółowienia modelu oraz szerszego uwzględnienia przez model zmian warunków ruchowych na odcinkach między skrzyżowaniami związanych ze wzrostem natężenia ruchu. Każda z metod miała swoje wady i zalety. Duża liczba danych wejściowych i szerokie możliwości ingerencji w poszczególne zmienne w programie VISSIM dają możliwości dokładnej i szczegółowej analizy szukanych parametrów korytarza. Zauważono również wysoką czułość programu na liczbę pieszych przekraczających skrzyżowania. Metoda HCM2000 nie wykazuje tak dużego wpływu natężenia ruchu pieszego na czas przejazdu.

6.4 Analiza sieciowa układu z i bez funkcjonującego systemu Park and Ride.

W przypadku funkcjonowania parkingów przesiadkowych efekt poprawy warunków ruchu w układzie ulicznym związany ze zmniejszeniem liczby samochodów osobowych w korytarzu prowadzącym do śródmieścia może być niwelowany przez dwa czynniki:

- Zmianę sumarycznego popytu związaną z pojawieniem się dodatkowych podróży wcześniej odrzucanych z powodu przeciążenia układu ulicznego.
- Wpływ poprawy warunków ruchowych na zmianę rozkładu ruchu w sieci ulicznej.

Pierwszy z wymienionych czynników jest bardzo trudny do kwantyfikowania i wymaga m.in. szczegółowych badań ankietowych bazujących na deklarowanych wyborach użytkowników sieci drogowo ulicznej. Drugi element polegający na wykazaniu wpływu funkcjonowania parkingów przesiadkowych na sieć uliczną będzie opierał się na szeroko pojętej analizie sieciowej opracowanej przy użyciu programu do makrosymulacji komputerowej VISUM ver. 8.14 DN [60]. Proponowane podejście jest rozpatrywane dwuetapowo. Pierwszy etap stanowi modyfikację więźby ruchu z uwzględnieniem pojemności poszczególnych parkingów przesiadkowych a następnie rozkład tak skorygowanej więźby ruchu na sieć uliczną. Analiza została przeprowadzona na modelu transportowym Warszawy przy założeniu funkcjonowania trzech parkingów przesiadkowych zgodnych z opracowaniem [59], z autorskim wkładem dotyczącym uwzględnienia w modelowaniu ruchu pojawienia się parkingów P&R.

Model transportowy Warszawy [75], został opracowany w 1999 r. przez Instytut Dróg i Mostów Politechniki Warszawskiej. Model ruchu został zbudowany i zweryfikowany dla danych z roku 1998, z Warszawskiego Badania Ruchu (WBR '98) [68], obejmujących wszystkie podstawowe wskaźniki niezbędne do modelowania, a także dane z pomiarów potoków na sieciach komunikacyjnych, co umożliwiła prawidłową kalibrację modelu ruchu. Zakres danych wejściowych dotyczących obszaru oraz dostępne wyniki badań pozwoliły na wykonanie przez Biuro Inżynierii Transportu z Poznania [42], modelu ruchu dla lat: 2006, 2007, 2008, 2011, 2012, 2015, 2020, 2030, dla następujących rodzajów ruchu:

- a) wewnętrznych podróży osób w mieście i strefie podmiejskiej, wykonywanych samochodami i komunikacją zbiorową;
- b) wielkości wewnętrznego ruchu ciężarowego w mieście i strefie podmiejskiej, w podziale na samochody dostawcze i ciężarowe;
- c) wielkości samochodowego ruchu dojazdowego i tranzytowego, w podziale na samochody osobowe, ciężarowe i dostawcze;
- d) wielkości pasażerskiego ruchu dojazdowego dla głównych dworców i lotniska.

Samochodowy ruch zewnętrzny policzony został na podstawie krajowej więźby ruchu uzyskanej z przetworzenia badań ruchu, zweryfikowanej dodatkowo pomiarami na trasach wlotowych do miasta wykonanych w czasie pomiaru generalnego na sieci dróg w 1995 roku. Więźba została pomnożona przez wskaźnik wzrostu wynikający z przyjętego średniego przyrostu ruchu w okresie 1995-1998. W ten sposób został stworzony bazowy model ruchu. Dla sprawdzenia wiarygodności modelu porównywano wyniki uzyskane w drodze obliczeń z wynikami aktualnych pomiarów wielkości potoków ruchu na sieci ulicznej dla ruchu samochodowego i potoku osób dla komunikacji zbiorowej. Porównanie wykazało wysoką zgodność modelu ze stanem rzeczywistym.

Opracowany model składa się z trzech elementów:

a) model podróży, określający potencjały ruchotwórcze rejonów komunikacyjnych Warszawy. Na podstawie opracowanych bazowych, (tj. dla 1998 r.) macierzy ruchu, określających liczbę podróży między rejonami komunikacyjnymi, sporządzono prognostyczne macierze ruchu, uwzględniające zmiany w strukturze zagospodarowania przestrzennego, zmiany demograficzne w obszarze objętym modelem oraz dynamikę rozwoju motoryzacji. Więźby ruchu policzono dla godziny szczytu porannego

b) model sieci, będący odwzorowaniem układu drogowo - ulicznego Warszawy z uwzględnieniem parametrów technicznych poszczególnych ulic, w którym skrzyżowania modelowane są za pomocą węzłów, a układ drogowo - uliczny za pomocą odcinków posiadających parametry modelowanej ulicy (przepustowość, liczba pasów ruchu, prędkość w ruchu swobodnym). Dla każdego z horyzontów czasowych zbudowano model sieci

komunikacyjnej, uzupełniony w stosunku do stanu istniejącego, o elementy układu drogowo – ulicznego i transportu zbiorowego planowane do realizacji do roku prognozy.

c) model rozkładu ruchu w sieci, wykonany w programie VISUM na bazie modelu więzby ruchu i modelu sieci. W efekcie uzyskano wartości prognozowanych natężeń ruchu samochodów osobowych, dostawczych i ciężarowych na poszczególnych elementach sieci oraz potoków pasażerskich na trasach komunikacji zbiorowej.

Do analizy wykorzystano zaproponowane w [59] lokalizacje i pojemności parkingów przesiadkowych (tabl. 6-1).

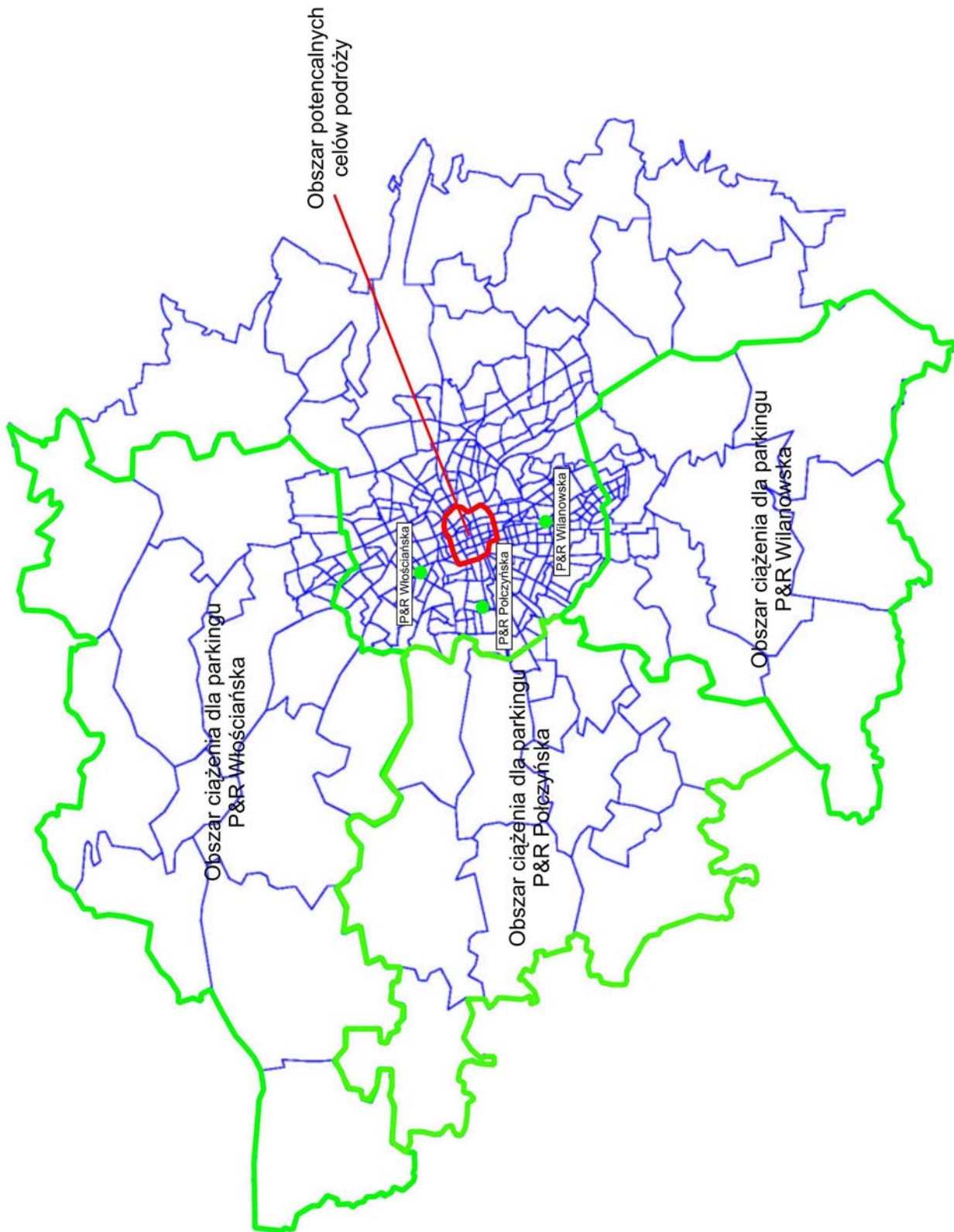
Tablica 6-1. Proponowane parkingi przesiadkowe.

Nazwa	Lokalizacja	Rozwiązanie	Pojemność
P&R Włociańska	Żoliborz zachodnia strona skrzyżowania ulic Słowackiego i Włociańskiej	Trzy poziomy	400
P&R Połczyńska	Bemowo, północna strona ul. Połczyńskiej i zachodnia strona linii kolejowej Warszawa Gdańska – Warszawa Odolany	Jedno poziomy	500
P&R Wilanowska	Mokotów, północno-wschodnia strona skrzyżowania ulic Puławskiej i Wilanowskiej	Dwa poziomy	290

6.4.1 Przygotowanie modelu sieciowego.

Głównym założeniem wykorzystanym również w przypadku analizy korytarzowej jest liczba pojazdów korzystająca z systemu w godzinie szczytu porannego. Przyjęto, że możliwe jest zapewnienie 50% pojemności parkingu w ciągu godziny szczytu. Powinno przekładać się to na zmniejszenie liczby pojazdów poruszających się po śródmieściu. Poprawa warunków ruchu z tym związana może być kwantyfikowana z uwzględnieniem efektu sieciowego poprzez zmniejszenie liczby podróży odbywanych z rejonów zewnętrznych do śródmieścia i skierowania ich do rejonu komunikacyjnego, w którym zlokalizowany jest dany parking przesiadkowy. Wiąże się to ze zwiększeniem atrakcji tych rejonów o wielkość odpowiadającą połowie pojemności parkingów P&R przy jednoczesnym zmniejszeniu liczby podróży z tych rejonów do śródmieścia o tę samą wartość. Oczywiście całkowita liczba podróży nie uległa zmianie. Proponowane podejście można przedstawić w następujących krokach:

1. Określenie rejonów komunikacyjnych, z których możliwe będzie rozpoczęcie podróży w systemie Park and Ride. Dla każdego parkingu zaznaczono potencjalny obszar ciężenia składający się w głównej mierze z rejonów komunikacyjnych będących miejscowościami aglomeracji warszawskiej w zasięgu wpływu P&R. Brano również pod uwagę kilka rejonów miejskich, które z racji odległego położenia w stosunku do śródmieścia również mogą generować podróże w systemie P&R. Przypisując poszczególne rejonu do wpływu konkretnych parkingów P&R uwzględniano również sposób podłączenia rejonu do sieci drogowo – ulicznej w modelu transportowym Warszawy. Miało to o tyle istotne znaczenie, że część rejonów jest położona bliżej np. P&R Połczyńska, co sugerowałoby przypisanie obszaru do tej strefy ciężenia, natomiast sposób podłączenia rejonu wskazuje jednoznacznie, że możliwe jest korzystanie z parkingu P&R Włociańska. Następnie należy określić zasięg obszaru będącego potencjalnym celem podróży. Obszar ten obejmował łącznie 40 rejonów komunikacyjnych zlokalizowanych wokół Pałacu Kultury i Nauki.. Przyjęto, że dla każdego z parkingów P&R cele podróży będą położone w tym obszarze. Obszary ciężenia dla poszczególnych parkingów i założony obszar śródmieścia przedstawiono na rysunku 6-14.



Rys.6-14 Przyjęte obszary ciążenia poszczególnych parkingów P&R oraz przyjęty obszar centrum miasta (granice obszarów ciążenia parkingów zaznaczono zieloną linią).

2. Modyfikacja więźby ruchu, polega na zmniejszeniu liczby podróży do założonego obszaru śródmieścia z rejonów podmiejskich i skierowaniu tych podróży do rejonu, w którym operuje parking Park and Ride. Liczba pojazdów korzystająca z systemu w ciągu godziny odpowiada połowie pojemności poszczególnych parkingów (tablica 6-2):

Tablica 6-2. Przyjęta liczba użytkowników systemu P&R wraz z odpowiadającym im rejonem komunikacyjnym.

Parking	Numer rejonu	Założona liczba pojazdów korzystających z parkingu w ciągu godziny szczytu porannego
P&R Włociańska	37	200
P&R Połczyńska	83	250
P&R Wilanowska	141	145
Łącznie		595

Znając liczbę użytkowników systemu P&R (tablica 6-2), należy „skierować” ich z rejonów należących do danego obszaru ciężenia parkingu przesiadkowego do rejonu odpowiadającego położeniu parkingu P&R. Przyjęto tutaj metodę rozdziału ogólnej liczby użytkowników na poszczególne rejonu proporcjonalnie do produkcji tych rejonów. Po uwzględnieniu wszystkich lokalizacji parkingów otrzymano więźbę ruchu, w której sumaryczna liczba podróży wzrosła w stosunku do poprzednio zmniejszonej o 595 (tablica 6-2) – produkcja rejonów należących do trzech obszarów ciężenia i atrakcja rejonów, w których znajdują się parkingi P&R. Aby wykazać wpływ parkingów przesiadkowych na sytuację ruchową w mieście, należy zmniejszyć liczbę podróży z obszarów ciężenia do śródmieścia tak, aby sumaryczna liczba podróży więźby ruchu uwzględniającej podróże P&R nie zmieniła się w stosunku do więźby pierwotnej. Oznacza to, że atrakcja rejonów znajdujących się w przyjętym obszarze śródmieścia powinna łącznie zmniejszyć się o 595 podróży. Tutaj również przyjęto proporcjonalny do wielkości atrakcji sposób rozdziału podróży (zał. 6-1). Wiedząc ilu jest użytkowników P&R w poszczególnych rejonach ciężenia oraz o ile mniej podróży odbędzie się z tych rejonów do śródmieścia sporządzono więźbę określającą konkretne pary źródło – cel ulegające zmniejszeniu. Więźba ta została sporządzona w oparciu o model proporcjonalny, przy czym wynik końcowy dla części relacji źródło – cel został skorygowany. Rozkład proporcjonalny może być uzasadniony niewielkimi różnicami czasu dojazdu do poszczególnych rejonów śródmieścia. Natomiast konieczność korekty wynikała z braku możliwości zmniejszenia liczby podróży z danego rejonu do śródmieścia, ponieważ w pierwotnej więźbie była to za mała wielkość. Ostateczne więźby zmniejszające liczbę podróży do śródmieścia przedstawiono w załącznikach 6-2, 6-3 i 6-4.

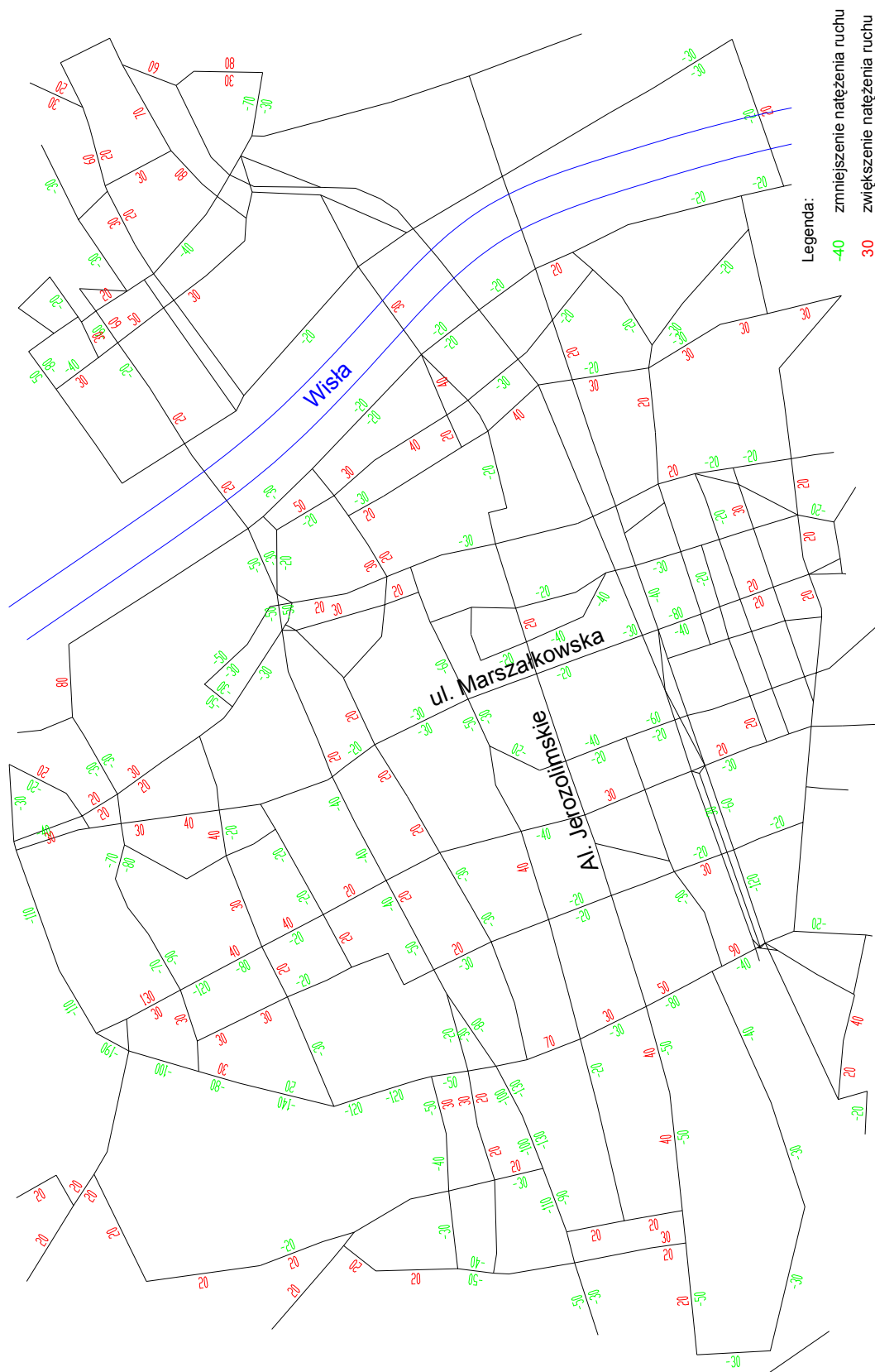
3. Rozkład skorygowanej więźby ruchu na sieć uliczną i porównanie wyników.

6.4.2 Wyniki przeprowadzonej symulacji.

W wyniku przeprowadzenia procedury rozkładu ruchu na sieć uliczną, otrzymano obciążenie poszczególnych odcinków układu ulicznego Warszawy w wariacie bez systemu P&R (W0) i z funkcjonującym systemem P&R (W1). Aby porównać oba warianty należy wykazać wpływ funkcjonowania systemu na zmianę w natężeniu ruchu w sieci ulicznej, zmianę

w pracy przewozowej oraz dodatkowo jako zmniejszenie czasu podróży dla wybranych korytarzy ulicznych. W celu analizy otrzymanych wyników zastosowano narzędzia dostępne w pakiecie oprogramowania VISUM:

- a) Zmiany w natężeniu ruchu. Wykorzystano tutaj możliwość porównania tych samych sieci obciążonych różnym ruchem. W efekcie uzyskuje się sieć uliczna na której pokazane są różnice w potokach pojazdów (ze znakiem minus – zmniejszenie natężenia ruchu o wskazaną wartość, ze znakiem plus – zwiększenie natężenia ruchu), przy czym położenie danej liczby w stosunku do odcinka wskazuje kierunek którego dotyczy zmiana. Brak wartości przypisanej do odcinka oznacza brak zmiany w natężeniu ruchu. Na rysunku 6-15 przedstawiono fragment sieci ulicznej ścisłego centrum Warszawy wraz z odpowiadającymi zmianami natężenia ruchu. Do szczegółowej analizy wybrano tylko obszar centrum, ponieważ istotą systemu Park and Ride jest wpływ na poprawę warunków ruchowych właśnie w centrach miast.



Rysunek 6-15 Zmiany w obciążeniu sieci ulicznej dla przypadków z i bez funkcjonującego systemu Park and Ride – centrum Warszawy (prognoza dla roku 2008).

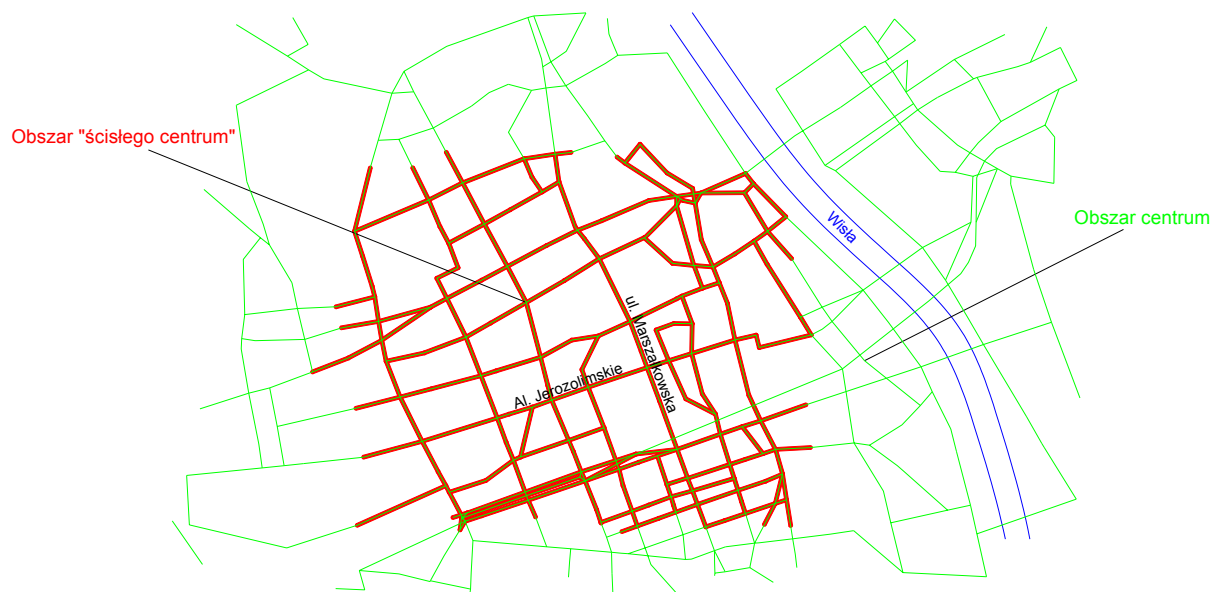
Jak widać na rysunku natężenie ruchu w poszczególnych odcinkach sieci ulicznej uległo niewielkiemu zmniejszeniu 20-40 pojazdów/godzinę. Są również odcinki, w których zmniejszenie jest znacznie większe (dochodzące do 130 pojazdów/godzinę), ale są to przypadki sporadyczne. Zaobserwowane zmiany w natężeniu ruchu są jednak niewielkie i nie powinny mieć znacznego wpływu na warunki ruchu w mieście. Jednym z parametrów pozwalającym dokładniej opisać sytuację ruchową jest stopień nasycenia. Dla przyjętego obszaru centrum (rysunek 6-14), wyznaczono średnie nasycenie odcinków i sprawdzono jak pojawienie się systemu P&R wpłynie na ten parametr. Dodatkowo wyznaczono średnią liczbę pojazdów przypadającą na jeden odcinek w sieci ulicznej obszaru centrum. Podane wartości wyznaczono również dla całego obszaru miasta. Wyniki zestawiono w tabelicy 6-3:

Tablica 6-3. Średnie wykorzystanie przepustowości odcinków sieci ulicznej dla przyjętego obszaru w centrum Warszawy.

	Bez P&R		Z P&R		Różnica wartości średnich	Różnica procentowa
	Średnie	Odchylenie Standardowe	Średnie	Odchylenie Standardowe		
Nasycenie [%] (dla wszystkich odcinków obszaru centrum)	78,02	54,93	77,57	54,78	0,46	-0,58
Natężenie [poj/h] (przypadające na jeden odcinek obszaru centrum)	918	1 077	913	1 070	5	-0,55
Nasycenie [%] (dla wszystkich odcinków całego modelu)	71,66	62,46	71,48	62,43	0,18	-0,25
Natężenie [poj/h] (przypadające na jeden odcinek całego modelu)	823	1 027	820	1 023	3	-0,31

Porównując wyniki obciążenia sieci ulicznej dla obu wariantów można zaobserwować nieznaczną różnicę w stopniu nasycenia odcinków, nieprzekraczającą 0,6%. W przypadku analizy obejmującej zasięgiem cały model, różnica ulega ponad dwukrotnemu zmniejszeniu - do 0,25%. Może to sugerować nieco większy wpływ funkcjonowania systemu na sytuację ruchową w centrum miasta. Podobną tendencję można zaobserwować w przypadku średniego natężenia ruchu na poszczególnych odcinkach. Bardzo duże wartości odchylenia standardowego wskazują na istotne zróżnicowanie obciążenia układu ulicznego i jest to naturalny stan rzeczy. Podane wielkości nie mogą stanowić punktu wyjścia do analizy efektywności, lecz powinny być traktowane pomocniczo, weryfikując zastosowane podejście. Wydaje się, że otrzymane różnice są zgodne z realnym wpływem tak niewielkiego systemu na warunki ruchowe w dużej aglomeracji.

- b) Praca przewozowa układu. Dla takiego samego obszaru jak w przypadku a) wyznaczono pracę przewozową wyrażoną w pojazdo – kilometrach i pojazdo – godzinach. Zmniejszenie pracy przewozowej może świadczyć o poprawie efektywności wykorzystania infrastruktury drogowej. Ponadto jest to parametr konieczny do oszacowania korzyści ekonomicznych, zgodnie z instrukcją IBDiM [82]. W tabelicy 6-4 zestawiono pracę przewozową dla całego obszaru aglomeracji i dla wcześniej określonego obszaru centrum. Ponadto, aby wykazać, że poprawa warunków ruchowych w mniejszym obszarze jest intensywniejsza, wskazano dodatkowy obszar, nazwany ścisłym centrum (rysunek 6-15):



Rys. 6-15 Zasięg obszaru centrum i „ścisłe centrum”.

Tablica 6-4. Praca przewozowa [poj/km] dla analizowanych obszarów Warszawy.

	Bez P&R	Z P&R	Różnica wartości	Różnica procentowa
Cały obszar Warszawy	2 121 702	2 118 651	3 051	0,14%
Obszar centrum	197 304	195 819	1 485	0,76%
Obszar „ścisłego centrum”	84 406	83 518	888	1,06%

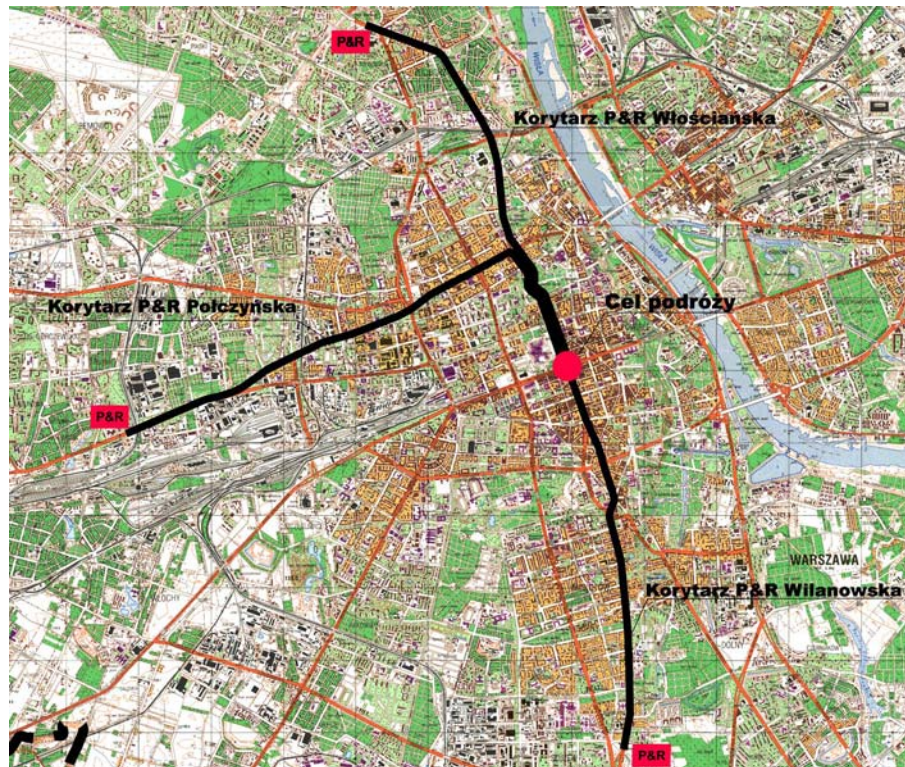
Funkcjonowanie parkingów przesiadkowych przyczynia się do zmniejszenia pracy przewozowej układu. W skali całej aglomeracji jest to minimalny spadek – 0,14%, ale w miarę zawężania obszaru analizy różnica procentowa wzrasta – do 1,06% dla obszaru ścisłego centrum. Oznacza to, że dla całego obszaru korzyści z funkcjonowania systemu ulegają osłabieniu (poza śródmieściem liczba podróży nie uległa zmianie) natomiast w samym śródmieściu, gdzie zmniejszono liczbę wykonywanych podróży, efekt poprawy warunków ruchowych uwidacznia się. Dodatkowo przeprowadzono analizę pracy przewozowej wyrażonej w pojazdo-godzinach. Parametr ten obrazuje sumaryczny czas jazdy wszystkich samochodów osobowych w sieci ulicznej w ciągu godziny szczytu porannego. Wyznaczone wartości zestawiono w tablicy 6-5:

Tablica 6-5. Praca przewozowa [poj/godz] dla analizowanych obszarów Warszawy.

	Bez P&R	Z P&R	Różnica wartości	Różnica procentowa
Cały obszar Warszawy	72 915	72 637	278	0,38%
Obszar centrum	9 745	9 592	153	1,60%
Obszar „ścisłego centrum”	4 060	3 927	133	3,38%

Dla pracy przewozowej wyrażonej w pojazdo-godzinach efekt wprowadzenia systemu jest bardziej widoczny. Dla całego obszaru aglomeracji warszawskiej sumaryczny czas jazdy zmniejsza się o 0,38% (ponad dwukrotnie większy wzrost efektu w porównaniu do pracy przewozowej wyrażonej w pojazdo-kilometrach), a dla ścisłego centrum zmniejsza się o 3,38% (ponad trzykrotnie wyższy efekt w porównaniu do pracy przewozowej w pojazdo-kilometrach).

- c) Czas przejazdu w wybranych korytarzach drogowych. Sprawdzone również, w jaki sposób funkcjonujące parkingi mogą mieć wpływ na sytuację ruchową na wybranych korytarzach drogowych prowadzących z P&R do śródmieścia. Do analizy przyjęto korytarze drogowe prowadzące od każdego z parkingów do ustalonego celu podróży, położonego w centrum miasta. Punkt celu podróży przyjęto umownie jako skrzyżowanie ulic Marszałkowskiej i Świętokrzyskiej.



Rys. 6-16 Lokalizacja analizowanych korytarzy ulicznych dla parkingów P&R.

W wyniku przeprowadzonej symulacji programem VISUM, odczytano czasy przejazdu z rejonu, w którym są ulokowane parkingi P&R do centrum, dla przypadków bez i z funkcjonującym systemem P&R. Wyniki analizy zestawiono w tablicy 6-6:

Tablica 6-6. Czas przejazdu w analizowanych korytarzach prowadzących do centrum.

	Bez P&R	Z P&R	Różnica procentowa
P&R Włociańska	18m 51s	18m 48s	0,3%
P&R Połczyńska	17m 29s	17m 07s	1,6%
P&R Wilanowska	16m 27s	16m 12s	1,5%

W analizowanych korytarzach można zaobserwować nieznaczne skrócenie czasu przejazdu. Dla parkingu P&R Włociańska oszczędność czasowa sięga zaledwie 0,3%. W pozostałych przypadkach nie przekracza 1,5%. Nieznaczne korzyści z funkcjonowania parkingów dla pojazdów poruszających się po założonych korytarzach mogą sugerować brak wpływu systemu P&R na sytuację ruchową, lecz należy pamiętać, że zmienił się rozkład ruchu na sieć uliczną, co zostało potwierdzone przez wyznaczenie zmian w pracy przewozowej i wielkości natężenia ruchu w całym układzie.

6.4.3 Wnioski z analizy sieciowej.

Zmniejszenie pracy przewozowej oznacza globalne zmniejszenie pokonywanych dystansów i czasu jazdy pojazdów w sieci ulicznej. Wzrost efektu w obszarze centrum miasta może wskazywać na właściwą reakcję modelu transportowego na wprowadzenie systemu parkingów Park and Ride i może potwierdzać słuszność zastosowanej metody. Jednocześnie potwierdzając istotę parkingów przesiadkowych, których celem jest poprawa warunków ruchowych w śródmieściu, wskazuje na celowość budowy takiego systemu.

Niewielka wartość różnicy w czasach przejazdu korytarzy wskazuje, że zmniejszenie liczby pojazdów jadących do śródmieścia (związane z funkcjonowaniem parkingów przesiadkowych) nie wpłynie w sposób istotny na poprawę warunków ruchu w samym korytarzu. Potencjalne rezerwy przepustowości zostaną wykorzystane przez zmieniony (w stosunku do sytuacji pierwotnej) rozkład ruchu na sieć uliczną.

Stosunkowo niewielki efekt poprawy warunków ruchowych może wydawać się nieistotny, ale należy pamiętać, że łączna liczba użytkowników systemu w proponowanym podejściu nie przekracza 600, co stanowi zaledwie 0,35% ogółu podróży odbywanych w ciągu godziny szczytu porannego w Warszawie.

Można przypuszczać, że zwiększenie liczby parkingów a co za tym idzie ich pojemności wpłynie w sposób istotny na funkcjonowanie układu ulicznego w centrach miast. Oddzielnym problemem jest skłonienie potencjalnych użytkowników do korzystania z systemu. W niniejszej analizie założono wysoką popularność parkingów przesiadkowych wyrażoną pełnym wykorzystaniem pojemności (jedno z założeń początkowych). Zapewnienie tak wysokiej popularności systemu powinno odbywać się na płaszczyźnie decyzji politycznych uwzględniających postulaty polityki transportowej miast.

6.5 Wnioski z rozdziału 6.

Analiza wpływu parkingów przesiadkowych na funkcjonowanie układu ulicznego może być przeprowadzona na dwa zasadnicze sposoby: przez analizę korytarzową, uwzględniającą wpływ parkingu wyłącznie na korytarz drogowy, prowadzący do centrum miasta, oraz przez analizę sieciową, uwzględniającą zmiany w rozkładzie ruchu na sieć uliczną spowodowane poprawą warunków ruchowych na odcinku parking – centrum miasta. Pierwszy sposób jest rozwiązaniem stosunkowo łatwym w aplikacji i wymaga stosunkowo niewielkiego zbioru danych wejściowych (szczególnie dotyczy to modelu HCM 85). Wadą tego podejścia jest założenie o niezmienności rozkładu ruchu, które to założenie przyczynia się do nieco zawyżonych wyników efektywności funkcjonalnej parkingów przesiadkowych. Jednakże w przypadku braku modelu transportowego danego miasta, wydaje się, że jest to skuteczny sposób na kwantyfikowanie korzyści płynących z funkcjonowania parkingów Park and Ride.

W przypadku, kiedy istnieje możliwość modelowania ruchu na modelu transportowym (przygotowanym np. w programie VISUM czy SATURN) dokładniejszym podejściem będzie analiza sieciowa. Pomimo swoich słabości, takich jak arbitralność w wyborze rejonów będących obszarem ciężenia do parkingów oraz założeniu o proporcjonalnym do produkcji rejonów komunikacyjnych udziale podróży w systemie Park and Ride, metoda pozwala dokładnie określić wpływ zmniejszenia potoków ruchu zmierzających do centrum na warunki ruchowe panujące w całym obszarze śródmieścia. Otrzymane wyniki wydają się być zgodne z oczekiwaniami. Jednakże w skali całego miasta, wykazane korzyści ulegają zatarciu i dopiero szczegółowa analiza niewielkich obszarów centrum miasta pozwala na wskazanie istotnych różnic w wybranych parametrach (np. praca przewozowa, czas jazdy itp.).

Porównując metodę symulacyjną i analityczną, można zaobserwować nieznaczne różnice w otrzymanych wynikach w pierwszym okresie prognostycznym (nie przekraczają one 5%).

Natomiast W drugiej części analizowanego okresu różnice się wzmagają i w ostatnim roku prognozy osiągają 25%, przy czym czas podróży wyznaczony metodą symulacyjną jest dłuższy niż w przypadku metody HCM 2000. Różnice mogą wynikać z wysokiego stopnia uszczegółowienia modelu oraz szerszego uwzględnienia przez model zmian warunków ruchowych na odcinkach między skrzyżowaniami związanych ze wzrostem natężenia ruchu. Każda z metod miała swoje wady i zalety. Duża liczba danych wejściowych i szerokie możliwości ingerencji w poszczególne zmienne w programie VISSIM dają możliwości dokładnej i szczegółowej analizy szukanych parametrów korytarza.

7. Próba oceny efektywności ekonomicznej parkingów P&R.

7.1 Wprowadzenie.

Zakres analizy ekonomicznej powinien obejmować takie składniki kosztów i korzyści, które są możliwe do wyznaczenia (obliczenia lub szacowania). Do tych składników można zaliczyć koszty inwestycyjne i potencjalne przepływy ekonomiczne, wynikające bezpośrednio ze zmniejszonej kongestii na drogach dojazdowych do śródmieścia. Uwzględniając specyfikę funkcjonowania parkingów przesiadkowych opracowano przykład pozwalający wyznaczyć żądane wskaźniki. Jako podstawę przyjęto metodologię analizy kosztów i korzyści (Cost Benefit Analysis - CBA) dla projektów dotyczących infrastruktury drogowej, przedstawionej w „Instrukcji oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych” [46]. Instrukcja ta uwzględnia zalecenia Banku Światowego. Jako dodatnie ekonomiczne przepływy pieniężne (definiowane jako korzyści dla inwestora- np. gminy) potraktowano oszczędności czasu uczestników ruchu i oszczędności w kosztach alternatywnych zaniechanych inwestycji w infrastrukturę drogową w korytarzach transportowych, gdzie powstaną parkingi typu P&R. Należy uwzględnić następujące czynniki:

- Koszty inwestycyjne – szacowane dla każdego parkingu a stanowiące koszty wykupu gruntów, koszt budowy parkingu wraz z koniecznym wyposażeniem, oraz koszt budowy nowych przystanków komunikacji zbiorowej;
- Przepływy pieniężne – wynikające ze skrócenia czasu przejazdu (zarówno pasażerów jak i kierowców) na odcinku sieci ulicznej prowadzącym z parkingu do śródmieścia.

Szacując realny koszt inwestycji należy brać pod uwagę dyskonto – efekt utraty wartości pieniądza, ponieważ czas realizacji projektu może zostać rozciągnięty powyżej 1 roku.

Metoda obliczania efektywności ekonomicznej jest metodą porównawczą, polegającą na porównaniu różnicy kosztów i korzyści dwóch wariantów:

- I. Wariantu W0 (bezinwestycyjnego), w którym jest stan obecny, bez budowanego parkingu P&R
- II. Wariantu WI (inwestycyjnego), który zaistnieje po wybudowaniu parkingu wraz z niezbędną infrastrukturą i rozpoczęciu funkcjonowania systemu.

Jako dodatnie ekonomiczne przepływy pieniężne – definiowane jako korzyści dla inwestora, np. gminy – potraktowano oszczędności czasu uczestników ruchu i oszczędności w kosztach alternatywnych zaniechanych inwestycji w infrastrukturę drogową w korytarzach transportowych, gdzie powstanie parking typu P&R. Jednakże czas podróży nie jest jedynym parametrem wpływającym na wybór danego środka transportu. Całą podróż precyzyjniej opisuje koszt uogólniony, w tym uwzględniający wpływ opłat za parkowanie w śródmieściu.

W przedstawionym dalej przykładzie uwzględniono tylko oprócz kosztów inwestycyjnych koszty czasu podróży. Pominięcie kosztów eksploatacyjnych, kosztów wypadków, kosztów utrzymania infrastruktury oraz kosztów środowiskowych może być usprawiedliwione niewielkim ich zróżnicowaniem bądź brakiem możliwości ujęcia.

7.2 Przykład wyliczenia wskaźników efektywności ekonomicznej.

W ramach niniejszej analizy przyjęto, że nakłady inwestycyjne w wariantcie W0 są równe zero, ponieważ inwestycja nie jest realizowana. Poszczególne elementy analizy ekonomicznej zostały wyznaczone dla jednego z planowanych parkingów Park and Ride w Krakowie. Obliczenia wartości wejściowych przyjęto na podstawie wyników analizy przeprowadzonej w rozdziale 6 niniejszej pracy. Wyznaczając poszczególne wartości, brano pod uwagę specyfikę parkingów przesiadkowych, dostosowując dostępną metodologię do aktualnej potrzeby. Analizę ekonomiczną przeprowadzono na podstawie współautorskiego raportu [47].

Do analizy wybrano parking P&R ”Północ” [47], którego założenia przedstawiono w rozdziale 6.2.3. Jest to parking jednopoziomowy, usytuowany po północnej stronie Krakowa, przy trasie wylotowej w kierunku Warszawy. Dla przyjętej lokalizacji i założeń technicznych przeprowadzono konieczne obliczenia:

1. **Nakłady inwestycyjne:** na podstawie projektu technicznego, opracowanego w ramach [69], wyznaczono wysokość kosztów inwestycji oraz kosztów eksploatacyjnych. Parking P&R Północ jest parkingiem jednopoziomowym, położonym w terenie płaskim. Przyjęto łączną liczbę stanowisk postojowych równą 400, co wynika z dostępnej powierzchni działki (zgodnie z założeniami przedstawionymi w rozdziale 6). Wyznaczając wysokość nakładów inwestycyjnych [69] brano pod uwagę następujące elementy, konieczne do wykonania: budowa nowego peronu usytuowanego przy wjeździe na parking, wykonanie dodatkowych pasów do skrętu w lewo i prawo na Al. 29 Listopada, odwodnienie parkingu, wykonanie jezdni manewrowych i chodników oraz zapewnienie oświetlenia i ogrodzenia parkingu. Przewidziano również 5% narzutu na wykonanie oznakowania pionowego i poziomego. Łączne koszty budowy parkingu, bez wykupu gruntu wynoszą 2 800 000 zł, co daje nakłady 7 000 zł przypadające na jedno stanowisko postojowe. Łączne miesięczne koszty operacyjne parkingu (obejmujące koszt zapewnienia ochrony, sprzątania i odśnieżania) dla przypadku, kiedy parking funkcjonuje przez 365 dni w roku wynosi 30 000 zł. Ze względu na konieczność rozciągnięcia realizacji inwestycji powyżej jednego roku, konieczne było skorygowanie kosztu kosztorysowego o koszt wynikający z zamrożenia kapitału. Oprócz przedstawionej stopy dyskontowej $r=8\%$ przyjęto mniej korzystne wartości $r=10\%$ i $r=15\%$. Strukturę kosztów budowy parkingu przedstawia tablica 7-1:

Tablica 7-1. Zestawienie kosztów budowy parkingu P&R Północ.

Parking P&R	Pojemność (liczba miejsc postojowych)	Łączny koszt inwestycyjny (zł)	Koszt po uwzględnieniu dyskonta (zł)		
			8%	10%	15%
Północ	400	2 800 000	3 024 000	3 080 000	3 220 000

2. **Oszacowanie przepływów ekonomicznych.** Punktem wyjścia do oszacowania przepływów ekonomicznych w kosztach czasu pasażerów i kierowców zawodowych jest założenie, że poprzez budowę parkingu P&R dojdzie do zmniejszenia ruchu na badanym odcinku ulicy prowadzącej od parkingu do śródmieścia. Zmniejszenie

natężenia ruchu ma ogromne znaczenie zwłaszcza w stanie nasycenia układu, co ma miejsce w czasie trwania szczytu porannego i popołudniowego. W związku z tym dokonano obliczeń czasu przejazdu dla scenariusza bezinwestycyjnego i inwestycyjnego. Funkcjonowanie parkingu przyczyni się do zaoszczędzenia czasu pasażerów pojazdu poruszającego się w badanym korytarzu oraz obniżenia kosztów eksploatacji. Korzyści netto stanowi różnica tych kosztów pomiędzy wariantem bezinwestycyjnym a inwestycyjnym. Oszacowanie kosztów czasu pasażerów samochodów osobowych i autobusów oraz kosztów czasu pracy kierowców zawodowych dokonano na podstawie instrukcji IBDiM [46]. Przyjęto, że koszt czasu pracy kierowców zawodowych stanowi średnia płaca brutto w Polsce w sektorze przedsiębiorstw, powiększona o przeciętne stawki ubezpieczeń obowiązkowych i dobrowolnych. Koszt czasu pasażera i kierowcy niezawodowego stanowi połowę kosztu pracy kierowcy zawodowego (uwzględnia przejazdy pasażerów związane z pracą, wypoczynkiem, urlopami oraz grupy wiekowe pasażerów pracujących i niepracujących). Wartość godziny dla pasażerów i kierowców zawodowych jest zmienna w okresie analizy i wzrasta w proporcji $\frac{1}{2}$ w stosunku do średniego przyrostu PKB. Dla samochodów osobowych przyjęto średnie napelnienie 1,2 pasażera, a autobusów 60 pasażerów. W oparciu o powyższe założenia i dane źródłowe oszacowano średnioważone jednostkowe koszty czasu pasażerów i kierowców zawodowych (tablica 7-2).

Tablica 7-2. Jednostkowe koszty czasu pasażerów i kierowców zawodowych dla przyjętego horyzontu czasowego 2005 – 2025.

Rok prognozy	Średnioważone jednostkowe koszty czasu jazdy pasażerów i kierowców zawodowych (zł/poj.godz)
2005	22,08
2010	24,46
2015	27,07
2020	29,96
2025	33,11

Po uwzględnieniu czasu przejazdu w badanym korytarzu drogowym wyliczono roczne koszty czasu pasażerów i kierowców zawodowych dla analizowanych wariantów w poszczególnych latach prognostycznych (zastosowano tutaj wyniki mikrosymulacji komputerowej wyznaczającej czas przejazdu odcinka i przeprowadzonej dla analizowanego korytarza drogowego przy pomocy programu VISSIM - rozdział 6.2.10). Analizowano tylko kierunek do centrum, ponieważ w godzinie szczytu porannego, w relacji przeciwnej natężenie ruchu nie będzie ulegać zmianie w związku z funkcjonowaniem parkingów przesiadkowych (ewentualna poprawa sytuacji ruchowej dla tego kierunku jest związana ze zmniejszeniem potoku pojazdów w relacji przeciwnej, co przyczynia się do zwiększenia przepustowości relacji lewoskrętnych). W godzinie szczytu popołudniowego sytuacja ruchowa będzie symetryczna (tzn. poprawie ulegną warunki ruchowe na kierunku z centrum do peryferii). Ponieważ zgodnie z założeniem, że w ciągu godziny szczytu możliwe jest zapełnienie 50% chłonności, parking P&R wypełni się w ciągu 2 godzin obliczeniowych. Przyjęto również, że opuszczanie parkingu przez użytkowników potrwa 2 godziny obliczeniowe. W tym

czasie poprawie ulegnie sytuacja ruchowa w korytarzach prowadzących z parkingów do centrum (w ciągu 2 godzin szczytu porannego) i z centrum do parkingów (w ciągu 2 godzin szczytu popołudniowego). Oznacza to, że obliczeniowa efektywność systemu będzie odnosiła się do 4 godzin w ciągu doby. W pozostałym okresie funkcjonowanie parkingów P&R nie będzie miało wpływu na sytuację ruchową w mieście. Przyjęte prognozy ruchu oraz czasy przejazdu odcinka dla prognozowanych horyzontów czasowych zawarto w załączniku 7-1. Zestawienie rocznych kosztów czasu przejazdu dla wariantu inwestycyjnego i bezinwestycyjnego przedstawia tablica 7-3:

Tablica 7-3. Roczne korzyści kosztów czasu pasażerów i kierowców zawodowych dla przyjętego horyzontu czasowego 2005 – 2025.

Rok prognozy	Roczne korzyści w kosztach czasu przejazdów po wybudowaniu parkingu P&R [zł]
2005	255 000
2010	460 000
2015	1 320 000
2020	2 550 000
2025	3 520 000

3. Oszacowanie wartości zaktualizowanej netto (NPV) projektu budowy parkingu.

W celu oszacowania wskaźników efektywności ekonomicznej przyjęto, że pierwszym rokiem eksploatacji parkingu będzie rok 2005 a ostatnim rok 2025 (dwudziesty rok porównawczy). Korzyści pomiędzy poszczególnymi pięcioletnimi okresami analizy zostały interpolowane liniowo. Wskaźniki efektywności ekonomicznej realizacji projektu budowy parkingu zestawiono w tablicy 7-4 (załącznik 7.1).

Tablica 7-4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej budowy parkingu P&R.

Wskaźniki oceny ekonomicznej	Stopa dyskontowa		
	8%	10%	15%
Koszt inwestycyjny(mln. zł.)	3,02	3,08	3,22
Wartość zdyskontowana netto - NPV (mln. zł)	11,04	9,15	6,26
Wskaźnik korzyści / koszty - B/C	3,26	3,00	2,45

Oszacowane podstawowe wskaźniki efektywności ekonomicznej wskazują na uzasadnioną realizację budowy parkingu P&R Północ. Wszystkie wskaźniki ekonomiczne analizowanego przedsięwzięcia są korzystne nawet przy 15 % stopie dyskontowej. Uzyskane wartości odnoszą się do korzyści użytkowników drogi, którzy nie korzystają z systemu P&R. Nie uwzględniają one ewentualnych strat czasu osób podróżujących w systemie P&R. Straty te wynikają z konieczności przesiadki na inny środek transportu, co generalnie wiąże się z wydłużeniem czasu podróży. Aby uwzględnić w analizie ekonomicznej wszystkich uczestników ruchu przyjęto trzy warianty obliczeniowe rozpatrujące możliwości obsługi parkingu przesiadkowego:

Wariant I: parking P&R powiązany wyłącznie liniami autobusowymi. Przyjęto prędkość komunikacyjną autobusu nieposiadającego wydzielonego pasa ruchu ani priorytetu na skrzyżowaniach, równą 12,5 km/h [97], która nie będzie przekroczona, pomimo większej prędkości potoku pojazdów. Dopiero zmniejszenie prędkości całego potoku spowoduje jej zmniejszenie (zał. 7-2). W tym przypadku na podstawie prędkości pojazdów wyznaczono czas ich przejazdu. Ponieważ w pierwotnym założeniu przyjęto, że w ciągu godziny szczytu z systemu będzie korzystać 200 pojazdów, przy stopniu napełnienia pojazdów wynoszącym 1,3 os/sam [39], daje to 260 użytkowników systemu P&R. Przyjęto również czas przesiadki wynoszący 6 minut. Korzyści użytkowników systemu (ewentualnie straty) wyznaczono przez porównanie czasu przejazdu samochodem osobowym i P&R.

Wariant II: parking P&R powiązany wyłącznie liniami autobusowymi, lecz autobus porusza się po wydzielonym pasie. Jest to rozwiązanie hipotetyczne, wskazujące możliwy efekt zastosowania tej opcji. Przyjęto, że prędkość komunikacyjna autobusu poruszającego się po wydzielonym pasie wyniesie 18 km/h. Pozostałe założenia pozostały bez zmian w stosunku do wariantu I.

Wariant III: parking P&R powiązany wyłącznie linią tramwajową, a tramwaj porusza się po wydzielonym torowisku. To rozwiązanie dla rozpatrywanej lokalizacji parkingu jest również hipotetyczne. Prędkość komunikacyjną ustalono na poziomie 20 km/h a pozostałe założenia są takie same jak w przypadku pozostałych wariantów. Zestawione korzyści /straty czasu jazdy w korytarzu przedstawia tablica 7-5:

Tablica 7-5 Roczne korzyści (+) i straty (-) czasu użytkowników parkingu P&R Północ, w porównaniu do przejazdu samochodem osobowym (pasażero-godzin) na rok.

Rok prognozy	Wariant I	Wariant II	Wariant III
	Autobus	Autobus + wydzielony pas ruchu	Tramwaj na wydzielonym torowisku
2005	-33061	-24336	-22353
2010	-31183	-22458	-20475
2015	-29035	-20309	-18326
2020	-20037	-11311	-9328
2025	-26950	+6669	+8652

Można zauważyć, że w niemalże w każdym roku eksploatacji parkingu P&R użytkownicy są narażeni na straty czasu. Dopiero w roku 2025, przy znaczącym wzroście natężenia ruchu i istotnym pogorszeniu warunków drogowych można mówić o oszczędnościach czasowych z tytułu korzystania z P&R. Pomniejszając korzyści wszystkich użytkowników korytarza drogowego o straty czasu osób korzystających z P&R wyznaczono wskaźniki ekonomiczne uwzględniające wszystkich uczestników ruchu (załącznik 7-3, 7-4 i 7-5). Wyniki zestawiono w tablicy 7-6 – 7-8:

Tablica 7-6. Wskaźniki efektywności ekonomicznej budowy parkingu P&R z uwzględnieniem strat czasu użytkowników systemu dla 8% stopy dyskontowej.

Wskaźniki oceny ekonomicznej	Stopa dyskontowa 8%		
	Autobus	Autobus + wydzielony pas ruchu	Tramwaj na wydzielonym torowisku
Wartość zdyskontowana netto - NPV (mln. zł)	10,73	10,84	10,87
Wskaźnik korzyści / koszty - B/C	3,18	3,21	3,21
Różnica procentowa w stosunku do wartości w tablicy 7-4 - NPV	2,7%	1,7%	1,5%
Różnica procentowa w stosunku do wartości w tablicy 7-4 – B/C	2,6%	1,6%	1,5%

Tablica 7-7. Wskaźniki efektywności ekonomicznej budowy parkingu P&R z uwzględnieniem strat czasu użytkowników systemu dla 10% stopy dyskontowej.

Wskaźniki oceny ekonomicznej	Stopa dyskontowa 10%		
	Autobus	Autobus + wydzielony pas ruchu	Tramwaj na wydzielonym torowisku
Wartość zdyskontowana netto - NPV (mln. zł)	8,89	8,97	8,99
Wskaźnik korzyści / koszty - B/C	2,91	2,94	2,95
Różnica procentowa w stosunku do wartości w tablicy 7-4 - NPV	2,8%	1,9%	1,7%
Różnica procentowa w stosunku do wartości w tablicy 7-4 – B/C	2,8%	1,8%	1,6%

Tablica 7-8. Wskaźniki efektywności ekonomicznej budowy parkingu P&R z uwzględnieniem strat czasu użytkowników systemu dla 15% stopy dyskontowej.

Wskaźniki oceny ekonomicznej	Stopa dyskontowa 15%		
	Autobus	Autobus + wydzielony pas ruchu	Tramwaj na wydzielonym torowisku
Wartość zdyskontowana netto - NPV (mln. zł)	6,07	6,13	6,14
Wskaźnik korzyści / koszty - B/C	2,36	2,39	2,40
Różnica procentowa w stosunku do wartości w tablicy 7-4 - NPV	3,1%	2,1%	1,9%
Różnica procentowa w stosunku do wartości w tablicy 7-4 – B/C	3,5%	2,4%	2,2%

Porównując wskaźniki ekonomiczne przypadku, kiedy nie uwzględniano wpływu strat czasu użytkowników systemu P&R z przypadkiem, w którym ten wpływ uwzględniono można zauważyć, że różnice w wartościach wskaźników ekonomicznych są stosunkowo niewielkie (tylko dla 15% stopy dyskontowej przekraczają 3,5%). Oznacza to nieistotne pogorszenie efektywności ekonomicznej systemu P&R dla szczegółowej analizy wpływów.

7.3 Wnioski z rozdziału 7.

W analizowanym przypadku podjęto próbę określenia efektywności ekonomicznej parkingów Park and Ride. Wybrano do analizy konkretny parking i wykazano dla niego efektywność, uwzględniając przyjęte założenia. Należy zaznaczyć, że omawiany przykład parkingu przesiadkowego jest rozwiązaniem modelowym. Analiza ekonomiczna była przeprowadzona dwuetapowo. W pierwszym etapie określono korzyści użytkowników korytarza drogowego, niekorzystających z systemu Park and Ride. W tym przypadku nawet przy 15% stopie dyskontowej uzyskano pozytywne wartości wskaźników ekonomicznych (np. wskaźnik B/C wyniósł 2,45). W drugim etapie uwzględniono ewentualne korzyści dla samych użytkowników P&R. Analizowano warianty obejmujące powiązanie parkingu autobusem, autobusem poruszającym się po wydzielonym pasie i tramwajem na wydzielonym torowisku. Oszczędności czasowe ujawniają się dopiero w ostatnim roku analizy i odnoszą się wyłącznie do tramwaju i autobusu poruszającego się po wydzielonym pasie. Wcześniejsze lata przynoszą wyłącznie straty czasu dla korzystających z parkingu. W rzeczywistości te straty są dla użytkowników rekompensowane z nadmiarem nieponiesionymi kosztami za parkowanie samochodu w śródmieściu. Wynoszą one około 10% wartości korzyści dla pozostałych uczestników w pierwszym roku analizy. W pozostałych latach udział strat użytkowników P&R w stosunku do osób niekorzystających z parkingów ulega znacznemu zmniejszeniu – do około 0,5% w roku 2020 (oznacza to, że w przypadku analizy efektywności ekonomicznej można separować wpływy, nie uwzględniając strat czasu użytkowników P&R – uznając je jako pomijalnie małe). Stosunkowo niewielkie oszczędności w pierwszych latach analizy oznaczają, że poziom swobody ruchu w korytarzu nie jest wystarczająco niski, by uwydatnić wpływ funkcjonujących parkingów przesiadkowych. Dopiero stopniowy wzrost natężenia ruchu i związane z tym straty czasu powodują wyraźny wzrost efektywności systemu. W dalszych latach funkcjonowania parkingu, straty czasu użytkowników systemu mają niewielki wpływ na zmniejszenie udziału w ogólnych korzyściach pozostałych uczestników ruchu a budowa parkingu okazuje się rozwiązaniem opłacalnym ekonomicznie. Bezpośrednim powodem osiągniętych korzyści jest stosunkowo duża różnica w kosztach czasu pasażerów i kierowców zawodowych.

Pełna analiza ekonomiczna rozwiązań typu Park and Ride wymagałaby bardziej szczegółowego podejścia. Jak do tej pory nie opracowano metody uwzględniającej specyfikę funkcjonowania parkingów przesiadkowych. Prezentowane podejście stanowi próbę określenia wskaźników efektywności ekonomicznej funkcjonującego systemu P&R i wymaga dalszych badań.

8. Podsumowanie pracy.

8.1 Spełnienie założonych celów.

Celem niniejszej pracy było wykazanie efektywności funkcjonalnej systemu parkingów przesiadkowych. Stanowi ona podstawę dla określenia efektywności ekonomicznej, będącej składnikiem tzw. studiów wykonalności, których opracowanie jest niezbędne m.in. do uzyskania środków pomocowych Unii Europejskiej. Cel osiągnięto wykorzystując różnorodne metody, w tym narzędzia analityczne i numeryczne (w tym symulacyjne) umożliwiające efektywne rozwiązania postawionego problemu.

Pierwszym zadaniem było ukazanie miejsca systemu Park and Ride w politykach transportowych formułowanych w odniesieniu do obszarów zurbanizowanych. Brano pod uwagę rolę parkingów przesiadkowych zapisaną wprost lub pośrednio w politykach transportowych miast polskich, w polityce transportowej państwa i w polityce transportowej Unii Europejskiej (tzw. Biała Księga).

Przedstawiono zasady funkcjonowania parkingów przesiadkowych i analizowano je z punktu widzenia użytkownika. Dokonano przeglądu literatury i stanu badań w krajach zachodnich, gdzie system P&R funkcjonuje od wielu lat. W dwóch polskich miastach: w Krakowie i w Rzeszowie przeprowadzono przygotowaną ankietę, badającą preferencje użytkowników P&R. Tym samym uzyskano informacje dające obraz oczekiwań potencjalnych użytkowników systemu.

Wyznaczono również funkcję kosztu uogólnionego podróży, stanowiącego podstawowy czynnik wpływu w modelach podziału zadań przewozowych. Dokonano przeglądu literatury i przedstawiono stosowane modele kosztu. Następnie do analiz przyjęto model addytywny kalibrując wartości współczynników wagowych wskaźnika uciążliwości narzędziami statystyki matematycznej. Opracowano ankiety pozwalające określić uciążliwość poszczególnych etapów podróży i drogą dwuetapowego ankietowania (metoda delficka) wyznaczono szukane wartości współczynników wagowych. Przedstawiono również aplikację otrzymanej formuły dla przypadku planowanych parkingów P&R w Warszawie i porównano wyniki z wynikami uzyskanymi z modelu irlandzkiego.

Najistotniejszą częścią rozprawy było stworzenie multimodalnego modelu podziału zadań przewozowych z uwzględnieniem podróży w systemie Park and Ride. Dokonano przeglądu stanu badań i przedstawiono modele podziału zadań przewozowych skalibrowane dla kilku miast polskich oraz opisano zastosowanie zbiorów rozmytych do analiz związanych z modelowaniem podróży. Ponieważ brak jest doświadczeń krajowych w tym zakresie (co wiąże się z brakiem odpowiednich obiektów badań) nie było możliwe określenie udziału podróży P&R na drodze empirycznej. Zdecydowano się na podejście polegające na wyborze układu wnioskowania rozmytego, bazującego na teorii zbiorów rozmytych. Wykorzystując techniki ankietowania (w tym metodę delficką) opracowano wzór ankiety i przeprowadzono ankietowanie, pozwalające określić konieczne formuły funkcji przynależności. W efekcie stworzenia układu wnioskującego wykorzystującego opracowane funkcje przynależności, uzyskano modele wydzielające podróże P&R z podróży odbywanych pierwotnie wyłącznie samochodem osobowym oraz wyłącznie komunikacją zbiorową.

Analizując funkcjonalność parkingów przesiadkowych wykazano ich wpływ na obciążenie ruchem układu ulicznego. Dla planowanych lokalizacji parkingów w Krakowie przeprowadzono analizę korytarzową, zarówno metodą analityczną - funkcja BPR wg metody HCM 85 i HCM 2000, jak i symulacyjną z wykorzystaniem programu do mikrosymulacji VISSIM. Aby ponadto uwzględnić efekt ruchu wzbudzonego, związanego z poprawą warunków ruchu, przeprowadzono analizę w skali całej sieci, modelując wpływ parkingów na sieć uliczną Warszawy, z wykorzystaniem programu makrosymulacji VISUM.

Ostatnim zadaniem pracy było określenie efektywności ekonomicznej inwestycji - budowa parkingów przesiadkowych. Dla przykładu planowanego parkingu P&R w Krakowie oceniono parametry ekonomiczne inwestycji i przeprowadzono uproszczoną analizę CBA (Cost Benefit Analysis).

Opracowano również zestaw zaleceń, jakimi powinni się kierować gminy planujące na swoim terenie budowę systemu parkingów przesiadkowych.

8.2. Wnioski generalne.

System Park and Ride został w niniejszej pracy poddany analizie wieloaspektowej, badającej go z punktu widzenia użytkownika oraz efektywności funkcjonalnej i ekonomicznej. System parkingów przesiadkowych jest postrzegany w polityce transportowej państwa i rekomendowany w uchwałach polityk transportowych dużych miast (np. Kraków, Warszawa czy Poznań). Obecność tych zapisów otwiera formalną drogę wdrażaniu koncepcji P&R jako narzędzia poprawy sytuacji ruchowej, w tym jakości podróżowania w dużych miastach. System Park & Ride sprzyja integracji systemu komunikacyjnego w obrębie całego obszaru zurbanizowanego, w tym strefy podmiejskiej. Ponieważ polityki transportowe zwracają uwagę na potrzeby zintegrowanego zarządzania komunikacją (w tym planowania jej rozwoju) w skali metropolitarnej, zatem lokalizacja parkingów przesiadkowych już poza obszarem miasta wymaga porozumienia ze służbami planowania przestrzennego w ościennych gminach.

Zgodnie z zasadami polityki transportowej Unii Europejskiej, politycy postrzegają Park and Ride jako pożądany alternatywny sposób użytkowania samochodu, wypełniający postulat wielomodalności w realizowaniu podróży.

W wyniku badań preferencji potencjalnych użytkowników P&R uzyskano obraz oczekiwań i warunków, pod jakimi są oni skłonni korzystać z systemu. Wobec braku funkcjonującego systemu Park and Ride, przeprowadzone badania dotyczyły tylko deklarowanych preferencji. Brak własnych doświadczeń ankietowanych z użytkowania parkingu P&R sprawiło, że uzyskane wyniki charakteryzują się znacznym rozrzutem. Oczekiwania ankietowanych koncentrowały się na zapewnieniu bezpieczeństwa własnego samochodu podczas parkowania, łatwości w znalezieniu miejsc parkingowych oraz uzyskaniu oszczędności na kosztach podróży. Większość ankietowanych uznała gotowość poniesienia dodatkowych kosztów związanych z korzystaniem z systemu P&R. Część ankietowanych (ok. 1/3) stwierdziła, że nie zrezygnuje z realizacji całej podróży samochodem na rzecz podróżowania w systemie Park and Ride.

Dla ujęcia kosztu uogólnionego podróży przyjęto model addytywny, w którym poza kosztami związanymi z eksploatacją samochodu, opłatami za przejazd komunikacją zbiorową uwzględnia uciążliwość podróży jako sumę czasów trwania poszczególnych składników podróży z uwzględnieniem wag. Skalibrowaną postać funkcji kosztu uogólnionego podróży można wykorzystać do zbadania reakcji użytkowników układu komunikacyjnego, w tym systemu P&R, na zmiany czasu trwania poszczególnych składników podróży oraz zbadać wrażliwość na wysokość opłat za parkowanie w śródmieściu. W wyniku zastosowania własnego modelu kosztu uogólnionego dla rozważanego przykładu lokalizacji parkingu P&R w Warszawie (z wykorzystaniem dostarczonego modelu podróży dla Warszawy) stwierdzono znacznie wyższy koszt podróży realizowanych wyłącznie samochodem osobowym w stosunku do pozostałych analizowanych środków transportu (wyłącznie komunikacja zbiorowa oraz Park and Ride). Zwiększenie opłaty za parkowanie w centrum (z 2,5 zł/godz. do 4,0 zł/godz.) wyraźnie podnosi koszt podróży samochodem osobowym (np. w stosunku do podróży realizowanych z wykorzystaniem parkingu P&R w relacji Radzymin – centrum Warszawy – wzrost 11%). Zatem funkcja kosztu uogólnionego podróży może być wykorzystana jako przesłanka ustalania wysokości opłat za parkowanie w centrum miasta oraz za korzystanie z systemu Park and Ride, tak aby wpływać na pożądaną strukturę podziału zadań przewozowych.

Z dokonanego przeglądu modeli podziału zadań przewozowych wynika, że większość z nich są to modele logitowe, z czynnikiem wpływu będącym ilorazem czasów podróży (komunikacji zbiorowej do komunikacji indywidualnej). Część modeli uzależnia udział podróży odbywanych danym środkiem transportu od motywacji bądź od wartości wskaźnika motoryzacji (Łódź). Nie można jednoznacznie stwierdzić, która grupa modeli lepiej estymuje wybór środka transportu. Każdy z modeli został skalibrowany w wyniku przeprowadzonych Kompleksowych Badań Ruchu i odnosi się do specyfiki analizowanego miasta. Wart podkreślenia jest fakt, iż wszystkie przedstawione modele dają w rezultacie zbliżone wyniki. Przedstawione modele podziału ruchu niepieszego odnoszą się do wyboru przez użytkownika dwóch środków transportu: samochodu osobowego i pojazdu komunikacji zbiorowej. Dostępne modele nie przewidują możliwości wyznaczenia udziału podróży realizowanych z systemie Park and Ride, gdyż w warunkach krajowych nie było poligonu badawczego pozwalającego modelować podróże uwzględniające system parkingów przesiadkowych (w żadnym z miast praktycznie nie funkcjonuje). Klasyczne modele podziału zadań przewozowych oparte są na wynikach badań ruchu wyrażających stwierdzone preferencje użytkowników. Są to najbardziej wiarygodne modele gdyż bazują na rzeczywistych zachowaniach mieszkańców. Natomiast modele bazujące na wynikach ankiet wyrażających deklarowane preferencje cechują się znacznie mniejszą zgodnością ze stanem rzeczywistym. W przypadku podróży P&R zachodzi poważna obawa, co do trafności udzielanych odpowiedzi związana z brakiem pełnej znajomości przez potencjalnych użytkowników zasad działania takiego systemu, a w szczególności własnych doświadczeń z korzystania z P&R.

Dla stworzenia modelu podziału zadań przewozowych uwzględniającego również podróże P&R wykorzystano właściwości zbiorów rozmytych i wnioskowania rozmytego. Bazując na odpowiedziach ekspertów wartościujących iloraz kosztu uogólnionego podróży opracowano modele wydzielające podróże odbywane w systemie Park and Ride. Weryfikację przyjętej metody przeprowadzono na dostępnych modelach bimodalnego podziału zadań przewozowych pomiędzy samochód osobowy i komunikację zbiorową. Ponieważ uzyskany model wykazywał dużą zgodność, zatem z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że przyjęte podejście jest właściwe i otrzymany model multimodalny będzie mógł być wykorzystany (do czasu uzyskania modeli bazujących na rzeczywistych zachowaniach) do oszacowania spodziewanego udziału podróży w systemie P&R. Największą zaletą podejścia jest stosunkowo szybki sposób pozwalający stworzyć i skalibrować układ wnioskujący. Nie wymaga on kosztownych i czasochłonnych badań, a opiera się jedynie na wynikach ankiet eksperckich dając przy tym zadowalające wyniki. Znajomość wielkości udziału podróży odbywanych w systemie Park and Ride jest ważną przesłanką do racjonalnego projektowanie systemu. Pozwala on formować warunki, w jakich system ten będzie atrakcyjny dla użytkownika.

Oceniając efektywność funkcjonalną P&R, poddano szerokiej analizie wpływ zmniejszenia natężenia ruchu wynikający z przejęcia części ruchu samochodowego przez funkcjonujący parking P&R. Wpływ ten wyraża się zmniejszeniem strat czasu w korytarzach drogowych prowadzących do centrum. Wykazano, że wraz ze wzrostem stopnia nasycenia, zmniejszenie natężenia ruchu o tę samą wartość (wynikającą z pojemności parkingu P&R) przynosi większe oszczędności czasowe użytkownikom podróżujących samochodem w analizowanych korytarzach.

Zmniejszenie liczby pojazdów jadących do śródmieścia (związane z funkcjonowaniem parkingów przesiadkowych) nie wpłynie w rzeczywistości na poprawę warunków ruchu w samym korytarzu. Potencjalne rezerwy przepustowości zostaną wykorzystane przez zmieniony (w stosunku do sytuacji pierwotnej) rozkład ruchu na sieć uliczną.

Zasadniczą wadą podejścia korytarzowego jest brak możliwości modelowania zmiany w rozkładzie ruchu na sieć uliczną związanej z faktem poprawy sytuacji ruchowej w tych korytarzach, powodowanej funkcjonowaniem parkingów. Niedoskonałość tę można

wyeliminować przez rozkład ruchu w całej sieci ulic. Wykorzystując model transportowy dla Warszawy i modyfikując odpowiednio więźby ruchu uzyskano macierze uwzględniające podróże w systemie Park and Ride. W przypadku analizy korytarzowej uzyskane skrócenie czasu podróży w wyniku wprowadzenia parkingów P&R wynosiło ok. 11%, to w wyniku analizy sieciowej, uwzględniającej zmianę w rozkładzie ruchu na sieci - poprawa nie przekroczyła 2%. Poza czasem podróży w analizie sieciowej oszacowano również wielkość pracy przewozowej. Wykazano także efekt P&R w postaci zmniejszenia pracy przewozowej realizowanej samochodami na obszarze centrum miasta, co jest jednym z celów racjonalnej polityki transportowej.

Można przypuszczać, że zwiększenie liczby parkingów i ich łącznej pojemności wpłynie na poprawę funkcjonowanie układu ulicznego w centrach miast. Oddzielnym problemem jest skłonienie potencjalnych użytkowników do korzystania z systemu. W niniejszej analizie założono wysoką popularność parkingów przesiadkowych wyrażoną stopniem ich wypełnienia (jedno z założeń początkowych). Zapewnienie tak wysokiej popularności systemu powinno odbywać się na płaszczyźnie decyzji politycznych uwzględniających zasady polityki transportowej miast.

Przeprowadzona skrócona analiza ekonomiczna wykazała, że budowa parkingów przesiadkowych jest uzasadniona ekonomicznie (stwierdzenie to odnosi się od przepływów ekonomicznych a nie finansowych). Oznacza to, że wyrażone w wartościach pieniężnych zdyskontowane oszczędności na sumarycznych czasach podróży pokrywają poniesione koszty inwestycyjne budowy tych parkingów. Wykazano również, że wpływ ewentualnych strat czasu grupy użytkowników systemu Park and Ride na efektywność całego układu w korytarzu drogowym jest pomijalnie mała. Oznacza to, że analizując efektywność systemu można skupić się na korzyściach płynących z oszczędności czasu kierowców i pasażerów samochodów osobowych oraz pasażerów komunikacji zbiorowej. Oszczędności te wynikają z poprawy warunków ruchu w korytarzu drogowym spowodowanymi przejęciem części ruchu przez parkingi przesiadkowe.

8.3 Kierunki dalszych badań.

Jako kontynuację prowadzonych badań proponuje się:

- Analizę funkcjonowania systemu Park and Ride (w tym z punktu widzenia użytkownika), w warunkach krajowych na przykładzie zrealizowanego i funkcjonującego układu parkingów P&R w Warszawie, założonego do realizacji w najbliższych latach.
- Porównanie modelu bazującego na zbiorach rozmytych z modelami opracowanymi na podstawie badań kompleksowych ruchu.
- Estymacja funkcji wpływu zatłoczenia komunikacyjnego na uciążliwość podróży.
- Opracowanie modelu podziału zadań przewozowych w oparciu o elementy teorii możliwości i porównanie wyników z modelem bazującym na wnioskowaniu rozmytym.
- Przeprowadzenie szczegółowej analizy sieciowej całego systemu parkingów przesiadkowych, z wykorzystaniem najnowszej wersji programu do makrosymulacji komputerowej VISUM, ver. 9.3 (będącej jeszcze w fazie testowania), posiadającej moduł Park and Ride.
- Zbadanie efektywności funkcjonalnej i ekonomicznej poszczególnych instrumentów, zwiększających atrakcyjność systemów P&R.

Bibliografia.

- [1] Antoszkiewicz J. "Metody heurystyczne", Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1982.
- [2] Arezki Y, Boddy D. "Modeling park and ride", Proceedings of the 22 European Transport Forum, Transportation Planning Methods, PTRC, London 1994.
- [3] Benjamins M., van Nes R. "Multimodal travel choice modeling: a super-network approach", 81st Annual Meeting of the TRB, 2002
- [4] Bentley, R (1999) Park and ride in Plymouth and its integration with transport and parking strategy. Forthcoming in: Proceedings of 7th Annual Conference on Park and Ride, PTRC, Hammersmith.
- [5] Biuro Planowania Rozwoju Warszawy, "Warszawskie Badanie Ruchu 1998 - raport końcowy", Warszawa 1998
- [6] Biuro Planowania Rozwoju Warszawy, „Studium systemu komunikacyjnego Łodzi”, Łódź 2003
- [7] Bogenberger K., "A new rerouting control system which is based on fuzzy logic", Traffic Engineering and Control, page 44-49, February 2003
- [8] Bos I., "Cognitions and relative importance underlying consumer validation of Park and Ride facilities", Transportation Research Board Annual Meeting, 2003
- [9] Bronsztejn I., "Matematyka - poradnik encyklopedyczny", Wydanie czwarte, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1970
- [10] Brzeziński A., Waltz A., "Budowa hierarchicznych modeli ruchu w sieciach drogowych", rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Warszawa 1998
- [11] Chojcan J., Łęski J. "Zbiory rozmyte i ich zastosowania", Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2001
- [12] COST 342: Parking policy measures and their effects on mobility and the economy, WG 2-5; Park and Ride, sierpień 2002
- [13] Driankov D., "Wprowadzenie do sterowania rozmytego", Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 1996
- [14] Drwał G., Grzymkowski R., "Mathematica 5", Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2004
- [15] Dz. U. z 1998 Nr 155, poz. 1014 z późniejszymi zmianami
- [16] Dz. U. z 1999 Nr 82, poz. 928 z późniejszymi zmianami
- [17] Dz. U. z 2000 Nr 48, poz. 550 z późniejszymi zmianami
- [18] Fuzzy logic toolbox, User Guide, version 2, The Math Works Inc. 2000
- [19] Garling T. "Theoretical Foundations of Travel Choice Modelling", Pergamon, Elsvier 1998.
- [20] Greń J., "Statystyka matematyczna. Modele i zadania", Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1982
- [21] Han A.F. "Assessment of transfer penalty to bus riders in Taipei: a desegregate demand modeling approach", Transportation Research Board Annual Meeting, Washington 1987
- [22] Heggie G., Papoulias D. "Forecasting the number and characteristics of park and ride users in Oxford", Traffic Engineering and Control, 16,(12) 549-56, 1975
- [23] Heggie G., Papoulias D., "Operational Performance of Park-and-Ride: Objectives and Achievements in Oxford", Working Paper 23, Transport Studies Unit, University of Oxford, 1976
- [24] Highway Capacity Manual 2000, US Bureau of Public Roads, Washington D.C. 2000

- [25] Highway Capacity Manual 85, US Bureau of Public Roads, Washington D.C. 1985
- [26] Holden J., "Park and ride and road pricing." Proceedings of 6th Annual Conference on Park and Ride." PTRC, Hammersmith, 1998
- [27] http://www.ctre.iastate.edu/research/multimod/intranet/draft.html#_toc443295550
- [28] http://www.demis.nl/demis_uk/products/netter32.html
- [29] http://www.liemur.com/articles/wideband_delphi.html
- [30] <http://www.managenergy.net/conference/trans0602/contursi2.pdf>
- [31] http://www.parkandride.net/oxford/html/oxford_frameset.html
- [32] <http://www.survey.ntua.gr/main/labs/rsens/DeCETI/IRIT/MSI-FUSION/node67.html>
- [33] Hurdle D., "The Scope for Bus Park and Ride Schemes in London." London Boroughs Association, 1992
- [34] Jaskółka M. "Analiza wpływu czynników na wybór podróżowania w systemie Park and Ride", praca magisterska w Instytucie Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Politechnika Krakowska, Kraków 2004"
- [35] Kacprzyk J. "Zbiory rozmyte w analizie systemowej", Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1986
- [36] Kacprzyk J., "Wieloetapowe podejmowanie decyzji w warunkach rozmytości", Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1983
- [37] Kałuża M., "Psychologiczne uwarunkowania użytkowników systemu parkingów przesiadkowych Park and Ride w Krakowie", Zeszyty Naukowo Techniczne Oddziału Krakowskiego SITK, Kraków 1996
- [38] Kania A., "System park and Ride w zintegrowanym systemie transportowym", praca magisterska, Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Kraków 2002
- [39] KBR 2003, Przetwarzanie wyników badań, Moduł: Modelowanie ruchu, Pracownia Badań Społecznych, Sopot 2003"
- [40] Kruszyna M., "Koncepcja dynamicznego systemu parkingów strategicznych Park and Ride", Zeszyty Naukowo - Techniczne oddziału SITK w Krakowie, nr 24, Kraków 1998
- [41] Krych A. z zespołem, "KBR Poznań 2000 - diagnoza i wnioski", Biuro Inżynierii Transportu BIT, Poznań 2000
- [42] Krych A. z zespołem, "Prognoza ruchu dla miasta stołecznego Warszawy - raport", Biuro Inżynierii Transportu BIT, Poznań, kwiecień 2004
- [43] Krysicki W., "Rachunek Prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach", tom I, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999
- [44] Kulikowski R., "Analiza systemowa i jej zastosowanie", Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1977
- [45] Mamdani E., "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller", International Journal of Man - Machine Studies, vol. 7, No 1, 1997
- [46] Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Transferia: een handreiking bij voorbereiding en realisati, Den Haag, 2000
- [47] Model Transportowy Warszawy, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Politechnika Warszawska 1999.
- [48] O'Conneide D. "Modeling Park and Ride", European Transport Conference, Proceedings of Seminar F, Cambridge, 27-29 September 1999"
- [49] O'Conneide D., and Casserley O., "Modeling Park and Ride. Proc. of PTRC European Transport Forum, Seminar K. PTRC, Hammersmith, 1999
- [50] O'Conneide D., Casserly O. "Park and Ride in Cork", Traffic Research Unit, University College, Cork

- [51] Parkhurst G., "Influence of bus-based park and ride facilities on users' car traffic", *Transport Policy*, 7 (2) 159-172 (2000).
- [52] Paakaupunkiseudun Liityntapysa-Kointistategia 2020, YTV Liikenne, Helsinki 1997 (ankieta)
- [53] Parkhurst G., "The Economic and Modal-Split Impacts of Short-range Park and Ride Schemes: Evidence from Nine UK Cities", ESRC Transport Studies Unit, University College London, Publication 96/29, 1996
- [54] Parkhurst G., "Dedicated Bus-based Park and Ride Services and the Demand for Public Transport." ESRC TSU report 2001/5, 2001
- [55] Pickett M., "The effectiveness of bus-based park and ride, Paper to: Parking Control: From Principles to Practice", Seminar, University of Surrey. Transport Research Laboratory, Crowthorne, 2001
- [56] Polityka transportowa państwa na lata 2001-2015 dla zrównoważonego rozwoju kraju, przyjęta przez Radę Ministrów w październiku 2001 roku.
- [57] Polityka Transportowa Państwa na lata 2005 - 2025 (projekt). Ministerstwo Infrastruktury, grudzień 2004
- [58] Praca zbiorowa: "Problemy metodologii badań systemowych", Wydawnicwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1973
- [59] Praca zbiorowa: Politechnika Krakowska, Polinvest, "Studium wykonalności budowy parkingów strategicznych "Parkuj i Jedź" (Park and Ride)", Kraków, grudzień 2004
- [60] PTV AG., "Visum User Manual - Analysis and Planning of Transport Networks", PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe 2001
- [61] Rudnicki A. "Jakość Komunikacji miejskiej", Zeszyty Naukowo - Techniczne Oddziału SITK w Krakowie, Zeszyt 71, Kraków 1999.
- [62] Rudnicki A. z zespołem "Studium wykonalności dla budowy parkingów typu Parkuj i Jedź w lokalizacjach "Wilanowska", "Połczyńska" i "Włociańska"", Kraków 2004, materiały niepublikowane
- [63] Rudnicki A. z zespołem "Zasady zagospodarowania, organizacji i zarządzania parkingami typu "Parkuj i Jedź"", Kraków 2004, materiały niepublikowane "
- [64] Rudnicki A., Szarata A., "Projekt systemu Park and Ride w Krakowie", Kraków 2003
- [65] Rutkowska D., "Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i zbiory rozmyte", Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1997
- [66] Sassanelli D., "Parking demand assignment by means of possibility theory based procedure", *Archives of Transport*, volume 14, Warsaw 2002
- [67] Sassanelli D., "Modeling uncertainty in parking choice behavior", *Transportation Research Board*, 82nd Annual Meeting, paper no. 0,-3776, 2003
- [68] Simpson B. "What makes for success in park and ride", *Parking Review*, June 1995.
- [69] Soroka A., "Koncepcja parkingu przesiadkowego Park and Ride w Krakowie", praca magisterska, Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Kraków 2004
- [70] Starowicz W. z zespołem, "Kompleksowe badania ruchu w Katowicach i Siemianowicach Śląskich - Analizy problemowe", Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie, Kraków 1999
- [71] Statistical Graphic Corporation, "Statgraphics Plus Manual", ver. 5.1., International Professional, 2001
- [72] Stienstra S. "Park and Ride, okoliczności sprzyjające, warunki i wymagania w świetle doświadczeń różnych krajów" Zeszyty Naukowo Techniczne SITK w Krakowie, Zeszyt 106, Kraków 2003

- [73] Stienstra S., "Parkeren in Groningen", Adviesbureau stedelijk verkeer, 1997
- [74] Suchorzewski W. z zespołem, „Planowanie systemów transportu w miastach”, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa 1992
- [75] Suchorzewski W. z zespołem, "Model transportowy Warszawy", Warszawa 1999
- [76] Suchorzewski W., "Raport o stanie komunikacji miejskiej", Warszawa 1998
- [77] Suchorzewski W., „Zatłoczenie miast w świetle wyników projektu ECMT/OECD na temat transportu w miastach”, III Konferencja Naukowo – Techniczna Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, Poznań 2001
- [78] Szarata A. Estymacja uogólnionego kosztu w podróżach PARK AND RIDE, Politechnika Śląska - Zeszyty Naukowe Nr 1595 Budownictwo - Zeszyt 101 Gliwice 2003 s.399 - 406
- [79] Szarata A. Gotowość użytkowników do korzystania z systemu PARK AND RIDE, Zeszyty Naukowe - Techniczne Oddziału SITK w Krakowi seria: Materiały konferencyjne Nr 56 (zeszyt 106) Materiały V Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo - Technicznej Polityka Transportowa w Miastach Zakopane 28 - 30 maja 2003 s.207 – 215
- [80] Szarata A. "Przegląd rozwiązań systemu "Parkuj i jedź" na przykładach wybranych miast europejskich", Transport Miejski Nr 6 Rok XXI - czerwiec 2002, SITK Warszawa; s. 15-21
- [81] Szarata A., "Park and Ride System - an Attempt of Efficiency Describing", II. PhD CivilExpo Conference, Budapest 29-30 January 2004
- [82] Szrajber J. z zespołem, "Instrukcja oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych", Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Samodzielna Pracownia Ekonomiki Dróg i Mostów, Warszawa marzec, 2004
- [83] Terano T., "Applied Fuzzy Systems", AP Professional, London 1994
- [84] The economic and environmental roles of park and ride. Paper to the 6th PTRC Annual Conference on Park and Ride, Confederation of Passenger Transport, London (ESRC TSU report 1998/15)"
- [85] The Math Works, "Matlab Manual - the Language of Technical Computing", version 6.0.0.88, Release 12, September 2000
- [86] The White Paper, "European Transport Policy for 2010: time do decide", European Commission, 2001
- [87] Thompson R.G., "Surveys of Motorists parking in the Wollongong Central Business District and at the University" Transport Working Paper, TSWP, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Melbourne, 1993
- [88] TRL/Strathclyde Passenger Transport Executive Park and Ride in Scotland. Report to Scottish Executive Central Research Unit. The Stationery Office, Edinburgh (1999)
- [89] Tracz M. z zespołem "Pomiary w inżynierii ruchu", Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1986
- [90] Uaktualnienie sieci drogowej w modelu transportowym Warszawy, Biuro Inżynierii Transportu, Poznań 2004, materiały niepublikowane.
- [91] van der Waard J. "The relative importance of the public transport trip-time attributes in route choice", PTRC, Annual Summer Meeting 1988, Bath, England.
- [92] Whitfield, S. "The Travel Effects of Park and Ride." WSAtkins Planning Consultants, Epsom for DETR (1998)
- [93] Wainaina S. "Modal split modeling in urban travels with consideration of activity chains" praca doktorska w Instytucie Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Politechnika Krakowska, Kraków 2003
- [94] Wiegers K. "Delphic Method", Trang Hoang Nguyen Post, 28 August 2001

- [95] Wolfram Research, "Mathematica Manual", ver. 5., Academic Copy, Wolfram Media, 2004
- [96] www.mpk.krakow.pl
- [97] Zadeh L. "Fuzzy sets", Information and Control, 1965, vol.8, str. 338-353
- [98] Zadeh L. "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes" IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 3, 1073
- [99] Zahavi Y. "TT - relationship: an unified approach to transportation planning", Traffic Engineering and Control, 4-5, 1973

Załączniki

Nr załącznika	Tytuł załącznika	Strona
3-1a	Czynniki wpływające na ewentualne korzystanie z systemu „P+R”	162
3-1b	Ankieta wstępna dotycząca korzystania z P&R	163
3-2	Ankieta określająca gotowość i warunki korzystania z systemu Parkuj i Jedź	164
3-3	Tablica niezależności χ^2 dla wyników ankiet z Krakowa i Rzeszowa	165
3-4	Ankieta dotycząca zagospodarowania parkingu przesiadkowego	166
4-1	Ankieta dotycząca wartościowania składników czasu podróży	167
4-2	Ankieta II dotycząca wartościowania składników czasu podróży	168
4-3	Porównanie czasów podróży komunikacją indywidualną, zbiorową i w systemie P&R – parking „Włociańska”.	169
4-4	Porównanie czasów podróży komunikacją indywidualną, zbiorową i w systemie P&R – parking „Połczyńska”.	170
4-5	Porównanie czasów podróży komunikacją indywidualną, zbiorową i w systemie P&R – parking „Wilanowska”.	171
5-1a, 5-1b	Ankieta ekspercka I dotycząca kształtu funkcji przynależności	172
5-2	Porównanie czasu przejazdu i kosztu uogólnionego podróży dla parkingów P&R w Warszawie dla następujących horyzontów czasowych: 2008, 2015, 2030.	174
5-3	Wyniki ankiety dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły) – etap pierwszy	175
5-4a	Wyniki ankiety eksperckiej dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły).	176
5-4b	Wyniki ankiety eksperckiej dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły).	177
5-5	Normalizacja zbiorów rozmytych	178
5-6	Ankieta ekspercka – II etap (metoda delficka), dotycząca kształtu funkcji przynależności	179
5-7	Zestawienie wyników ankiet - etap II - metoda delficka	180
5-8a	Wyniki ankiety eksperckiej (etap II - metoda delficka), dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły).	181
5-8b	Wyniki ankiety eksperckiej (etap II - metoda delficka), dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły).	182

5-9	Dystrybuanty proponowanych funkcji aproksymujących poprzedniki reguł wnioskujących.	183
5-10	Ankieta ekspercka II – dotycząca udziału poszczególnych środków transportu w podróżach	184
5-11	Wyniki ankiety dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wyjściowych (następników reguły) – etap pierwszy.	185
5-12	Normalizacja funkcji przynależności dla zmiennych lingwistycznych opisujących udział komunikacji indywidualnej (następnik reguły).	186
5-13	Ankieta ekspercka – II etap (metoda delficka) - dotycząca udziału poszczególnych środków transportu w podróżach	187
5-14	Test Kołmogorowa Smirnowa dla wyników ankiety delfickiej dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej opisującej udział komunikacji indywidualnej.	188
5-15	Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.	189
5-16	Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.	191
6-1	Określenie wielkości korygujących potencjały więzby ruchu, dostosowując ją do podróży w systemie Park and Ride.	192
6-2	Wieżba zmniejszająca liczbę podróży dla parkingu P&R Włociańska	193
6-3	Wieżba zmniejszająca liczbę podróży dla parkingu P&R Połczyńska.	194
6-4	Wieżba zmniejszająca liczbę podróży dla parkingu P&R Wilanowska.	195
7-1	Prognozy ruchu i korzyści użytkowników korytarza drogowego parkingu P&R Krak, w poszczególnych latach prognozy.	196

Załącznik 3-1a**Czynniki wpływające na ewentualne korzystanie z systemu „P+R”**

1. Nieznajomość miasta
2. Brak możliwości pozostawienia pojazdu w rejonie celu podróży (zakaz postoju, strefy płatnego parkowania, niedostateczna liczba miejsc postojowych)
3. Wysokie opłaty za miejsca parkingowe w centrum miasta, limitowany czas postoju,
4. Troska o samochód – obawa przed kradzieżą czy włamaniem (pozostawienie pojazdu na parkingu strzeżonym P+R)
5. Przeciążenie i zatłoczenie ulic wiodących do celu podróży,
6. Skrócenie czas dojazdu ze źródła do celu podróży
7. Wygoda podróży (napelnienie pojazdu komunikacji zbiorowej, punktualność, częstotliwość kursowania pojazdów komunikacji zbiorowej)
8. Bezprzesiadkowe podróżowanie środkami komunikacji zbiorowej
9. Względy finansowe: bezpłatny (niski) koszt parkowania w systemie P+R, karty promocyjne, abonament, płatność bezgotówkowa, wspólna opłata za parking i bilet komunikacji zbiorowej.
10. Tablice informacyjne o sposobie dojazdu do parkingu P+R
11. Brak wystarczających umiejętności poruszania się po mieście,
12. Względy ekologiczne: ochrona przed hałasem, ochrona dóbr kultury, itp.
14. Motywacja podróży

Załącznik 3-2**Ankieta określająca gotowość i warunki korzystania z systemu
Parkuj i Jedź**

1. Wiek ankietowanego:

 20-35 lat 36-50 lat pow. 50 lat

2. Płeć:

 K M

3. Wykształcenie:

 Wyższe Średnie Podstawowe

4. Źródło podróży (skąd Pan wyjechał?):

.....
ulica miejscowość

5. Odległość z parkingu do celu podróżym

6. Jaki jest cel podróży?

 Praca Zakupy Dom Inne Szkoła

7. Jak często jest Pan (Pani) w centrum Krakowa?

 1 - 2 razy w tygodniu 3 - 4 razy w tygodniu Codziennie

8. Jaki rodzaj pracy Pan (Pani) wykonuje?

 Prowadzę własną firmę Jestem zatrudniony w zakładzie pracy

9. Jak długo parkował Pan (Pani) w śródmieściu?

..... godzin

10. Jaka jest wg Pana (Pani) dobra opłata za system P+R

.....zł/dzienne/samochód

.....zł/miesięcznie/samochód

11. Co skłoniłoby Pana (Panią) do korzystania z systemu Parkuj i Jedź?

 Oszczędność czasu Problemy z parkowaniem w centrum Oszczędność pieniędzy Inne

jakie?

12. Uwagi:

Załącznik 3-3

Tablica niezależności χ^2 dla wyników ankiet z Krakowa.

motywacja	Czas parkowania			n_i	p_i
	<1h	1-2 h	pow 2 h		
praca	0,1631	0,2657	0,1072	66	0,55462
	27	27	12		
inne	19	32	13	53	0,44538
	0,1310	0,2133	0,0861		
	8	32	13		
ni	16	25	10	119	1,0000
	35	57	23		
pi	0,2941	0,4790	0,1933		

Tablica do wyznaczenia statystyki "chi kwadrat"

n_{ij}	$n \cdot p_{ij}$	$(n_{ij} - n \cdot p_{ij})^2$	$(n_{ij} - n \cdot p_{ij})^2 / n \cdot p_{ij}$
27	19,41	57,58	2,97
27	31,61	21,28	0,67
12	12,76	0,57	0,04
8	15,59	57,58	3,69
32	25,39	43,74	1,72
13	10,24	7,60	0,74
wartość χ^2			9,84

Tablica niezależności χ^2 dla wyników ankiet z Rzeszowa.

motywacja	Czas parkowania			n_i	p_i
	<1h	1-2 h	pow 2 h		
praca	0,1673	0,1673	0,3028	51	0,63750
	13	12	26		
inne	13	13	24	29	0,36250
	0,0952	0,0952	0,1722		
	8	9	12		
ni	8	8	14	80	1,0000
	21	21	38		
pi	0,2625	0,2625	0,4750		

Tablica do wyznaczenia statystyki "chi kwadrat"

n_{ij}	$n \cdot p_{ij}$	$(n_{ij} - n \cdot p_{ij})^2$	$(n_{ij} - n \cdot p_{ij})^2 / n \cdot p_{ij}$
7	13,39	40,80	3,05
7	13,39	40,80	3,05
26	24,23	3,15	0,13
8	7,61	0,15	0,02
9	7,61	1,93	0,25
12	13,78	3,15	0,23
wartość χ^2			6,73

Załącznik 3-4

Niniejsza ankieta jest anonimowa. Celem ankiety jest określenie preferowanej przez państwa formy zagospodarowania parkingu w systemie park and Ride

Proszę o zaznaczenie krzyżykiem odpowiedzi

1. Jakie usługi powinny być dostępne na terenie parkingu lub w bezpośrednim sąsiedztwie (można zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź)?:

Nie widzę potrzeby lokalizowania żadnych usług

Serwis samochodowy (podstawowe usługi)

Drobne usługi

Drobny handel

Supermarket

Inne:

2. Jaki sposób zabezpieczenia parkingu jest dla Pana/Pani najlepszy?

Nie widzę potrzeby stosowania urządzeń zabezpieczających

Ogrodzony

Z kontrolą wjazdu i wyjazdu

Nadzorowany tradycyjnie

Nadzorowany telewizją przemysłową

3. Jaki jest cel Pana/Pani podróży do centrum?

Praca

Nauka

Sprawy urzędowe

Zakupy, usługi

Inne

4. Metryczka:

- Wiek

20-35 lat

36-50 lat

Pow. 50 lat

- Płeć

Kobieta

Mężczyzna

5. Uwagi:

.....

Załącznik 4-1

Ankieta dotycząca wartościowania składników czasu podróży
(dotyczy przeciętnej podróży w mieście – 20-30 min)

1. O ile bardziej uciążliwy jest dla Pana/Pani czas dojścia do samochodu od czasu jazdy samochodem osobowym w warunkach średniego natężenia ruchu. Oba czasy należy odnieść do tej samej długości ich trwania (1min.czasu dojścia = 1 min. czasu jazdy). Wartość współczynnika =1,0 oznacza, że czas dojścia do samochodu jest tak samo uciążliwy jak czas jazdy; wartość współczynnika =2,0 oznacza, że czas dojścia jest dwukrotnie bardziej uciążliwy niż czas jazdy.

.....

2. O ile bardziej uciążliwy jest dla Pana/Pani czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej od czasu jazdy samochodem osobowym w warunkach średniego natężenia ruchu. Oba czasy należy odnieść do tej samej długości ich trwania (1min.czasu oczekiwania = 1 min. czasu jazdy) Wartość współczynnika =1,0 oznacza, że czas oczekiwania jest tak samo uciążliwy jak czas jazdy; wartość współczynnika =2,0 oznacza, że czas oczekiwania jest dwukrotnie bardziej uciążliwy niż czas jazdy.

.....

3. O ile minut byłby Pan/Pani w stanie wydłużyć podróż samochodem, aby nie przesiadać się z samochodu osobowego na komunikację zbiorową w systemie Park and Ride?

Przesiadka nie wymaga dodatkowej opłatymin
Przesiadka wymaga dodatkowej opłatymin

4. O ile bardziej uciążliwy jest dla Pana/Pani czas jazdy komunikacją zbiorową od czasu jazdy samochodem osobowym w warunkach średniego natężenia ruchu. Oba czasy należy odnieść do tej samej długości ich trwania (np. 1min.czasu jazdy k.z. = 1 min. czasu jazdy samochodem) Wartość współczynnika =1,0 oznacza, że czas jazdy komunikacją zbiorową jest tak samo uciążliwy jak czas jazdy samochodem osobowym; wartość współczynnika =2,0 oznacza, że czas jazdy komunikacją zbiorową jest dwukrotnie bardziej uciążliwy niż czas jazdy samochodem osobowym.

Napełnienie pojazdu k.z.	Szacowane wartości dla współczynnika uciążliwości dla przypadku:	
	Pasażer siedzi	Pasażer stoi
Niewielkie (poniżej 1 os./m ²)		
Średnie (2-3-os./m ²)		
Bardzo duże (5-7 os./m ²)		

5. O ile bardziej uciążliwa jest 10 minutowa jazda w korku, od 10 minutowej jazdy przy średnim natężeniu ruchu?

.....

Załącznik 4-2

**Ankieta II dotycząca wartościowania składników czasu podróży
(dotyczy przeciętnej podróży w mieście – 25-30 min)**

L.p.	Pytanie	mediana	Odstęp międzykwartylowy	Nowa propozycja
1.	O ile bardziej uciążliwy jest dla Pana/Pani czas dojścia do samochodu od czasu jazdy samochodem osobowym w warunkach średniego natężenia ruchu. Oba czasy należy odnieść do tej samej długości ich trwania (1min.czasu dojścia = 1 min. czasu jazdy). Wartość współczynnika =1,0 oznacza, że czas dojścia do samochodu jest tak samo uciążliwy jak czas jazdy; wartość współczynnika =2,0 oznacza, że czas dojścia jest dwukrotnie bardziej uciążliwy niż czas jazdy.	1,00	1,00-1,50
2.	O ile bardziej uciążliwy jest dla Pana/Pani czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej od czasu jazdy samochodem osobowym w warunkach średniego natężenia ruchu. Oba czasy należy odnieść do tej samej długości ich trwania (1min.czasu oczekiwania = 1 min. czasu jazdy) Wartość współczynnika =1,0 oznacza, że czas oczekiwania jest tak samo uciążliwy jak czas jazdy; wartość współczynnika =2,0 oznacza, że czas oczekiwania jest dwukrotnie bardziej uciążliwy niż czas jazdy.	2,00	1,50-2,35
3.	O ile minut byłby Pan/Pani w stanie wydłużyć podróż samochodem, aby nie przesiadać się z samochodu osobowego na komunikację zbiorową w systemie Park and Ride?			
	- przesiadka nie wymaga dodatkowej opłaty	10,00	5,00-15,00
	- przesiadka wymaga dodatkowej opłaty	15,00	10,00-20,00
4.	O ile bardziej uciążliwy jest dla Pana/Pani czas jazdy komunikacją zbiorową od czasu jazdy samochodem osobowym w warunkach średniego natężenia ruchu. Oba czasy należy odnieść do tej samej długości ich trwania (np. 1min.czasu jazdy k.z. = 1 min. czasu jazdy samochodem) Wartość współczynnika =1,0 oznacza, że czas jazdy komunikacją zbiorową jest tak samo uciążliwy jak czas jazdy samochodem osobowym; wartość współczynnika =2,0 oznacza, że czas jazdy komunikacją zbiorową jest dwukrotnie bardziej uciążliwy niż czas jazdy samochodem osobowym. (średnie napelnienie pojazdu 2-3 os./m²)			
	- pasażer siedzi	1,40	1,00-2,00
	- pasażer stoi	2,00	1,83-3,00
5.	O ile bardziej uciążliwa jest 10 minutowa jazda w korku, od 10 minutowej jazdy przy średnim natężeniu ruchu?	2,00	2,00-3,00

Załącznik 4-3

Porównanie czasów podróży komunikacją indywidualną, zbiorową i w systemie P&R – parking „Włociańska”.

		2008			Samochód osobowy			komunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)			oszczędności (+) /straty (-) czasu [min]			
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn	Boernerowo	73	14		30,60	4,00	34,60	43,97	7,80	10	17,40	35,20	9,37	-0,60	8,77
	Tarchomin	295	14		31,58	4,00	35,58	33,93	13,23	10	17,40	40,63	-1,65	-5,05	-6,70
	Wiśniewo	298	14		30,20	4,00	34,20	36,48	11,52	10	17,40	38,92	2,28	-4,72	-2,43
	Tarchomin	305	14		34,22	4,00	38,22	37,72	14,52	10	17,40	41,92	-0,50	-3,70	-4,20
	Choszczówka	312	14		36,93	4,00	40,93	38,20	18,25	10	17,40	45,65	-2,73	-4,72	-7,45
zewn	Lomianki	314	14		36,87	4,00	40,87	47,33	19,52	10	17,40	46,92	6,47	-6,05	0,42
	Nw. Dw. Maz	315	14		64,38	4,00	68,38	72,12	46,23	10	17,40	73,63	3,73	-5,25	-1,52
	Wołomin	325	14		103,12	4,00	107,12	49,72	81,72	10	17,40	109,12	-57,40	-2,00	-59,40
	Marki	326	14		57,33	4,00	61,33	66,17	38,67	10	17,40	66,07	4,83	-4,73	0,10
	Radzymin	327	14		72,80	4,00	76,80	87,60	54,12	10	17,40	81,52	10,80	-4,72	6,08
	Czosnów	358	14		51,93	4,00	55,93	76,80	33,78	10	17,40	61,18	20,87	-5,25	15,62
	Legionowo	360	14		79,25	4,00	83,25	58,33	42,85	10	17,40	70,25	-24,92	13,00	-11,92
	średnia oszczędność / strata												-2,40	-2,82	-5,22
odchylenie standardowe												20,41	5,21	18,65	
		2015			Samochód osobowy			komunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)			oszczędności (+) /straty (-) czasu [min]			
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn	Boernerowo	73	14		28,05	4,00	32,05	32,97	9,70	10	17,40	37,10	0,92	-5,05	-4,13
	Tarchomin	295	14		33,68	4,00	37,68	34,27	11,77	10	17,40	39,17	-3,42	-1,48	-4,90
	Wiśniewo	298	14		32,63	4,00	36,63	36,48	13,80	10	17,40	41,20	-0,15	-4,57	-4,72
	Tarchomin	305	14		36,65	4,00	40,65	37,92	14,73	10	17,40	42,13	-2,73	-1,48	-4,22
	Choszczówka	312	14		39,75	4,00	43,75	38,18	19,57	10	17,40	46,97	-5,57	-3,22	-8,78
zewn	Lomianki	314	14		33,45	4,00	37,45	43,68	13,50	10	17,40	40,90	6,23	-3,45	2,78
	Nw. Dw. Maz	315	14		48,95	4,00	52,95	73,78	29,73	10	17,40	57,13	20,83	-4,18	16,65
	Wołomin	325	14		73,53	4,00	77,53	45,85	56,25	10	17,40	83,65	-31,68	-6,12	-37,80
	Marki	326	14		45,35	4,00	49,35	62,30	28,07	10	17,40	55,47	12,95	-6,12	6,83
	Radzymin	327	14		52,90	4,00	56,90	93,12	36,55	10	17,40	63,95	36,22	-7,05	29,17
	Czosnów	358	14		37,92	4,00	41,92	77,47	18,52	10	17,40	45,92	35,55	-4,00	31,55
	Legionowo	360	14		76,33	4,00	80,33	63,27	52,85	10	17,40	80,25	-17,07	0,08	-16,98
	średnia oszczędność / strata												4,34	-3,89	0,45
odchylenie standardowe												19,85	2,13	19,19	
		2030			Samochód osobowy			komunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)			oszczędności (+) /straty (-) czasu [min]			
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn	Boernerowo	73	14		24,90	4,00	28,90	29,90	9,25	10	17,40	36,65	1,00	-7,75	-6,75
	Tarchomin	295	14		32,95	4,00	36,95	34,27	12,93	10	17,40	40,33	-2,68	-3,38	-6,07
	Wiśniewo	298	14		30,72	4,00	34,72	36,48	11,73	10	17,40	39,13	1,77	-4,42	-2,65
	Tarchomin	305	14		39,72	4,00	43,72	34,60	19,70	10	17,40	47,10	-9,12	-3,38	-12,50
	Choszczówka	312	14		34,83	4,00	38,83	51,88	15,85	10	17,40	43,25	13,05	-4,42	8,63
zewn	Lomianki	314	14		32,02	4,00	36,02	43,68	13,08	10	17,40	40,48	7,67	-4,47	3,20
	Nw. Dw. Maz	315	14		46,92	4,00	50,92	72,28	29,37	10	17,40	56,77	21,37	-5,85	15,52
	Wołomin	325	14		69,77	4,00	73,77	45,85	53,28	10	17,40	80,68	-27,92	-6,92	-34,83
	Marki	326	14		40,95	4,00	44,95	68,12	25,37	10	17,40	52,77	23,17	-7,82	15,35
	Radzymin	327	14		48,40	4,00	52,40	93,12	32,00	10	17,40	59,40	40,72	-7,00	33,72
	Czosnów	358	14		35,77	4,00	39,77	81,78	18,53	10	17,40	45,93	42,02	-6,17	35,85
	Legionowo	360	14		61,63	4,00	65,63	63,27	43,17	10	17,40	70,57	-2,37	-4,93	-7,30
	średnia oszczędność / strata												9,06	-5,54	3,51
odchylenie standardowe												20,32	1,59	19,88	

Załącznik 4-4

Porównanie czasów podróży komunikacją indywidualną, zbiorową i w systemie P&R – parking „Połczyńska”

		2008			Samochód osobowy			komunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)			oszczędności (+) /straty (-) czasu [min]			
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn		Nowe Włochy	114	14	24,62	4,00	28,62	34,83	6,47	14	26,73	47,20	6,22	-18,58	-12,37
		Stare Włochy	115	14	20,77	4,00	24,77	30,73	7,80	14	26,73	48,53	5,97	-23,77	-17,80
		Stare Włochy	116	14	18,38	4,00	22,38	25,77	9,37	14	26,73	50,10	3,38	-27,72	-24,33
		Ursus	118	14	33,12	4,00	37,12	53,00	21,85	14	26,73	62,58	15,88	-25,47	-9,58
		Ursus	120	14	48,72	4,00	52,72	55,95	30,57	14	26,73	71,30	3,23	-18,58	-15,35
zewn		Pruszków	343	14	35,50	4,00	39,50	49,33	21,25	14	26,73	61,98	9,83	-22,48	-12,65
		Barwinów	344	14	44,82	4,00	48,82	58,07	30,72	14	26,73	71,45	9,25	-22,63	-13,38
		Podkowa Leśna	345	14	44,82	4,00	48,82	59,33	30,72	14	26,73	71,45	10,52	-22,63	-12,12
		Grodzisk Maz.	347	14	57,40	4,00	61,40	80,33	38,77	14	26,73	79,50	18,93	-18,10	0,83
		Błonie	348	14	46,60	4,00	50,60	67,07	26,97	14	26,73	67,70	16,47	-17,10	-0,63
		Ożarów Maz.	349	14	31,23	4,00	35,23	66,52	11,47	14	26,73	52,20	31,28	-16,97	14,32
		Truskawa/Izabelin	353	14	39,22	4,00	43,22	52,37	27,33	14	26,73	68,07	9,15	-24,85	-15,70
														11,68	-21,57
													7,96	3,60	10,24
		2015			Samochód osobowy			komunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)			oszczędności (+) /straty (-) czasu [min]			
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn		Nowe Włochy	114	14	24,17	4,00	28,17	25,88	4,63	14	13,33	31,97	-2,28	-3,80	-6,08
		Stare Włochy	115	14	22,63	4,00	26,63	30,73	6,10	14	13,33	33,43	4,10	-6,80	-2,70
		Stare Włochy	116	14	20,25	4,00	24,25	25,77	7,60	14	13,33	34,93	1,52	-10,68	-9,17
		Ursus	118	14	33,90	4,00	37,90	53,00	12,48	14	13,33	39,82	15,10	-1,92	13,18
		Ursus	120	14	33,33	4,00	37,33	39,97	11,60	14	13,33	38,93	2,63	-1,60	1,03
zewn		Pruszków	343	14	38,35	4,00	42,35	49,33	20,60	14	13,33	47,93	6,98	-5,58	1,40
		Barwinów	344	14	47,28	4,00	51,28	58,07	28,03	14	13,33	55,37	6,78	-4,08	2,70
		Podkowa Leśna	345	14	43,87	4,00	47,87	59,33	29,53	14	13,33	56,87	11,47	-9,00	2,47
		Grodzisk Maz.	347	14	59,98	4,00	63,98	80,33	36,83	14	13,33	64,17	16,35	-0,18	16,17
		Błonie	348	14	45,23	4,00	49,23	67,07	23,50	14	13,33	50,83	17,83	-1,60	16,23
		Ożarów Maz.	349	14	32,95	4,00	36,95	62,15	9,95	14	13,33	37,28	25,20	-0,33	24,87
		Truskawa/Izabelin	353	14	32,33	4,00	36,33	53,03	13,92	14	13,33	41,25	16,70	-4,92	11,78
													10,20	-4,21	5,99
													8,18	3,36	10,31
		2030			Samochód osobowy			komunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)			oszczędności (+) /straty (-) czasu [min]			
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn		Nowe Włochy	114	14	22,72	4,00	26,72	25,90	4,02	14	13,32	31,33	-0,82	-4,62	-5,43
		Stare Włochy	115	14	20,40	4,00	24,40	30,73	5,15	14	13,32	32,47	6,33	-8,07	-1,73
		Stare Włochy	116	14	18,52	4,00	22,52	36,95	6,52	14	13,32	33,83	14,43	-11,32	3,12
		Ursus	118	14	31,40	4,00	35,40	33,73	14,82	14	13,32	42,13	-1,67	-6,73	-8,40
		Ursus	120	14	31,67	4,00	35,67	45,18	11,82	14	13,32	39,13	9,52	-3,47	6,05
zewn		Pruszków	343	14	38,35	4,00	42,35	49,33	21,43	14	13,32	48,75	6,98	-6,40	0,58
		Barwinów	344	14	48,05	4,00	52,05	56,12	30,62	14	13,32	57,93	4,07	-5,88	-1,82
		Podkowa Leśna	345	14	44,97	4,00	48,97	59,33	31,13	14	13,32	58,45	10,37	-9,48	0,88
		Grodzisk Maz.	347	14	62,85	4,00	66,85	80,33	40,33	14	13,32	67,65	13,48	-0,80	12,68
		Błonie	348	14	45,90	4,00	49,90	65,12	25,62	14	13,32	52,93	15,22	-3,03	12,18
		Ożarów Maz.	349	14	30,57	4,00	34,57	52,73	10,28	14	13,32	37,60	18,17	-3,03	15,13
		Truskawa/Izabelin	353	14	30,27	4,00	34,27	54,92	11,47	14	13,32	38,78	20,65	-4,52	16,13
													9,73	-5,61	4,12
													7,07	3,00	8,25

Załącznik 4-5

Porównanie czasów podróży komunikacją indywidualną, zbiorową i w systemie P&R – parking „Wilanowska”.

		2008			Samochód osobowy			kommunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)				oszczędności (+)/straty (-) czasu [min]		
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn	Powsin	158	14		26,98	4,00	30,98	53,02	13,05	10	9,39	32,44	22,03	-1,46	20,58
	Grabówek	199	14		21,28	4,00	25,28	35,18	6,98	10	9,39	26,37	9,90	-1,09	8,81
	Ludwiczów	200	14		22,58	4,00	26,58	38,68	8,28	10	9,39	27,67	12,10	-1,09	11,01
	Ludwiczów	201	14		22,58	4,00	26,58	38,68	8,28	10	9,39	27,67	12,10	-1,09	11,01
zewn	Konstancin Jeziorna	337	14		36,68	4,00	40,68	77,95	22,75	10	9,39	42,14	37,27	-1,46	35,81
	Góra Kalwaria	338	14		56,82	4,00	60,82	89,45	42,05	10	9,39	61,44	28,63	-0,62	28,01
	Piaseczno	339	14		35,53	4,00	39,53	67,45	21,23	10	9,39	40,62	27,92	-1,09	26,83
średnia oszczędność / strata												21,42	-1,13	20,29	
odchylenie standardowe												10,43	0,28	10,39	
		2015			Samochód osobowy			kommunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)				oszczędności (+)/straty (-) czasu [min]		
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn	Powsin	158	14		37,15	4,00	41,15	53,68	19,60	10	12,88	42,48	12,53	-1,33	11,20
	Grabówek	199	14		26,28	4,00	30,28	35,85	8,08	10	12,88	30,97	5,57	-0,68	4,88
	Ludwiczów	200	14		28,20	4,00	32,20	39,35	10,00	10	12,88	32,88	7,15	-0,68	6,47
	Ludwiczów	201	14		28,20	4,00	32,20	36,77	10,00	10	12,88	32,88	4,57	-0,68	3,88
zewn	Konstancin Jeziorna	337	14		46,43	4,00	50,43	61,27	28,88	10	12,88	51,77	10,83	-1,33	9,50
	Góra Kalwaria	338	14		68,77	4,00	72,77	89,45	46,70	10	12,88	69,58	16,68	3,18	19,87
	Piaseczno	339	14		42,17	4,00	46,17	67,45	23,97	10	12,88	46,85	21,28	-0,68	20,60
średnia oszczędność / strata												11,23	-0,32	10,91	
odchylenie standardowe												6,13	1,57	6,85	
		2030			Samochód osobowy			kommunikacja zbiorowa	Park and Ride (rejon 37)				oszczędności (+)/straty (-) czasu [min]		
		źródło	źródło (nr rejonu)	cel (nr rejonu)	średni czas jazdy do śródmieścia [min]	czas dojścia i odejścia [min]	łączy czas podróży [min]	średni czas podróży do śródmieścia [min]	średni czas jazdy do parkingu [min]	czas przesiadki+oczekiwania+odejścia [min]	czas jazdy komunikacją zbiorową [min]	łączy czas podróży [min]	Samochód osobowy / komunikacja zbiorowa	Park and Ride / samochód osobowy	Park and Ride / komunikacja zbiorowa
wewn	Powsin	158	14		32,70	4,00	36,70	54,53	17,93	10	9,65	37,58	17,83	-0,88	16,95
	Grabówek	199	14		23,60	4,00	27,60	35,65	7,50	10	9,65	27,15	8,05	0,45	8,50
	Ludwiczów	200	14		25,37	4,00	29,37	38,68	9,27	10	9,65	28,92	9,32	0,45	9,77
	Ludwiczów	201	14		25,37	4,00	29,37	38,68	9,27	10	9,65	28,92	9,32	0,45	9,77
zewn	Konstancin Jeziorna	337	14		40,92	4,00	44,92	75,97	26,12	10	9,65	45,77	31,05	-0,85	30,20
	Góra Kalwaria	338	14		62,58	4,00	66,58	123,15	43,40	10	9,65	63,05	56,57	3,53	60,10
	Piaseczno	339	14		39,93	4,00	43,93	69,12	23,83	10	9,65	43,48	25,18	0,45	25,63
średnia oszczędność / strata												22,47	0,51	22,99	
odchylenie standardowe												17,41	1,47	18,40	

Załącznik 5-1a

Ankieta ekspercka

1. Funkcje przynależności.

Ankieta dotyczy przeciętnej podróży w mieście, trwającej 20-40 minut. Porównuje ona koszty uogólnione podróży odbywanych samochodem osobowym i komunikacją zbiorową. Koszt uogólniony podróży jest to sumaryczny koszt podróży uwzględniający nie tylko koszty przejazdu (koszt biletu lub koszt eksploatacyjny pojazdu), ale również koszty czasu poświęconego na poszczególne etapy podróży z uwzględnieniem ich względnych uciążliwości.

Celem ankiety jest skalibrowanie funkcji przynależności dla poszczególnych zakresów zmiennej lingwistycznej *iloraz* – Δ_s .

$$\Delta_s = \frac{K_{kz}}{K_{so}} \quad \text{gdzie: } K_{kz} - \text{koszt uogólniony podróży komunikacją zbiorową;}$$

K_{so} – koszt uogólniony podróży samochodem osobowym;

Należy zaznaczyć na wykresach linią ciągłą stopień przynależności wartości ilorazu Δ_s do danego zakresu w skali od 0 do 1 (brak przynależności odpowiada wartości funkcji 0,0; pełna przynależność odpowiada wartości 1,0). Funkcja przynależności powinna osiągnąć maksimum dla wartości, która Państwa zdaniem odpowiada poszczególnym zakresom.

Zmienna lingwistyczna *iloraz* przyjmie następujące nazwy opisujące zakres:

„*iloraz*” = {„bardzo mały”, „mały”, „równoważny”, „duży”, „bardzo duży”}

bardzo mały – bardzo mała wartość ilorazu kosztów podróży (np. $K_{kz}=5$ zł, $K_{so}=10$ zł, co przekłada się na dwukrotnie wyższy koszt uogólniony podróży samochodem osobowym $\Delta_s=0,5$)

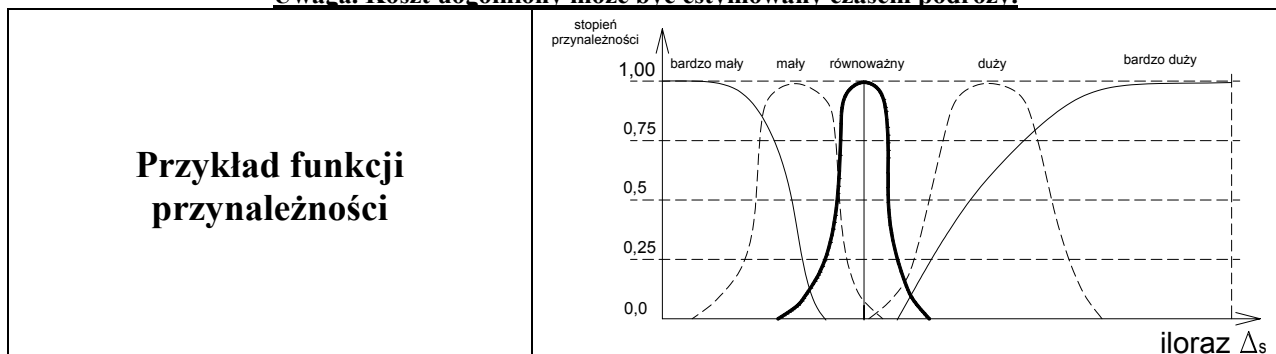
mały – mała wartość ilorazu kosztów podróży (np. $K_{kz}=8$ zł, $K_{so}=10$ zł, $\Delta_s=0,8$);

równoważny – koszty podróży zbliżone (np. $\Delta_s=1,0$);

duży – duża wartość ilorazu kosztów podróży (np. $K_{kz}=10$ zł, $K_{so}=7$ zł, $\Delta_s=1,4$);

bardzo duży – bardzo duża wartość ilorazu kosztów podróży (np. $K_{kz}=10$ zł, $K_{so}=5$ zł, co przekłada się na dwukrotnie wyższy koszt uogólniony podróży komunikacją zbiorową $\Delta_s=2,0$).

Uwaga. Koszt uogólniony może być estymowany czasem podróży.



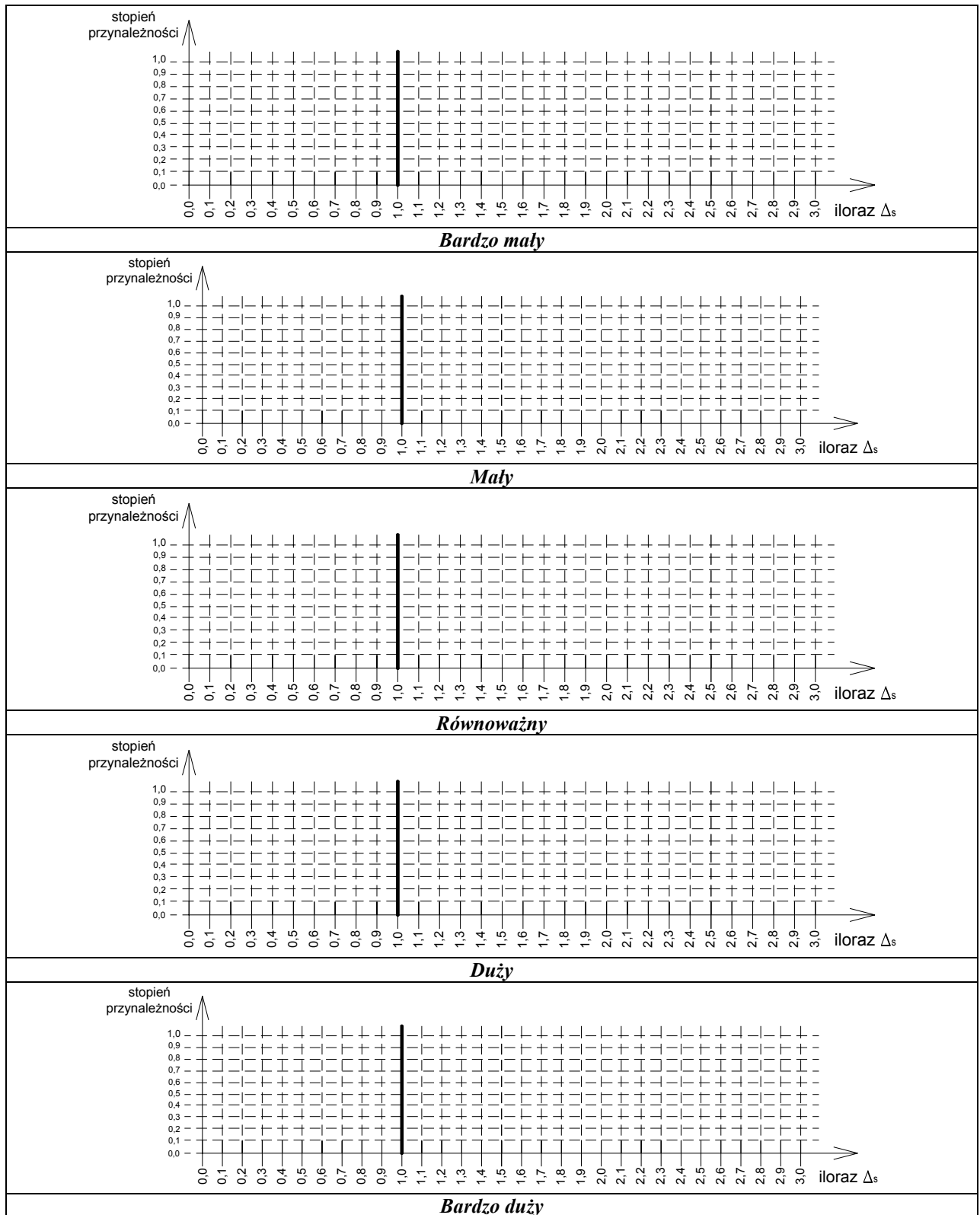
2. Uciążliwość przesiadki.

Jaki jest stopień uciążliwości (w skali od 1 - mało uciążliwa do 10 - bardzo uciążliwa) przy przejściu z samochodu osobowego do systemu Park and Ride i z komunikacji zbiorowej do systemu Park and Ride w przypadku, gdy koszt podróży w systemie P&R jest niższy w stosunku do obu środków transportu?

Uciążliwość przejścia z samochodu osobowego do P&R (1-10)

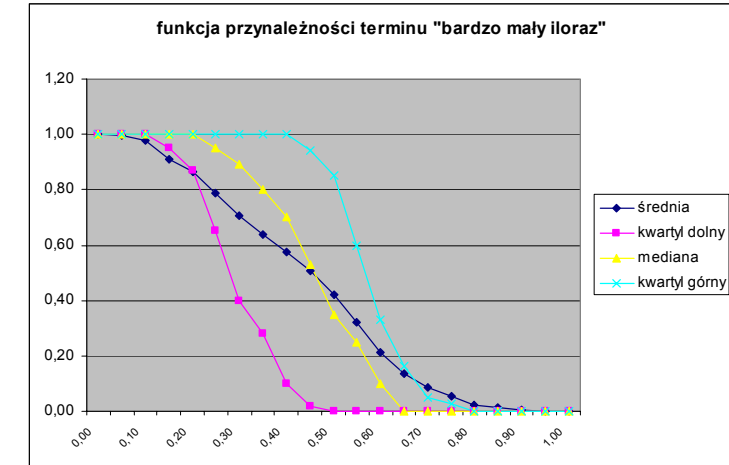
Uciążliwość przejścia z komunikacji zbiorowej do P&R (1-10)

Załącznik 5-1b

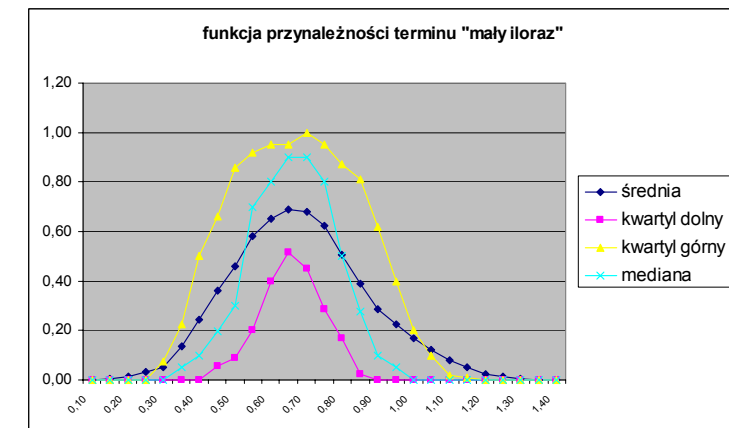


Wyniki ankiety eksperckiej dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły).

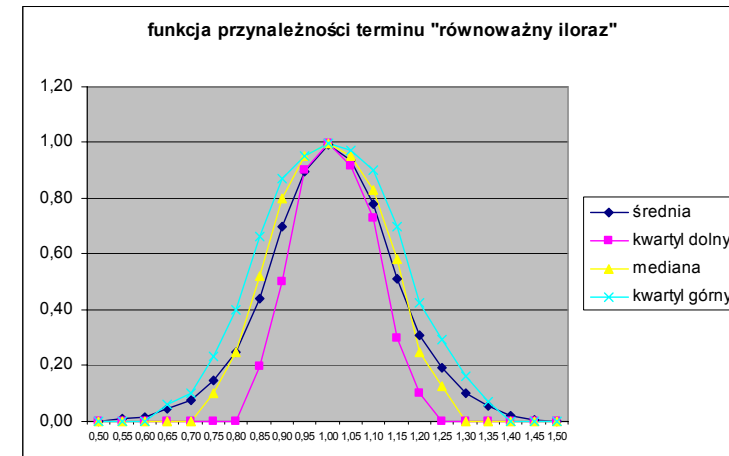
x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
0,00	1,00	0,00	41	1,00	1,00	1,00
0,05	1,00	0,01	41	1,00	1,00	1,00
0,10	0,98	0,05	41	1,00	1,00	1,00
0,15	0,91	0,18	41	0,95	1,00	1,00
0,20	0,87	0,24	41	0,87	1,00	1,00
0,25	0,79	0,30	41	0,65	0,95	1,00
0,30	0,71	0,38	41	0,40	0,89	1,00
0,35	0,64	0,39	41	0,28	0,80	1,00
0,40	0,57	0,42	41	0,10	0,70	1,00
0,45	0,51	0,42	41	0,02	0,53	0,94
0,50	0,42	0,43	41	0,00	0,35	0,85
0,55	0,32	0,37	41	0,00	0,25	0,60
0,60	0,21	0,30	41	0,00	0,10	0,33
0,65	0,14	0,24	41	0,00	0,00	0,17
0,70	0,09	0,19	41	0,00	0,00	0,05
0,75	0,05	0,13	41	0,00	0,00	0,03
0,80	0,02	0,07	41	0,00	0,00	0,00
0,85	0,01	0,05	41	0,00	0,00	0,00
0,90	0,01	0,03	41	0,00	0,00	0,00
0,95	0,00	0,01	41	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00



x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
0,00	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00
0,05	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00
0,10	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00
0,15	0,00	0,01	41	0,00	0,00	0,00
0,20	0,01	0,04	41	0,00	0,00	0,00
0,25	0,03	0,07	41	0,00	0,00	0,00
0,30	0,05	0,11	41	0,00	0,00	0,08
0,35	0,13	0,19	41	0,00	0,05	0,23
0,40	0,25	0,31	41	0,00	0,10	0,50
0,45	0,36	0,36	41	0,06	0,20	0,66
0,50	0,46	0,40	41	0,09	0,30	0,86
0,55	0,58	0,36	41	0,20	0,70	0,92
0,60	0,65	0,34	41	0,40	0,80	0,95
0,65	0,69	0,34	41	0,52	0,90	0,95
0,70	0,68	0,38	41	0,45	0,90	1,00
0,75	0,62	0,37	41	0,29	0,80	0,95
0,80	0,51	0,38	41	0,17	0,50	0,87
0,85	0,39	0,37	41	0,03	0,28	0,81
0,90	0,28	0,37	41	0,00	0,10	0,62
0,95	0,23	0,33	41	0,00	0,05	0,40
1,00	0,17	0,29	41	0,00	0,00	0,20
1,05	0,12	0,22	41	0,00	0,00	0,10
1,10	0,08	0,16	41	0,00	0,00	0,02
1,15	0,05	0,11	41	0,00	0,00	0,01
1,20	0,02	0,06	41	0,00	0,00	0,00
1,25	0,01	0,04	41	0,00	0,00	0,00
1,30	0,00	0,02	41	0,00	0,00	0,00
1,35	0,00	0,01	41	0,00	0,00	0,00
1,40	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00



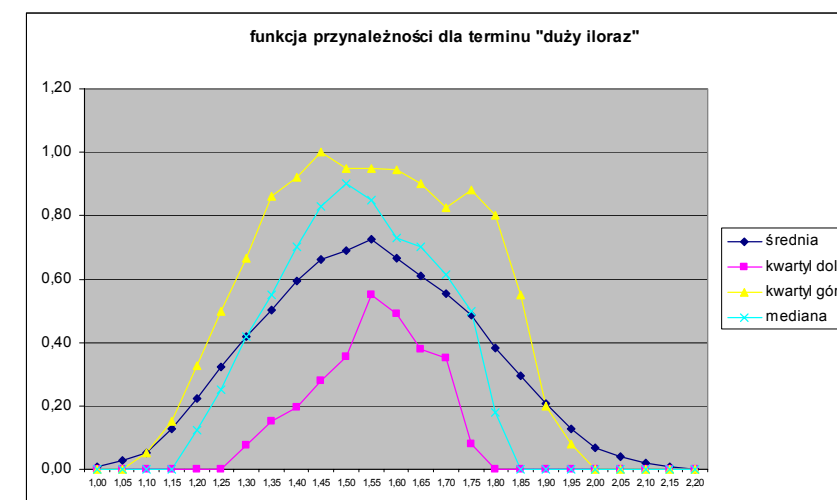
x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
0,50	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00
0,55	0,01	0,02	41	0,00	0,00	0,00
0,60	0,02	0,04	41	0,00	0,00	0,00
0,65	0,05	0,08	41	0,00	0,00	0,06
0,70	0,08	0,13	41	0,00	0,00	0,10
0,75	0,15	0,17	41	0,00	0,10	0,24
0,80	0,25	0,24	41	0,00	0,25	0,40
0,85	0,44	0,26	41	0,20	0,52	0,67
0,90	0,70	0,25	41	0,50	0,80	0,87
0,95	0,90	0,16	41	0,90	0,95	0,95
1,00	0,99	0,06	41	1,00	1,00	1,00
1,05	0,93	0,09	41	0,92	0,95	0,97
1,10	0,78	0,20	41	0,73	0,83	0,90
1,15	0,51	0,26	41	0,30	0,58	0,70
1,20	0,31	0,27	41	0,10	0,25	0,43
1,25	0,19	0,22	41	0,00	0,13	0,30
1,30	0,10	0,19	41	0,00	0,00	0,16
1,35	0,06	0,14	41	0,00	0,00	0,07
1,40	0,02	0,10	41	0,00	0,00	0,00
1,45	0,01	0,02	41	0,00	0,00	0,00
1,50	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00



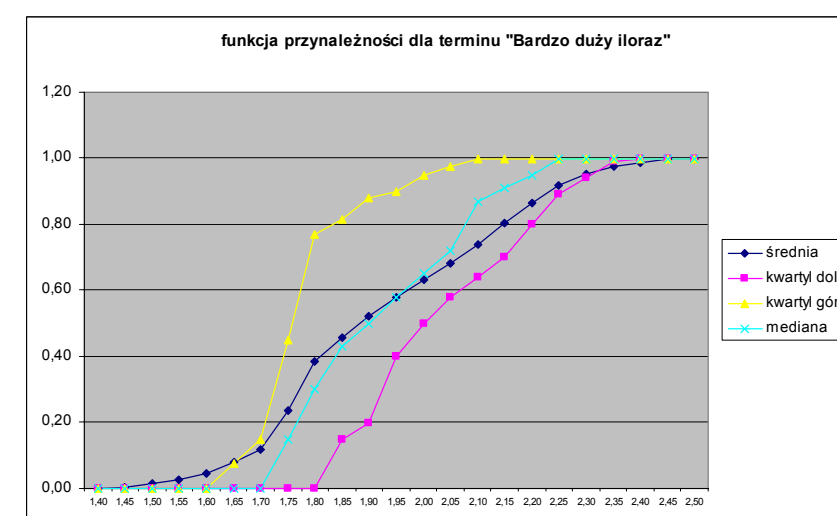
Załącznik 5-4b

Wyniki ankiety eksperckiej dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły).

x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
1,00	0,01	0,04	41	0,00	0,00	0,00
1,05	0,03	0,11	41	0,00	0,00	0,00
1,10	0,05	0,13	41	0,00	0,00	0,05
1,15	0,13	0,24	41	0,00	0,00	0,15
1,20	0,22	0,29	41	0,00	0,13	0,33
1,25	0,32	0,34	41	0,00	0,25	0,50
1,30	0,42	0,35	41	0,08	0,42	0,67
1,35	0,50	0,36	41	0,15	0,55	0,86
1,40	0,59	0,35	41	0,20	0,70	0,92
1,45	0,66	0,35	41	0,28	0,83	1,00
1,50	0,69	0,32	41	0,36	0,90	0,95
1,55	0,72	0,30	41	0,55	0,85	0,95
1,60	0,67	0,29	41	0,49	0,73	0,95
1,65	0,61	0,34	41	0,38	0,70	0,90
1,70	0,56	0,34	41	0,35	0,62	0,83
1,75	0,48	0,38	41	0,08	0,50	0,88
1,80	0,38	0,40	41	0,00	0,18	0,80
1,85	0,29	0,40	41	0,00	0,00	0,55
1,90	0,21	0,36	41	0,00	0,00	0,20
1,95	0,13	0,26	41	0,00	0,00	0,08
2,00	0,07	0,17	41	0,00	0,00	0,00
2,05	0,04	0,12	41	0,00	0,00	0,00
2,10	0,02	0,08	41	0,00	0,00	0,00
2,15	0,01	0,03	41	0,00	0,00	0,00
2,20	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00



x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
1,40	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0,00
1,45	0,00	0,02	41	0,00	0,00	0,00
1,50	0,01	0,05	41	0,00	0,00	0,00
1,55	0,03	0,08	41	0,00	0,00	0,00
1,60	0,04	0,11	41	0,00	0,00	0,00
1,65	0,08	0,15	41	0,00	0,00	0,08
1,70	0,12	0,20	41	0,00	0,00	0,15
1,75	0,24	0,29	41	0,00	0,15	0,45
1,80	0,38	0,35	41	0,00	0,30	0,77
1,85	0,46	0,35	41	0,15	0,43	0,82
1,90	0,52	0,35	41	0,20	0,50	0,88
1,95	0,58	0,34	41	0,40	0,58	0,90
2,00	0,63	0,33	41	0,50	0,65	0,95
2,05	0,68	0,31	41	0,58	0,72	0,98
2,10	0,74	0,29	41	0,64	0,87	1,00
2,15	0,80	0,25	41	0,70	0,91	1,00
2,20	0,87	0,20	41	0,80	0,95	1,00
2,25	0,92	0,16	41	0,89	1,00	1,00
2,30	0,95	0,12	41	0,94	1,00	1,00
2,35	0,98	0,09	41	0,99	1,00	1,00
2,40	0,99	0,06	40	1,00	1,00	1,00
2,45	1,00	0,02	41	1,00	1,00	1,00
2,50	1,00	0,00	41	1,00	1,00	1,00



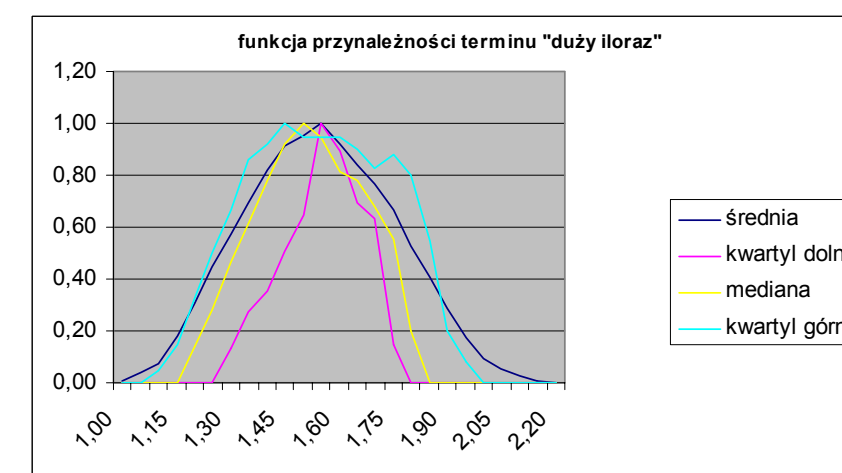
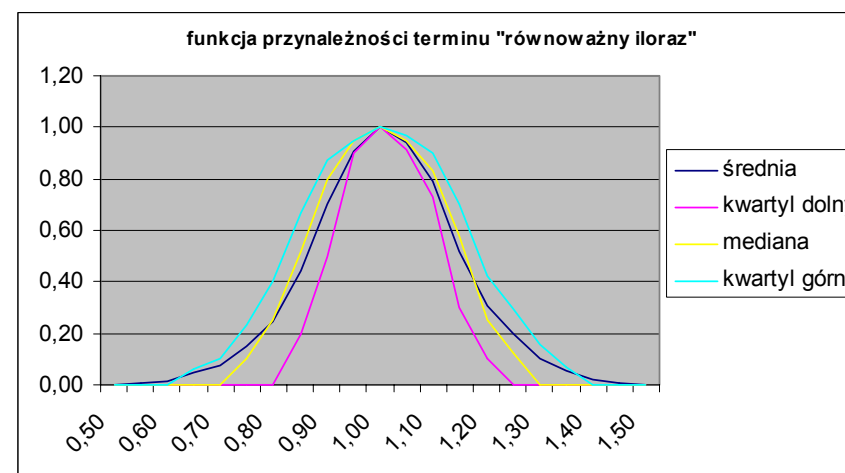
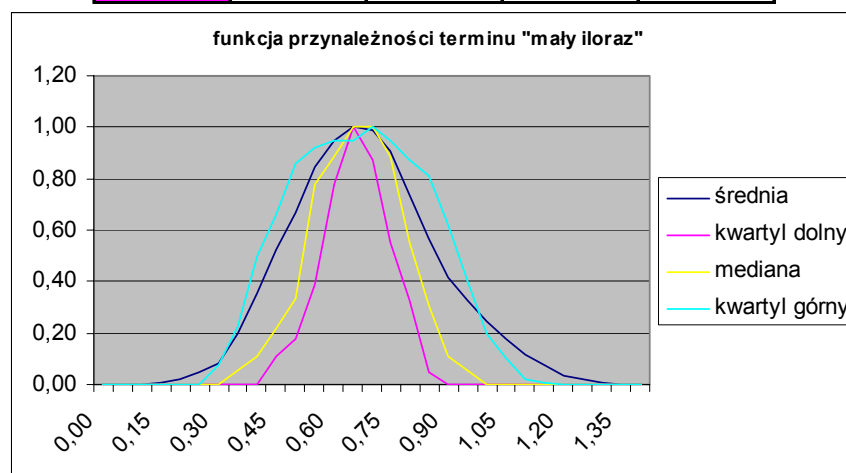
Załącznik 5-5

Normalizacja zbiorów rozmytych

wysokość zbiorów h(A)				
x	0,69	0,52	0,90	1,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
0,15	0,01	0,00	0,00	0,00
0,20	0,02	0,00	0,00	0,00
0,25	0,04	0,00	0,00	0,00
0,30	0,08	0,00	0,00	0,08
0,35	0,20	0,00	0,06	0,23
0,40	0,36	0,00	0,11	0,50
0,45	0,53	0,11	0,22	0,66
0,50	0,67	0,17	0,33	0,86
0,55	0,84	0,39	0,78	0,92
0,60	0,95	0,78	0,89	0,95
0,65	1,00	1,00	1,00	0,95
0,70	0,99	0,87	1,00	1,00
0,75	0,90	0,55	0,89	0,95
0,80	0,74	0,33	0,56	0,87
0,85	0,57	0,05	0,31	0,81
0,90	0,41	0,00	0,11	0,62
0,95	0,33	0,00	0,06	0,40
1,00	0,24	0,00	0,00	0,20
1,05	0,18	0,00	0,00	0,10
1,10	0,12	0,00	0,00	0,02
1,15	0,07	0,00	0,00	0,01
1,20	0,03	0,00	0,00	0,00
1,25	0,02	0,00	0,00	0,00
1,30	0,01	0,00	0,00	0,00
1,35	0,00	0,00	0,00	0,00
1,40	0,00	0,00	0,00	0,00

wysokość zbiorów h(A)				
x	0,99	1,00	1,00	1,00
0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
0,55	0,01	0,00	0,00	0,00
0,60	0,02	0,00	0,00	0,00
0,65	0,05	0,00	0,00	0,06
0,70	0,08	0,00	0,00	0,10
0,75	0,15	0,00	0,10	0,24
0,80	0,25	0,00	0,25	0,40
0,85	0,44	0,20	0,52	0,67
0,90	0,70	0,50	0,80	0,87
0,95	0,90	0,90	0,95	0,95
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,05	0,94	0,92	0,95	0,97
1,10	0,79	0,73	0,83	0,90
1,15	0,52	0,30	0,58	0,70
1,20	0,31	0,10	0,25	0,43
1,25	0,20	0,00	0,13	0,30
1,30	0,10	0,00	0,00	0,16
1,35	0,06	0,00	0,00	0,07
1,40	0,02	0,00	0,00	0,00
1,45	0,01	0,00	0,00	0,00
1,50	0,00	0,00	0,00	0,00

wysokość zbiorów h(A)				
x	0,72	0,55	0,90	1,00
1,00	0,01	0,00	0,00	0,00
1,05	0,04	0,00	0,00	0,00
1,10	0,07	0,00	0,00	0,05
1,15	0,18	0,00	0,00	0,15
1,20	0,31	0,00	0,14	0,33
1,25	0,45	0,00	0,28	0,50
1,30	0,58	0,14	0,47	0,67
1,35	0,70	0,27	0,61	0,86
1,40	0,82	0,35	0,78	0,92
1,45	0,92	0,51	0,92	1,00
1,50	0,95	0,65	1,00	0,95
1,55	1,00	1,00	0,94	0,95
1,60	0,92	0,89	0,81	0,95
1,65	0,84	0,69	0,78	0,90
1,70	0,77	0,64	0,68	0,83
1,75	0,67	0,15	0,56	0,88
1,80	0,53	0,00	0,20	0,80
1,85	0,41	0,00	0,00	0,55
1,90	0,29	0,00	0,00	0,20
1,95	0,17	0,00	0,00	0,08
2,00	0,10	0,00	0,00	0,00
2,05	0,05	0,00	0,00	0,00
2,10	0,03	0,00	0,00	0,00
2,15	0,01	0,00	0,00	0,00
2,20	0,00	0,00	0,00	0,00



Załącznik 5-6

Ankieta ekspercka – II etap (metoda delficka)

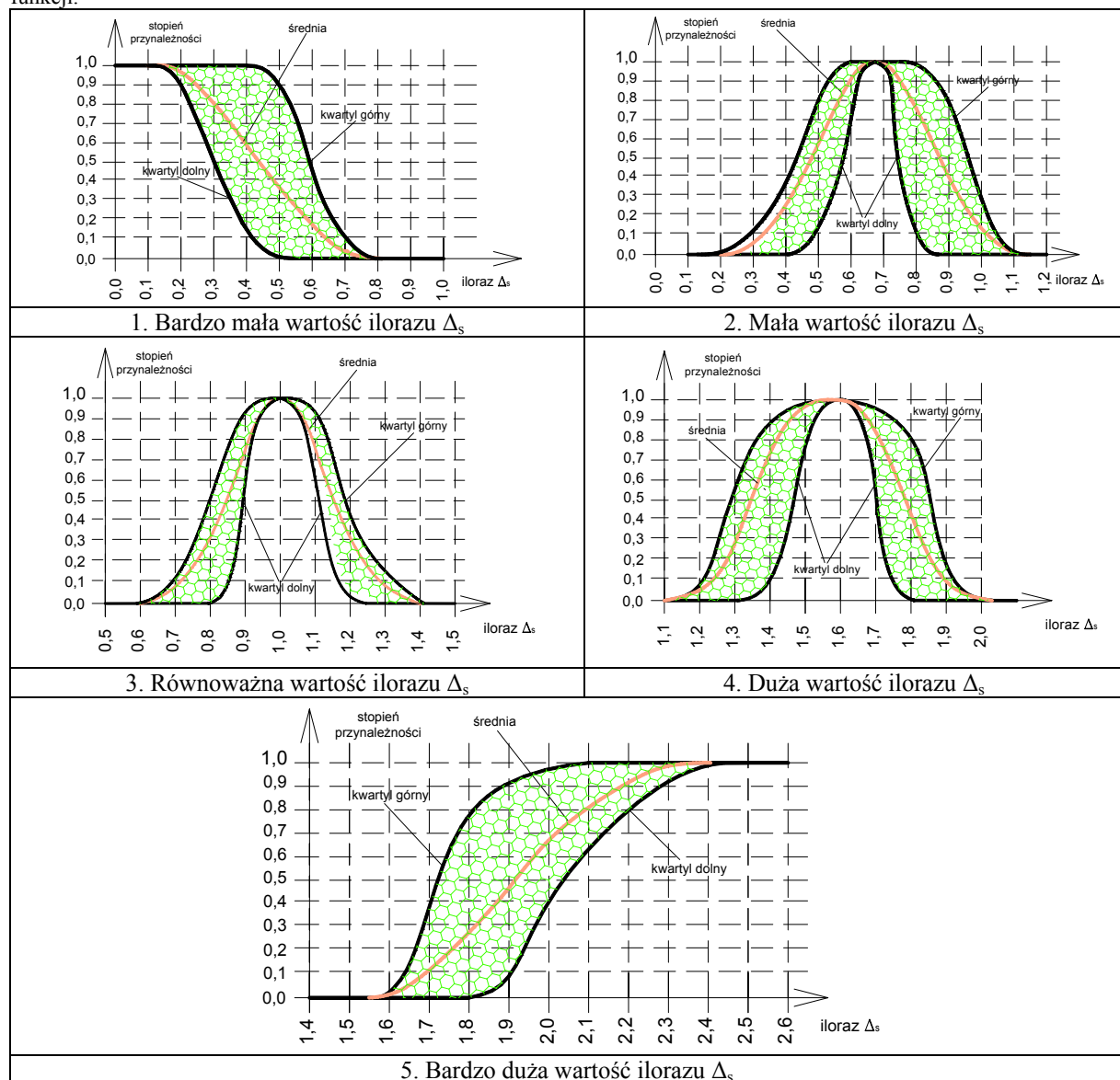
Podczas I etapu badań, uzyskano funkcje przynależności dla poszczególnych nazw opisujących zakres zmiennej lingwistycznej Δ_s (ilorazowi kosztu uogólnionego podróży środkami komunikacji zbiorowej do kosztu uogólnionego podróży samochodem osobowym).

Celem ankiety jest zmniejszenie rozrzutu udzielanych odpowiedzi, uzyskanych podczas I etapu ankietowania, zgodnie z metodyką techniki delfickiej.

Na wykresach należy zaznaczyć linią ciągłą stopień przynależności wartości ilorazu Δ_s do danego zakresu w skali od 0 do 1 (brak przynależności odpowiada wartości funkcji 0,0; pełna przynależność odpowiada wartości 1,0).

Funkcja przynależności powinna mieścić się pomiędzy liniami dla danych odpowiadających kwartylowi dolnemu (kwantyl 25) i kwartylowi górnemu (kwantyl 75) próby (w obszarze zakreśkowanym).

Jeżeli zgadzają się Państwo z funkcją przynależności odpowiadającą wartości średniej, proszę nie zaznaczać nowej funkcji.

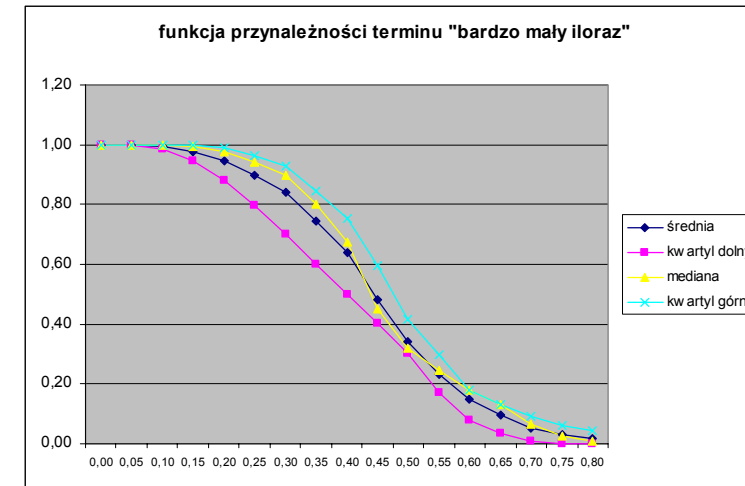


Zestawienie wyników ankiet - etap II - metoda delficka

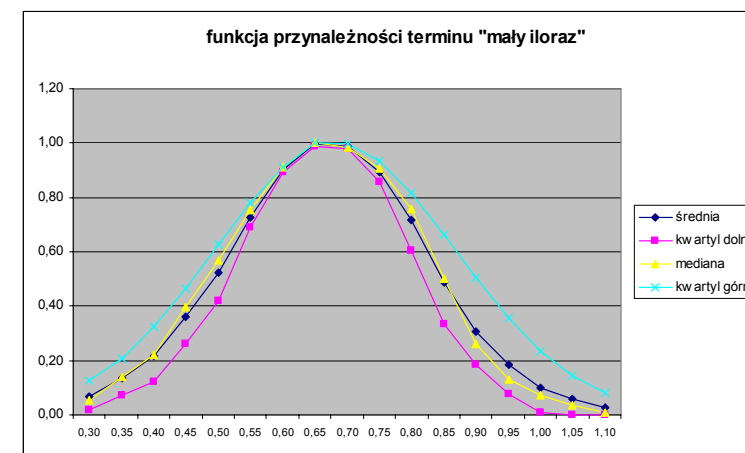
"Bardzo mały doraz"																														
	W01	W02	W03	W04	W05	W06	W07	W08	W09	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20	W21	W22	W23	W24	W25	W26	W27	W28	W29	W30
0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.10	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	0.99	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	0.99	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	0.95	1.00	0.95
0.85	1.00	1.00	0.99	0.98	1.00	0.98	1.00	0.99	0.97	0.98	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
0.95	1.00	1.00	0.95	0.80	0.98	0.80	1.00	0.97	0.93	0.80	0.94	0.97	0.94	0.98	0.80	0.96	0.95	0.80	0.96	0.96	0.94	0.95	0.80	0.95	1.00	1.00	0.95	1.00	0.95	0.98
0.95	0.95	0.95	0.80	0.70	0.96	0.70	0.98	0.94	0.89	0.70	0.90	0.96	0.90	0.97	0.70	0.93	0.92	0.90	0.92	0.70	0.70	0.90	1.00	0.70	1.00	0.70	0.92	0.73	0.70	0.70
0.95	0.95	0.95	0.80	0.82	0.60	0.82	0.60	0.80	0.80	0.60	0.85	0.95	0.81	0.85	0.80	0.86	0.82	0.60	0.84	0.84	0.82	0.87	0.60	0.60	0.60	0.80	0.92	0.60	1.00	0.60
0.90	0.79	0.85	0.76	0.50	0.55	0.50	0.81	0.57	0.70	0.50	0.79	0.94	0.72	0.72	0.50	0.79	0.73	0.50	0.74	0.76	0.73	0.81	0.50	0.50	0.50	0.70	0.83	0.50	0.50	0.72
0.45	0.66	0.25	0.63	0.40	0.20	0.40	0.45	0.28	0.58	0.40	0.65	0.82	0.57	0.62	0.40	0.60	0.50	0.40	0.55	0.65	0.57	0.73	0.40	0.40	0.40	0.50	0.67	0.40	0.63	0.40
0.50	0.53	0.03	0.49	0.32	0.08	0.32	0.10	0.11	0.46	0.32	0.50	0.70	0.42	0.30	0.32	0.31	0.30	0.32	0.37	0.54	0.40	0.64	0.32	0.32	0.30	0.50	0.32	0.36	0.32	0.36
0.55	0.38	0.01	0.33	0.24	0.02	0.24	0.00	0.03	0.34	0.24	0.33	0.50	0.30	0.11	0.24	0.17	0.18	0.24	0.25	0.42	0.29	0.48	0.24	0.24	0.24	0.19	0.37	0.24	0.21	0.07
0.60	0.23	0.00	0.17	0.18	0.00	0.18	0.00	0.00	0.22	0.18	0.16	0.30	0.18	0.03	0.18	0.08	0.11	0.18	0.17	0.30	0.17	0.31	0.18	0.18	0.18	0.07	0.24	0.18	0.14	0.03
0.65	0.15	0.00	0.04	0.13	0.00	0.13	0.00	0.00	0.15	0.13	0.09	0.16	0.11	0.01	0.13	0.03	0.05	0.13	0.08	0.19	0.10	0.20	0.13	0.13	0.13	0.04	0.17	0.13	0.00	0.13
0.70	0.06	0.00	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.00	0.07	0.09	0.02	0.09	0.03	0.02	0.09	0.01	0.02	0.09	0.03	0.08	0.03	0.09	0.09	0.09	0.00	0.09	0.09	0.00	0.09	0.04
0.75	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.00	0.02	0.06	0.02	0.03	0.02	0.00	0.06	0.01	0.02	0.06	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	0.06	0.06	0.00	0.05	0.06	0.06	0.00
0.80	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.04	0.04	0.00	0.01	0.04	0.01	0.04
0.85	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00
0.90	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.95	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
1.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
"Mały doraz"																														
	W01	W02	W03	W04	W05	W06	W07	W08	W09	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20	W21	W22	W23	W24	W25	W26	W27	W28	W29	W30
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00
0.10	0.00	0.01	0.00	0.01	0.07	0.07	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01	0.07	0.00	0.07	0.06	0.04	0.07	0.01	0.07	0.01	0.07	0.01	0.07	0.01	0.07	0.01	0.07
0.15	0.05	0.04	0.00	0.02	0.13	0.13	0.13	0.05	0.02	0.02	0.06	0.06	0.04	0.02	0.13	0.01	0.01	0.13	0.09	0.00	0.13	0.02	0.13	0.13	0.00	0.13	0.03	0.02	0.13	0.13
0.20	0.17	0.11	0.05	0.05	0.21	0.21	0.21	0.13	0.07	0.06	0.16	0.14	0.05	0.14	0.11	0.07	0.21	0.06	0.07	0.21	0.20	0.05	0.21	0.21	0.08	0.21	0.21	0.08	0.21	0.03
0.25	0.28	0.17	0.10	0.08	0.32	0.32	0.32	0.22	0.12	0.10	0.25	0.22	0.12	0.11	0.12	0.32	0.11	0.12	0.32	0.30	0.10	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
0.30	0.45	0.24	0.26	0.22	0.47	0.47	0.47	0.35	0.26	0.25	0.43	0.40	0.27	0.29	0.29	0.47	0.29	0.27	0.47	0.49	0.23	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
0.35	0.62	0.40	0.42	0.35	0.63	0.63	0.63	0.50	0.40	0.40	0.60	0.58	0.45	0.45	0.63	0.48	0.45	0.63	0.48	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
0.40	0.78	0.70	0.66	0.70	0.78	0.78	0.78	0.70	0.64	0.70	0.79	0.76	0.70	0.73	0.70	0.78	0.69	0.66	0.78	0.81	0.58	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
0.45	0.94	0.90	0.88	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.87	0.89	0.88	0.83	0.88	0.89	0.91	0.89	0.90	0.91	0.93	0.82	0.91	0.91	0.93	0.91	0.91	0.90	0.91	0.90	0.88
0.50	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
0.55	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
0.60	0.90	0.92	0.85	0.95	0.93	0.93	0.93	0.93	0.90	0.79	0.90	0.90	0.95	0.90	0.92	0.93	0.93	0.92	0.89	0.88	0.95	0.85	0.93	0.93	0.90	0.85	0.82	0.85	0.81	0.85
0.65	0.64	0.71	0.52	0.65	0.82	0.82	0.82	0.74	0.60	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
0.70	0.42	0.30	0.30	0.30	0.66	0.66	0.66	0.66	0.54	0.43	0.60	0.20	0.75	0.33	0.55	0.50	0.50	0.66	0.60	0.40	0.50	0.76	0.30	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
0.75	0.50	0.20	0.18	0.18	0.50	0.50	0.50	0.33	0.25	0.30	0.50	0.10	0.60	0.11	0.26	0.30	0.21	0.50	0.11	0.26	0.30	0.21	0.50	0.11	0.26	0.30	0.21	0.50	0.11	0.26
0.80	0.13	0.05	0.07	0.04	0.26	0.26	0.26	0.26	0.21	0.16	0.16	0.05	0.38	0.03	0.13	0.10	0.13	0.05	0.12	0.13	0.10	0.13	0.05	0.12	0.13	0.10	0.13	0.05	0.12	0.13
0.85	0.05	0.00	0.00	0.01	0.23	0.23	0.23	0.23	0.09	0.06	0.01	0.00	0.16	0.00	0.09	0.04	0.03	0.23	0.05	0.01	0.12	0.13	0.00	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
0.90	0.03	0.00	0.00	0.00	0.14	0.14	0.14	0.14	0.06	0.03	0.01	0.00	0.09	0.00	0.05	0.03	0.02	0.14	0.06	0.00	0.07	0.03	0.00	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.08	0.00	0.00	0.02	0.00	0.08	0.08	0.08					

Wyniki ankiety eksperckiej (etap II - metoda delficka), dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły).

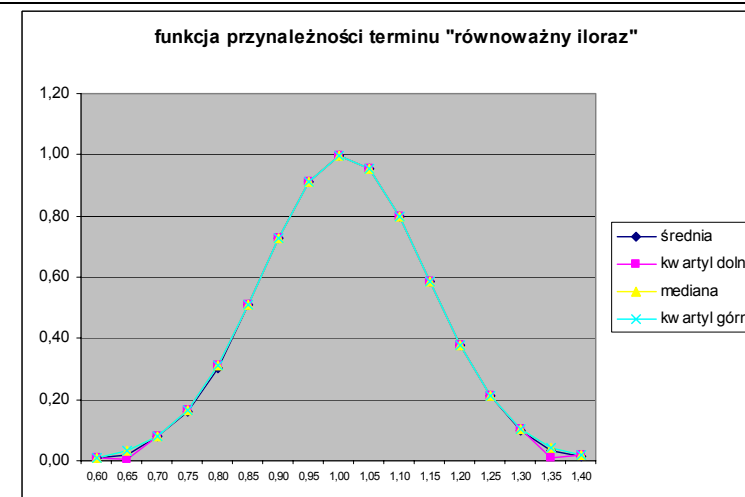
x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
0,00	1,00	0,00	38	1,00	1,00	1,00
0,05	1,00	0,00	38	1,00	1,00	1,00
0,10	0,99	0,01	38	0,99	1,00	1,00
0,15	0,98	0,03	38	0,95	1,00	1,00
0,20	0,95	0,05	38	0,88	0,98	0,99
0,25	0,90	0,08	38	0,80	0,94	0,96
0,30	0,84	0,12	38	0,70	0,90	0,93
0,35	0,75	0,13	38	0,60	0,80	0,84
0,40	0,64	0,15	38	0,50	0,68	0,76
0,45	0,48	0,15	38	0,40	0,45	0,60
0,50	0,34	0,16	38	0,30	0,32	0,42
0,55	0,23	0,13	38	0,17	0,24	0,30
0,60	0,15	0,09	38	0,08	0,18	0,18
0,65	0,09	0,06	38	0,04	0,13	0,13
0,70	0,05	0,04	38	0,01	0,07	0,09
0,75	0,03	0,03	38	0,00	0,03	0,06
0,80	0,02	0,02	38	0,00	0,01	0,04
0,85	0,01	0,01	38	0,00	0,00	0,03
0,90	0,01	0,01	38	0,00	0,00	0,02
0,95	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,01
1,00	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,01



x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
0,15	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,00
0,20	0,02	0,02	38	0,00	0,01	0,04
0,25	0,04	0,03	38	0,01	0,03	0,07
0,30	0,07	0,05	38	0,02	0,06	0,13
0,35	0,13	0,07	38	0,07	0,14	0,21
0,40	0,22	0,10	38	0,12	0,22	0,32
0,45	0,36	0,11	38	0,26	0,40	0,47
0,50	0,52	0,11	38	0,42	0,57	0,63
0,55	0,73	0,06	38	0,69	0,75	0,78
0,60	0,90	0,02	38	0,89	0,91	0,91
0,65	1,00	0,01	38	0,99	1,00	1,00
0,70	0,99	0,01	38	0,98	0,99	0,99
0,75	0,89	0,06	38	0,86	0,91	0,93
0,80	0,72	0,12	38	0,61	0,76	0,82
0,85	0,49	0,17	38	0,34	0,50	0,66
0,90	0,31	0,17	38	0,19	0,26	0,50
0,95	0,19	0,14	38	0,08	0,13	0,36
1,00	0,10	0,09	38	0,01	0,07	0,23
1,05	0,06	0,06	38	0,00	0,04	0,14
1,10	0,03	0,04	38	0,00	0,01	0,08
1,15	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,00



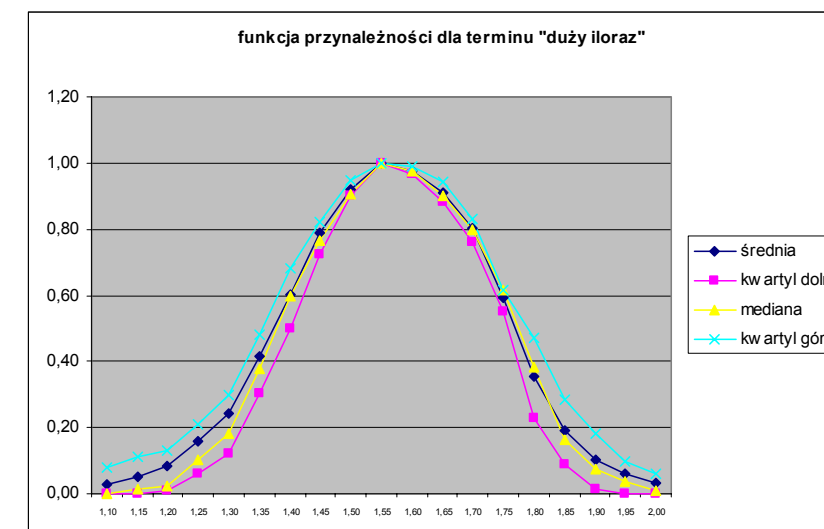
x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
0,55	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,00
0,60	0,01	0,00	29	0,01	0,01	0,01
0,65	0,02	0,01	38	0,00	0,03	0,03
0,70	0,08	0,00	23	0,08	0,08	0,08
0,75	0,16	0,03	24	0,17	0,17	0,17
0,80	0,30	0,05	24	0,31	0,31	0,31
0,85	0,51	0,00	23	0,51	0,51	0,51
0,90	0,73	0,00	23	0,73	0,73	0,73
0,95	0,91	0,00	23	0,91	0,91	0,91
1,00	1,00	0,00	24	1,00	1,00	1,00
1,05	0,96	0,00	24	0,96	0,96	0,96
1,10	0,80	0,00	24	0,80	0,80	0,80
1,15	0,59	0,00	24	0,59	0,59	0,59
1,20	0,38	0,00	24	0,38	0,38	0,38
1,25	0,21	0,00	24	0,21	0,21	0,21
1,30	0,10	0,02	25	0,10	0,10	0,10
1,35	0,03	0,02	35	0,01	0,04	0,04
1,40	0,01	0,01	28	0,02	0,02	0,02
1,45	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,00



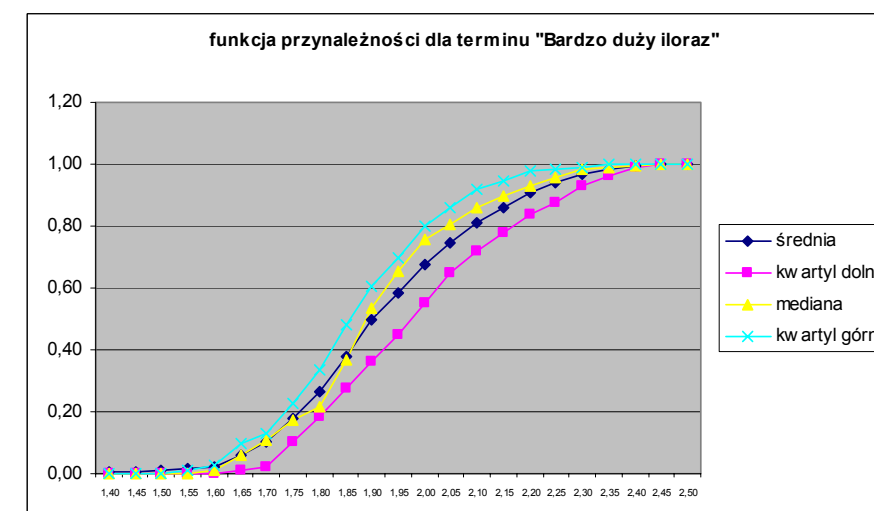
Załącznik 5-8b

Wyniki ankiety eksperckiej (etap II - metoda delficka), dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wejściowych (poprzedników reguły).

x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
1,05	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,00
1,10	0,03	0,04	38	0,00	0,00	0,08
1,15	0,05	0,07	38	0,00	0,01	0,11
1,20	0,08	0,10	38	0,01	0,03	0,13
1,25	0,16	0,13	38	0,06	0,11	0,21
1,30	0,24	0,17	38	0,12	0,18	0,30
1,35	0,42	0,17	38	0,30	0,38	0,48
1,40	0,60	0,15	38	0,50	0,60	0,68
1,45	0,79	0,08	38	0,73	0,77	0,82
1,50	0,92	0,04	38	0,90	0,91	0,95
1,55	1,00	0,00	38	1,00	1,00	1,00
1,60	0,98	0,01	38	0,97	0,98	0,99
1,65	0,91	0,03	38	0,88	0,90	0,95
1,70	0,81	0,06	38	0,76	0,80	0,83
1,75	0,59	0,09	38	0,55	0,62	0,62
1,80	0,36	0,14	38	0,23	0,39	0,47
1,85	0,19	0,13	38	0,09	0,17	0,29
1,90	0,10	0,10	38	0,01	0,08	0,18
1,95	0,06	0,06	38	0,00	0,04	0,10
2,00	0,03	0,04	38	0,00	0,01	0,06
2,05	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,00



x	y średnie	s	liczebność	Q1/4	mediana	Q3/4
1,35	0,00	0,00	38	0,00	0,00	0,00
1,40	0,00	0,01	38	0,00	0,00	0,00
1,45	0,01	0,01	38	0,00	0,00	0,00
1,50	0,01	0,02	38	0,00	0,00	0,00
1,55	0,01	0,02	38	0,00	0,00	0,01
1,60	0,02	0,03	38	0,00	0,01	0,03
1,65	0,06	0,05	38	0,01	0,06	0,10
1,70	0,10	0,08	38	0,02	0,11	0,13
1,75	0,18	0,11	38	0,10	0,17	0,23
1,80	0,26	0,15	38	0,19	0,22	0,34
1,85	0,38	0,15	38	0,27	0,37	0,48
1,90	0,49	0,17	38	0,36	0,54	0,61
1,95	0,59	0,16	38	0,45	0,65	0,70
2,00	0,68	0,16	38	0,55	0,76	0,80
2,05	0,74	0,14	38	0,65	0,81	0,86
2,10	0,81	0,12	38	0,72	0,86	0,92
2,15	0,86	0,10	38	0,78	0,90	0,95
2,20	0,91	0,08	38	0,84	0,93	0,98
2,25	0,94	0,05	38	0,88	0,96	0,98
2,30	0,97	0,03	38	0,93	0,99	0,99
2,35	0,98	0,02	38	0,96	0,99	1,00
2,40	0,99	0,01	38	0,99	1,00	1,00
2,45	1,00	0,00	38	1,00	1,00	1,00
2,50	1,00	0,00	38	1,00	1,00	1,00



Załącznik 5-9

Dystrybuanty proponowanych funkcji aproksymujących poprzedniki reguł wnioskujących.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Bardzo mały iloraz	Mały iloraz	Równoważny iloraz	Duży iloraz	Bardzo duży iloraz																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">dystrybuanta - rozkład logitowy</th> </tr> <tr> <th>empiryczna</th> <th>teoretyczna</th> <th>sup</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1,00</td><td>0,99</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>1,98</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>2,99</td><td>2,97</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>3,97</td><td>3,94</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>4,92</td><td>4,88</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>5,82</td><td>5,79</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>6,66</td><td>6,63</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>7,41</td><td>7,37</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>8,05</td><td>7,99</td><td>0,06</td></tr> <tr><td>8,53</td><td>8,46</td><td>0,07</td></tr> <tr><td>8,87</td><td>8,79</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>9,10</td><td>9,00</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>9,25</td><td>9,13</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>9,35</td><td>9,21</td><td>0,14</td></tr> <tr><td>9,40</td><td>9,25</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>9,43</td><td>9,28</td><td>0,16</td></tr> <tr><td>9,45</td><td>9,29</td><td>0,16</td></tr> <tr><td>9,46</td><td>9,30</td><td>0,16</td></tr> <tr><td>9,47</td><td>9,30</td><td>0,16</td></tr> <tr><td>9,47</td><td>9,30</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>9,47</td><td>9,31</td><td>0,17</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">max 0,17</p>	dystrybuanta - rozkład logitowy			empiryczna	teoretyczna	sup	1,00	0,99	0,01	2,00	1,98	0,02	2,99	2,97	0,03	3,97	3,94	0,04	4,92	4,88	0,04	5,82	5,79	0,03	6,66	6,63	0,04	7,41	7,37	0,04	8,05	7,99	0,06	8,53	8,46	0,07	8,87	8,79	0,08	9,10	9,00	0,10	9,25	9,13	0,12	9,35	9,21	0,14	9,40	9,25	0,15	9,43	9,28	0,16	9,45	9,29	0,16	9,46	9,30	0,16	9,47	9,30	0,16	9,47	9,30	0,17	9,47	9,31	0,17	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">dystrybuanta</th> </tr> <tr> <th>empiryczna</th> <th>teoretyczna</th> <th>sup</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,02</td><td>0,01</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,05</td><td>0,04</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>0,12</td><td>0,10</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>0,25</td><td>0,22</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>0,47</td><td>0,45</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>0,83</td><td>0,82</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>1,36</td><td>1,38</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>2,08</td><td>2,13</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>2,99</td><td>3,04</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>3,98</td><td>4,03</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>4,97</td><td>5,01</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>5,86</td><td>5,88</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>6,58</td><td>6,57</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>7,07</td><td>7,07</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>7,38</td><td>7,40</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>7,56</td><td>7,59</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>7,66</td><td>7,69</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>7,72</td><td>7,74</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>7,75</td><td>7,76</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>7,75</td><td>7,76</td><td>0,01</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">max 0,05</p>	dystrybuanta			empiryczna	teoretyczna	sup	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,05	0,04	0,01	0,12	0,10	0,02	0,25	0,22	0,03	0,47	0,45	0,02	0,83	0,82	0,01	1,36	1,38	0,02	2,08	2,13	0,04	2,99	3,04	0,05	3,98	4,03	0,04	4,97	5,01	0,04	5,86	5,88	0,01	6,58	6,57	0,01	7,07	7,07	0,00	7,38	7,40	0,02	7,56	7,59	0,03	7,66	7,69	0,03	7,72	7,74	0,02	7,75	7,76	0,01	7,75	7,76	0,01	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">dystrybuanta</th> </tr> <tr> <th>empiryczna</th> <th>teoretyczna</th> <th>sup</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,01</td><td>0,01</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>0,11</td><td>0,11</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,27</td><td>0,26</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>0,57</td><td>0,55</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>1,08</td><td>1,04</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>1,81</td><td>1,76</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>2,72</td><td>2,67</td><td>0,06</td></tr> <tr><td>3,72</td><td>3,66</td><td>0,06</td></tr> <tr><td>4,68</td><td>4,62</td><td>0,06</td></tr> <tr><td>5,48</td><td>5,41</td><td>0,07</td></tr> <tr><td>6,06</td><td>5,98</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>6,44</td><td>6,34</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>6,65</td><td>6,53</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>6,75</td><td>6,62</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>6,78</td><td>6,66</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>6,79</td><td>6,67</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>6,79</td><td>6,68</td><td>0,12</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">max 0,13</p>	dystrybuanta			empiryczna	teoretyczna	sup	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,04	0,01	0,11	0,11	0,00	0,27	0,26	0,01	0,57	0,55	0,02	1,08	1,04	0,04	1,81	1,76	0,05	2,72	2,67	0,06	3,72	3,66	0,06	4,68	4,62	0,06	5,48	5,41	0,07	6,06	5,98	0,08	6,44	6,34	0,10	6,65	6,53	0,12	6,75	6,62	0,13	6,78	6,66	0,12	6,79	6,67	0,12	6,79	6,68	0,12	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">dystrybuanta</th> </tr> <tr> <th>empiryczna</th> <th>teoretyczna</th> <th>sup</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,03</td><td>0,02</td><td>0,01</td></tr> <tr><td>0,08</td><td>0,08</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,16</td><td>0,18</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>0,32</td><td>0,36</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>0,56</td><td>0,66</td><td>0,09</td></tr> <tr><td>0,98</td><td>1,11</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>1,58</td><td>1,74</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>2,37</td><td>2,54</td><td>0,16</td></tr> <tr><td>3,29</td><td>3,47</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>4,29</td><td>4,46</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>5,27</td><td>5,44</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>6,18</td><td>6,32</td><td>0,14</td></tr> <tr><td>6,99</td><td>7,05</td><td>0,06</td></tr> <tr><td>7,58</td><td>7,60</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>7,93</td><td>7,98</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>8,13</td><td>8,22</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>8,23</td><td>8,36</td><td>0,14</td></tr> <tr><td>8,29</td><td>8,44</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>8,32</td><td>8,48</td><td>0,16</td></tr> <tr><td>8,32</td><td>8,48</td><td>0,16</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">max 0,17</p>	dystrybuanta			empiryczna	teoretyczna	sup	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,08	0,08	0,00	0,16	0,18	0,02	0,32	0,36	0,04	0,56	0,66	0,09	0,98	1,11	0,13	1,58	1,74	0,15	2,37	2,54	0,16	3,29	3,47	0,17	4,29	4,46	0,17	5,27	5,44	0,17	6,18	6,32	0,14	6,99	7,05	0,06	7,58	7,60	0,02	7,93	7,98	0,05	8,13	8,22	0,10	8,23	8,36	0,14	8,29	8,44	0,15	8,32	8,48	0,16	8,32	8,48	0,16	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">dystrybuanta - rozkład dzwonowy</th> </tr> <tr> <th>empiryczna</th> <th>teoretyczna</th> <th>sup</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,00</td><td>0,02</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>0,01</td><td>0,05</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>0,02</td><td>0,09</td><td>0,07</td></tr> <tr><td>0,05</td><td>0,15</td><td>0,11</td></tr> <tr><td>0,11</td><td>0,24</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>0,21</td><td>0,35</td><td>0,14</td></tr> <tr><td>0,39</td><td>0,52</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>0,65</td><td>0,75</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>1,03</td><td>1,06</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>1,53</td><td>1,48</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>2,11</td><td>2,02</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>2,79</td><td>2,67</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>3,54</td><td>3,43</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>4,35</td><td>4,28</td><td>0,07</td></tr> <tr><td>5,21</td><td>5,18</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>6,11</td><td>6,13</td><td>0,02</td></tr> <tr><td>7,05</td><td>7,10</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>8,02</td><td>8,09</td><td>0,07</td></tr> <tr><td>9,00</td><td>9,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>10,00</td><td>10,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>11,00</td><td>11,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>12,00</td><td>12,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>13,00</td><td>13,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>14,00</td><td>14,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>15,00</td><td>15,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>15,99</td><td>16,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>16,99</td><td>17,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>17,99</td><td>18,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>18,99</td><td>19,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>19,99</td><td>20,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>20,99</td><td>21,08</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>21,99</td><td>22,08</td><td>0,08</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">max 0,14</p>	dystrybuanta - rozkład dzwonowy			empiryczna	teoretyczna	sup	0,00	0,02	0,02	0,01	0,05	0,04	0,02	0,09	0,07	0,05	0,15	0,11	0,11	0,24	0,13	0,21	0,35	0,14	0,39	0,52	0,13	0,65	0,75	0,10	1,03	1,06	0,03	1,53	1,48	0,04	2,11	2,02	0,10	2,79	2,67	0,12	3,54	3,43	0,10	4,35	4,28	0,07	5,21	5,18	0,02	6,11	6,13	0,02	7,05	7,10	0,05	8,02	8,09	0,07	9,00	9,08	0,08	10,00	10,08	0,08	11,00	11,08	0,08	12,00	12,08	0,08	13,00	13,08	0,08	14,00	14,08	0,08	15,00	15,08	0,08	15,99	16,08	0,08	16,99	17,08	0,08	17,99	18,08	0,08	18,99	19,08	0,08	19,99	20,08	0,08	20,99	21,08	0,08	21,99	22,08	0,08
dystrybuanta - rozkład logitowy																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
empiryczna	teoretyczna	sup																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,00	0,99	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2,00	1,98	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2,99	2,97	0,03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3,97	3,94	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4,92	4,88	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5,82	5,79	0,03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,66	6,63	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,41	7,37	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,05	7,99	0,06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,53	8,46	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,87	8,79	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,10	9,00	0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,25	9,13	0,12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,35	9,21	0,14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,40	9,25	0,15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,43	9,28	0,16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,45	9,29	0,16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,46	9,30	0,16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,47	9,30	0,16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,47	9,30	0,17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,47	9,31	0,17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
dystrybuanta																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
empiryczna	teoretyczna	sup																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,00	0,00	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,02	0,01	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,05	0,04	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,12	0,10	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,25	0,22	0,03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,47	0,45	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,83	0,82	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,36	1,38	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2,08	2,13	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2,99	3,04	0,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3,98	4,03	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4,97	5,01	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5,86	5,88	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,58	6,57	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,07	7,07	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,38	7,40	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,56	7,59	0,03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,66	7,69	0,03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,72	7,74	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,75	7,76	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,75	7,76	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
dystrybuanta																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
empiryczna	teoretyczna	sup																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,00	0,00	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,01	0,01	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,03	0,04	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,11	0,11	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,27	0,26	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,57	0,55	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,08	1,04	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,81	1,76	0,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2,72	2,67	0,06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3,72	3,66	0,06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4,68	4,62	0,06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5,48	5,41	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,06	5,98	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,44	6,34	0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,65	6,53	0,12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,75	6,62	0,13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,78	6,66	0,12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,79	6,67	0,12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,79	6,68	0,12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
dystrybuanta																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
empiryczna	teoretyczna	sup																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,00	0,00	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,03	0,02	0,01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,08	0,08	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,16	0,18	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,32	0,36	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,56	0,66	0,09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,98	1,11	0,13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,58	1,74	0,15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2,37	2,54	0,16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3,29	3,47	0,17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4,29	4,46	0,17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5,27	5,44	0,17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,18	6,32	0,14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,99	7,05	0,06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,58	7,60	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,93	7,98	0,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,13	8,22	0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,23	8,36	0,14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,29	8,44	0,15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,32	8,48	0,16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,32	8,48	0,16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
dystrybuanta - rozkład dzwonowy																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
empiryczna	teoretyczna	sup																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,00	0,02	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,01	0,05	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,02	0,09	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,05	0,15	0,11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,11	0,24	0,13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,21	0,35	0,14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,39	0,52	0,13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,65	0,75	0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,03	1,06	0,03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1,53	1,48	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2,11	2,02	0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2,79	2,67	0,12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3,54	3,43	0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4,35	4,28	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5,21	5,18	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6,11	6,13	0,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7,05	7,10	0,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8,02	8,09	0,07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9,00	9,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
10,00	10,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
11,00	11,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
12,00	12,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
13,00	13,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
14,00	14,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
15,00	15,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
15,99	16,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
16,99	17,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
17,99	18,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
18,99	19,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
19,99	20,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
20,99	21,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
21,99	22,08	0,08																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Załącznik 5-10

Ankieta ekspercka II

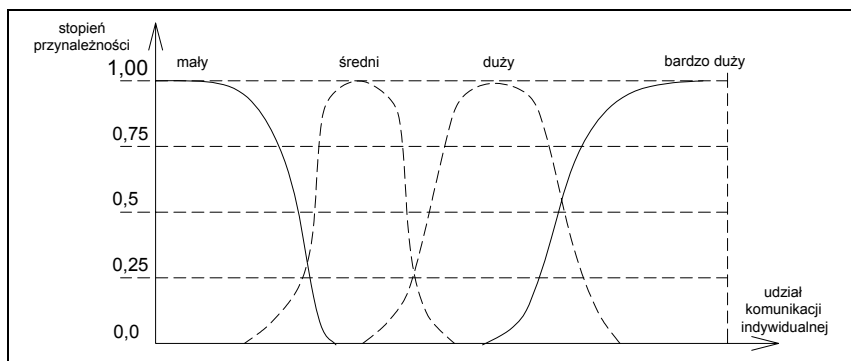
Ankieta ma na celu określenie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej opisującej udział komunikacji indywidualnej w podróżach pieszych w mieście.

Ankieta odnosi się wyłącznie do osób posiadających możliwość wyboru środka transportu.

Należy naszkicować kształt funkcji przynależności (jeden wykres we właściwej rubryce) linią ciągłą, w skali od 0 do 1.

Funkcja przynależności powinna osiągnąć maksimum dla wartości, która Państwa zdaniem odpowiada poszczególnym nazwom zmiennej lingwistycznej.

PRZYKŁAD



<p>1. Mały udział komunikacji indywidualnej w podróżach.</p>	<p>2. Średni udział komunikacji indywidualnej w podróżach.</p>
<p>3. Duży udział komunikacji indywidualnej w podróżach</p>	<p>4. Bardzo duży udział komunikacji indywidualnej w podróżach</p>

Załącznik 5-11

Wyniki ankiety dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zbioru danych wyjściowych (następników reguły) – etap pierwszy.

Udział komunikacji indywidualnej - mały																																											
		Numer ankiety																																									
x	y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
50	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
51	0,60	0,95	0,97	0,99	0,99	0,97	0,97	0,99	0,99	0,92	0,99	0,99	1,00	0,95	0,97	0,65	1,00	0,98	0,92	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,80	0,92	0,98	0,98	0,97	0,75	0,99	0,62	0,72	0,97	1,00	0,99		
52	0,40	0,60	0,90	0,97	0,98	0,92	0,92	0,98	0,95	0,81	0,95	0,95	1,00	0,73	0,92	0,20	0,99	0,90	0,81	1,00	0,99	0,91	1,00	0,99	1,00	0,98	1,00	0,99	0,97	0,60	0,55	0,96	0,97	0,89	0,61	0,96	0,48	0,60	0,89	0,98	0,97		
53	0,24	0,10	0,75	0,92	0,95	0,85	0,63	0,96	0,89	0,65	0,83	0,83	0,80	0,52	0,85	0,07	0,97	0,65	0,65	0,80	0,95	0,78	0,97	0,96	0,98	0,90	0,99	0,96	0,87	0,35	0,25	0,85	0,91	0,75	0,51	0,87	0,30	0,40	0,75	0,90	0,92		
54	0,13	0,01	0,63	0,83	0,90	0,73	0,20	0,93	0,80	0,30	0,55	0,70	0,31	0,35	0,73	0,02	0,95	0,45	0,30	0,26	0,65	0,51	0,92	0,92	0,95	0,82	0,98	0,92	0,35	0,16	0,10	0,76	0,86	0,59	0,40	0,60	0,17	0,25	0,59	0,82	0,83		
55	0,06	0,00	0,50	0,69	0,76	0,55	0,06	0,87	0,55	0,00	0,30	0,45	0,18	0,15	0,55	0,01	0,91	0,28	0,00	0,15	0,30	0,30	0,81	0,82	0,90	0,70	0,89	0,82	0,12	0,04	0,03	0,60	0,75	0,40	0,30	0,49	0,08	0,10	0,40	0,70	0,69		
56	0,02	0,00	0,36	0,55	0,61	0,30	0,02	0,79	0,21	0,00	0,15	0,20	0,10	0,04	0,30	0,00	0,83	0,12	0,00	0,07	0,10	0,13	0,67	0,72	0,85	0,58	0,80	0,72	0,09	0,00	0,00	0,31	0,62	0,22	0,22	0,29	0,01	0,00	0,22	0,58	0,55		
57	0,00	0,00	0,21	0,35	0,38	0,15	0,01	0,68	0,08	0,00	0,05	0,10	0,02	0,01	0,15	0,00	0,72	0,05	0,00	0,03	0,03	0,01	0,48	0,47	0,69	0,44	0,59	0,50	0,04	0,00	0,00	0,14	0,45	0,12	0,08	0,18	0,00	0,00	0,12	0,44	0,35		
58	0,00	0,00	0,09	0,20	0,15	0,06	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	0,51	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,22	0,53	0,30	0,38	0,22	0,02	0,00	0,00	0,04	0,30	0,07	0,01	0,05	0,00	0,00	0,07	0,30	0,20		
59	0,00	0,00	0,01	0,06	0,02	0,01	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,06	0,42	0,20	0,29	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,20	0,06		
60	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,03	0,30	0,10	0,19	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,02		
61	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,12	0,00	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		
62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Udział komunikacji indywidualnej - średni																																											
		Numer ankiety																																									
x	y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
54	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	0,45	0,09	0,05	0,03	0,02	0,11	0,19	0,04	0,10	0,00	0,05	0,08	0,70	0,10	0,28	0,18	0,04	0,00	0,11	0,02	0,25	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,13	0,04	0,12	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	
56	0,59	0,22	0,25	0,16	0,17	0,32	0,38	0,10	0,25	0,00	0,18	0,16	0,88	0,20	0,48	0,45	0,20	0,03	0,21	0,06	0,48	0,03	0,00	0,10	0,20	0,00	0,11	0,00	0,19	0,00	0,19	0,04	0,25	0,08	0,34	0,07	0,00	0,10	0,04	0,19	0,07		
57	0,75	0,41	0,50	0,30	0,35	0,50	0,54	0,18	0,60	0,12	0,36	0,70	0,93	0,50	0,70	0,65	0,33	0,13	0,38	0,14	0,65	0,11	0,00	0,20	0,45	0,01	0,32	0,23	0,42	0,09	0,43	0,22	0,43	0,25	0,50	0,21	0,09	0,20	0,22	0,42	0,21		
58	0,95	0,52	0,70	0,55	0,65	0,60	0,70	0,40	0,90	0,30	0,55	0,90	0,98	0,92	0,91	0,80	0,45	0,22	0,60	0,21	0,80	0,19	0,02	0,40	0,80	0,03	0,52	0,82	0,82	0,24	0,85	0,40	0,60	0,41	0,65	0,35	0,24	0,40	0,40	0,82	0,35		
59	1,00	0,80	0,97	0,88	0,96	0,75	0,82	0,70	0,96	0,83	0,68	0,97	0,99	0,96	0,96	0,96	0,70	0,70	0,75	0,80	0,95	0,30	0,20	0,75	0,97	0,20	0,72	0,97	0,91	0,51	0,96	0,58	0,75	0,65	0,80	0,48	0,51	0,75	0,58	0,91	0,48		
60	0,95	0,99	1,00	0,96	1,00	0,90	0,92	0,00	1,00	0,97	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	0,89	0,90	0,90	1,00	0,40	0,50	0,95	1,00	0,35	0,92	1,00	1,00	0,70	1,00	0,75	0,90	0,89	0,90	0,60	0,70	0,95	0,75	1,00	0,60		
61	0,70	1,00	0,90	1,00	0,99	1,00	0,99	0,90	0,97	1,00	0,99	0,98	0,99	0,96	0,98	0,95	1,00	0,95	1,00	0,95	0,90	0,66	0,90	1,00	0,97	0,75	0,99	0,98	0,95	0,99	0,95	1,00	0,95	1,00	0,76	0,99	1,00	0,85	0,95	0,76			
62	0,55	0,99	0,69	0,99	0,97	0,93	0,97	1,00	0,82	0,97	1,00	0,92	0,98	0,92	0,95	0,80	0,97	1,00	0,95	1,00	0,70	0,91	0,98	0,96	0,90	0,97	0,98	0,90	1,00	0,80	0,95	0,95	1,00	0,98	0,91	1,00	0,96	0,95	0,90	0,91			
63	0,43	0,69	0,51	0,90	0,73	0,70	0,91	0,92	0,62	0,80	0,98	0,70	0,94	0,80	0,68	0,15	0,90	0,95	0,70	0,95	0,51	1,00	1,00	0,91	0,68	1,00	0,90	0,65	0,65	0,90	0,45	1,00	0,90	0,95	1,00	0,90	0,91	1,00	0,90	0,91	1,00	0,65	1,00
64	0,02	0,93	0,20	0,80	0,28	0,49	0,40	0,78	0,35	0,40	0,93	0,30	0,90	0,50	0,40	0,07	0,70	0,89	0,50	0,90	0,32	0,95	0,98	0,80	0,43	0,98	0,75	0,10	0,40	0,55	0,25	0,95	0,50	0,90	0,55	0,98	0,55	0,80	0,95	0,40	0,98		
65	0,00	0,60	0,01	0,68	0,06	0,30	0,11	0,60	0,09	0,08	0,68	0,08	0,75	0,20	0,15	0,03	0,45	0,69	0,23	0,70	0,20	0,90	0,96	0,50	0,20	0,85	0,53	0,00	0,25	0,35	0,18	0,83	0,23	0,70	0,48	0,79	0,35	0,50	0,83	0,25	0,79		
66	0,00	0,22	0,00	0,55	0,01	0,12	0,01	0,45	0,02	0,00	0,50	0,00	0,30	0,20	0,07	0,00	0,21	0,35	0,10	0,20	0,08	0,40	0,88	0,20	0,80	0,18	0,29	0,00	0,10	0,23	0,10	0,70	0,10	0,50	0,40	0,60	0,23	0,20	0,70	0,10	0,60		
67	0,00	0,07	0,00	0,38	0,00	0,05	0,00	0,30	0,00	0,00	0,35	0,00	0,12	0,04	0,00	0,00	0,06	0,18	0,06	0,07	0,04	0,23	0,70	0,05	0,00	0,04	0,12	0,00	0,06	0,11	0,03	0,48	0,06	0,33	0,33	0,44	0,11	0,05	0,48	0,06	0,44		
68	0,00	0,03	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,15	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,01	0,04	0,00	0,13	0,18	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,05	0,00	0,25	0,01	0,15	0,25	0,28	0,05	0,00	0,25	0,02	0,28		
69	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,08	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,14	0,00	0,08	0,13									

Załącznik 5-12

Normalizacja funkcji przynależności dla zmiennych lingwistycznych opisujących udział komunikacji indywidualnej (następnik reguły).

„mały”

x	y	Q1/4	me	Q3/4
h(A)	0,98	1,00	1,00	1,00
50	1,00	1,00	1,00	1,00
51	0,95	0,95	0,98	1,00
52	0,87	0,81	0,95	0,98
53	0,74	0,64	0,83	0,92
54	0,56	0,30	0,60	0,83
55	0,42	0,11	0,35	0,70
56	0,30	0,03	0,21	0,57
57	0,19	0,01	0,08	0,37
58	0,11	0,00	0,02	0,19
59	0,06	0,00	0,00	0,05
60	0,03	0,00	0,00	0,02
61	0,01	0,00	0,00	0,00
62	0,00	0,00	0,00	0,00
63	0,00	0,00	0,00	0,00

„średni”

x	y	Q1/4	me	Q3/4
h(A)	0,94	0,95	0,98	1,00
54	0,01	0,00	0,00	0,00
55	0,10	0,01	0,05	0,11
56	0,21	0,07	0,18	0,25
57	0,39	0,21	0,36	0,50
58	0,60	0,42	0,59	0,80
59	0,81	0,74	0,82	0,96
60	0,92	0,94	0,97	1,00
61	1,00	1,00	1,00	1,00
62	0,98	0,96	0,98	0,98
63	0,84	0,72	0,92	0,94
64	0,63	0,42	0,56	0,90
65	0,42	0,17	0,36	0,66
66	0,26	0,08	0,20	0,39
67	0,14	0,00	0,06	0,17
68	0,06	0,00	0,01	0,05
69	0,02	0,00	0,00	0,01
70	0,00	0,00	0,00	0,00

„duży”

x	y	Q1/4	me	Q3/4
h(A)	0,93	0,91	0,97	1,00
59	0,00	0,00	0,00	0,00
60	0,03	0,00	0,00	0,04
61	0,10	0,00	0,05	0,12
62	0,20	0,04	0,12	0,24
63	0,36	0,12	0,31	0,51
64	0,56	0,30	0,55	0,72
65	0,78	0,64	0,83	0,94
66	0,91	0,84	0,98	0,99
67	1,00	1,00	0,99	1,00
68	0,97	0,99	1,00	1,00
69	0,87	0,84	0,93	0,97
70	0,72	0,55	0,77	0,91
71	0,52	0,23	0,54	0,69
72	0,36	0,10	0,31	0,41
73	0,19	0,02	0,12	0,20
74	0,10	0,00	0,03	0,12
75	0,03	0,00	0,00	0,02
76	0,01	0,00	0,00	0,00

„bardzo duży”

x	y	Q1/4	me	Q3/4
h(A)	1,00	1,00	1,00	1,00
64	0,00	0,00	0,00	0,00
65	0,00	0,00	0,00	0,00
66	0,04	0,00	0,00	0,03
67	0,05	0,00	0,02	0,08
68	0,08	0,00	0,04	0,14
69	0,16	0,04	0,11	0,22
70	0,24	0,11	0,20	0,34
71	0,39	0,22	0,36	0,60
72	0,53	0,34	0,50	0,77
73	0,65	0,49	0,65	0,85
74	0,77	0,64	0,82	0,92
75	0,85	0,78	0,89	0,95
76	0,93	0,89	0,96	0,99
77	0,96	0,94	0,98	1,00
78	0,99	0,98	0,99	1,00
79	1,00	1,00	1,00	1,00
80	1,00	1,00	1,00	1,00

Załącznik 5-13

Ankieta ekspercka – II etap (metoda delficka)

Podczas I etapu badań, uzyskano funkcje przynależności dla poszczególnych nazw opisujących zakres zmiennej lingwistycznej opisującej udział komunikacji indywidualnej w podróżach.

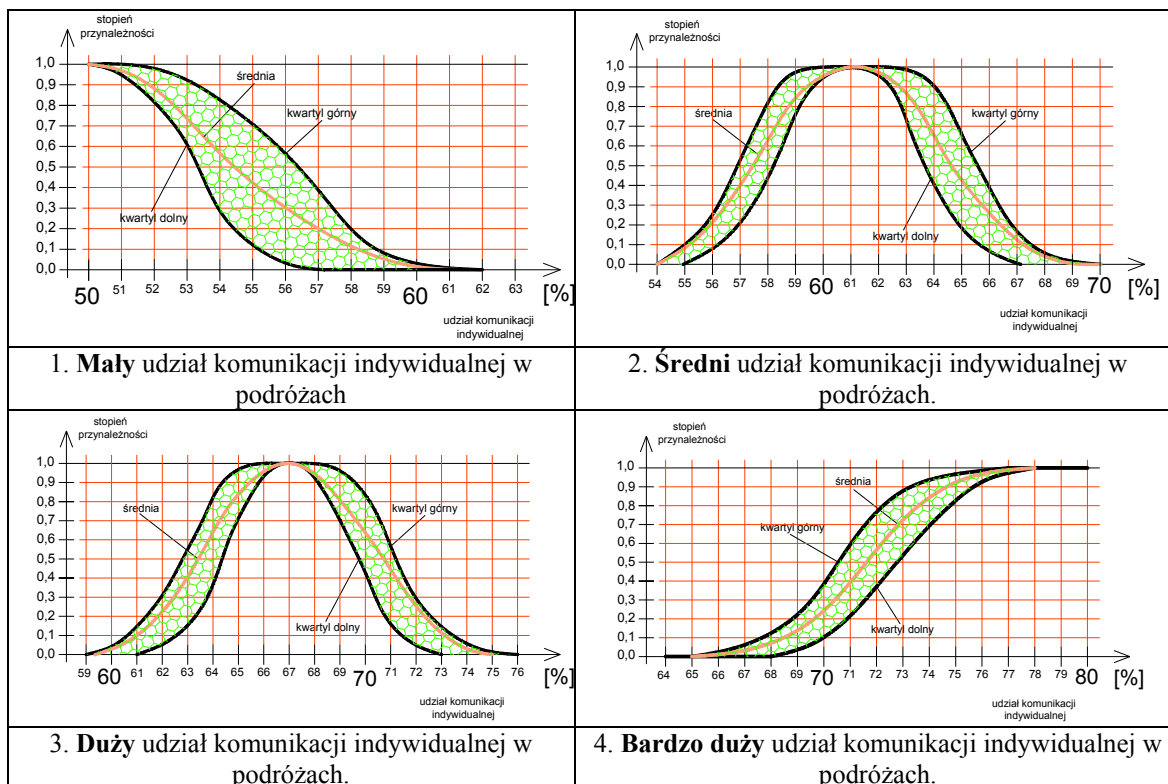
Celem ankiety jest zmniejszenie rozrzutu udzielanych odpowiedzi, uzyskanych podczas I etapu ankietowania, zgodnie z metodyką techniki delfickiej.

Na wykresach należy zaznaczyć linią ciągłą stopień przynależności udziału komunikacji indywidualnej do danego zakresu w skali od 0 do 1 (brak przynależności odpowiada wartości funkcji 0,0; pełna przynależność odpowiada wartości 1,0).

Funkcja przynależności powinna mieścić się pomiędzy liniami dla danych odpowiadających kwartyłowi dolnemu (kwantyl 25) i kwartyłowi górnemu (kwantyl 75) próby (w obszarze zakreskowanym).

Jeżeli zgadzają się Państwo z funkcją przynależności odpowiadającą wartości średniej, proszę nie zaznaczać nowej funkcji.

Uwaga: Udział komunikacji indywidualnej odnosi się tylko do osób posiadających możliwość wyboru środka transportu.



Załącznik 5-14

Test Kołmogorowa Smirnowa dla wyników ankiety delfickiej dotyczącej kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej opisującej udział komunikacji indywidualnej.

mały udział				średni udział				duży udział				bardzo duży udział			
dane empiryczne		model		dane empiryczne		model		dane empiryczne		model		dane empiryczne		model	
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
50	1,00	50	0,99	53	0,00	53	0,01	59	0,00	59	0,02	64	0,00	64	0,00
51	0,98	51	0,97	54	0,04	54	0,05	60	0,02	60	0,04	65	0,00	65	0,01
52	0,92	52	0,93	55	0,08	55	0,12	61	0,08	61	0,10	66	0,02	66	0,02
53	0,81	53	0,82	56	0,19	56	0,22	62	0,18	62	0,20	67	0,03	67	0,04
54	0,62	54	0,62	57	0,38	57	0,38	63	0,35	63	0,35	68	0,07	68	0,07
55	0,38	55	0,37	58	0,62	58	0,58	64	0,58	64	0,55	69	0,13	69	0,13
56	0,18	56	0,18	59	0,83	59	0,78	65	0,80	65	0,76	70	0,23	70	0,23
57	0,07	57	0,07	60	0,93	60	0,94	66	0,93	66	0,93	71	0,38	71	0,38
58	0,02	58	0,03	61	1,00	61	1,00	67	1,00	67	1,00	72	0,55	72	0,55
59	0,01	59	0,01	62	0,97	62	0,95	68	0,95	68	0,95	73	0,71	73	0,71
60	0,00	60	0,00	63	0,86	63	0,80	69	0,84	69	0,80	74	0,82	74	0,83
61	0,00	61	0,00	64	0,65	64	0,60	70	0,64	70	0,59	75	0,89	75	0,91
62	0,00	62	0,00	65	0,40	65	0,40	71	0,39	71	0,39	76	0,95	76	0,95
63	0,00	63	0,00	66	0,21	66	0,24	72	0,20	72	0,22	77	0,98	77	0,97
	a= -1,01			67	0,08	67	0,13	73	0,08	73	0,11	78	0,99	78	0,99
	c= 54,49			68	0,02	68	0,06	74	0,02	74	0,05	79	1,00	79	0,99
				69	0,01	69	0,03	75	0,01	75	0,02	80	1,00	80	1,00
				70	0,00	70	0,01	76	0,00	76	0,01		a= 0,69		
					c= 61,07				c= 67,09				c= 71,73		
					δ= 2,92				δ= 16,11						

dystrybuanta		
emp	teor	sup
		D= 0,02

dystrybuanta		
emp	teor	sup
7,23	7,20	0,03
7,25	7,26	0,01
7,26	7,28	0,03
7,26	7,29	0,04
		D= 0,12

dystrybuanta		
emp	teor	sup
7,04	7,02	0,02
7,07	7,07	0,01
7,07	7,10	0,02
7,07	7,10	0,03
		D= 0,08

dystrybuanta		
emp	teor	sup
6,75	6,78	0,02
7,75	7,77	0,02
8,75	8,77	0,01
		D= 0,03

λ= 0,10
liczebność n 38

λ= 0,68

λ= 0,48

λ= 0,19

wartość krytyczna
λ= 1,36

Załącznik 5-15

5-15 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.

Pierwsze działanie, które pozwoli określić kształt funkcji związane jest z możliwością przesunięcia wykresów wyjściowych (stanowiących poprzednik reguły wnioskującej w modelu bimodalnym). Rozsuniecie wykresów jest utożsamiane ze zwiększeniem wartości progowych dla poszczególnych terminów. Jeżeli uciążliwość związana z przesiadką z samochodu osobowego na podróż w systemie P&R jest dwukrotnie większa niż w przypadku przesiadki ze środka komunikacji zbiorowej oznacza to, że wykresy funkcji przynależności dla ilorazu $\Delta_{so/P\&R}$ powinny być tak zlokalizowane, aby ich maksymalne wartości (w przypadku funkcji typu S – punkty przegięcia) osiągnięte były dla argumentów dwukrotnie większych niż w przypadku ilorazu $\Delta_{kz/P\&R}$ (odnoszącego się do podróży P&R wydzielonych z podróży komunikacją zbiorową). Odnosi się to dla wykresów wyznaczonych dla ilorazu $\Delta \in (1,0;3,0)$. Dla wielkości z przedziału $\Delta \in (0,2;1,0)$ przesunięcie związane będzie z argumentami dwukrotnie mniejszymi.

Przesunięcie wykresów wyjściowych (poprzednik reguł wnioskujących z modelu bimodalnego) związane jest z wyznaczeniem współrzędnych wektora, które można określić w sposób następujący:

- Odczytać wartość argumentu, dla którego funkcja wyjściowa osiąga maksimum,
- Określić długość wektora \bar{a} , koniecznego do przesunięcia wykresu do położenia funkcji dla terminu „równoważny iloraz” (maksimum dla argumentu 1,0),
- Przesunąć dany wykres o wektor \bar{b} i \bar{c} równych połowie długości wektora \bar{a} , przy czym przesunięcie dla funkcji przynależności $\Delta_{so/P\&R}$ o wektor \bar{b} będzie utożsamiane z „rozsunieniem” wykresów, a dla funkcji przynależności $\Delta_{kz/P\&R}$ o wektor \bar{c} oznaczać to będzie przesunięcie wykresów w kierunku terminu „równoważny iloraz” (odpowiadające ich „zsunieniu”).

W przypadku terminu „równoważny iloraz”, nie ma potrzeby dokonywania przesunięcia, ponieważ wielkość 1,0 zawsze będzie odbierana jako wartość równoważna. Wielkości wektorów przesunięcia zestawiono w tabelicy 5-15.1:

Tabela 5-15.1. Wektory przesunięcia dla poszczególnych terminów

Termin	Współrzędne maksimum	\bar{a}	\bar{b}	\bar{c}
„bardzo mały iloraz”	(0,45;0,47)	[0,22;0,00]	[-0,11;0,00]	[0,11;0,00]
„mały iloraz”	(0,65;1,00)	[0,32;0,00]	[-0,16;0,00]	[0,16;0,00]
„równoważny iloraz”	(1,00;1,00)	[0,00;0,00]	*	*
„duży iloraz”	(1,55;1,00)	[0,28;0,00]	[0,14;0,00]	[-0,14;0,00]
„bardzo duży iloraz”	(1,95;0,54)	[0,48;0,00]	[0,24;0,00]	[-0,24;0,00]

Proponuje się traktowanie wykresów wyjściowych pomocniczo (tzn. jak punkt wyjściowy, umożliwiającą określenie właściwych funkcji przynależności), do wyznaczenia wielkości

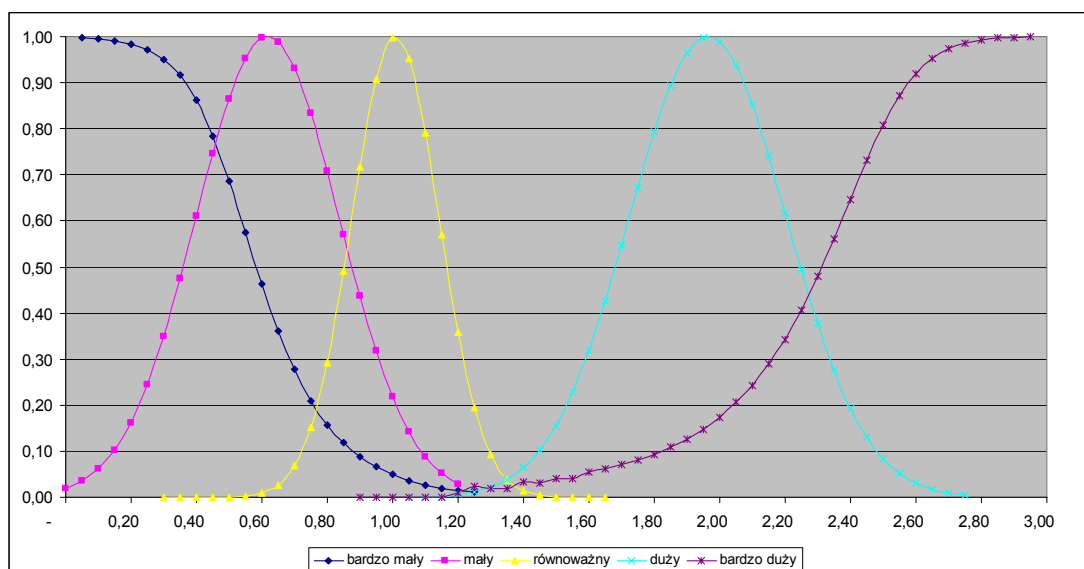
przesunięcia i zorientowania funkcji przynależności w układzie współrzędnych. W efekcie finalnym wartości maksymalne funkcji przynależności dla ilorazu $\Delta_{so/P\&R}$ nie będą dokładnie dwukrotnie większe od wartości ilorazu $\Delta_{kz/P\&R}$. Działania takie można wyjaśnić koniecznością umieszczenia wykresów we wcześniej przyjętej skali (od 0,20 do 3,00) i można założyć, że nie będzie to miało istotnego wpływu na wynik końcowy.

Poza zmianą wartości progowej, związanej z odpowiednim przesunięciem wykresów, wpływ przesiadki na zmianę środka transportu można modelować przy pomocy operacji potęgowania funkcji przynależności (dającej w efekcie wykresy funkcji o zmienionej smukłości). W przypadku przesiadki z samochodu osobowego na P&R, co jest bardziej uciążliwe, należy zmniejszyć smukłość funkcji przynależności. Prowadzi to do „rozmycia” progę danego terminu, co w efekcie zwiększa związanym z nim przedział liczbowy. Można to tłumaczyć mniejszym zdecydowaniem użytkowników związanym z niechęcią do zmiany środka transportu. Operacje taką nazywa się operacją rozcieńczania zbioru rozmytego i przeprowadza się zgodnie z równaniem 5.35. W semantyce zmiennych lingwistycznych operacja rozcieńczania może odpowiadać pojęciu „mniej więcej” [36].

W celu wyznaczenia wzorów określających równania funkcji przynależności, uwzględniających powyższe założenia, postępowano zgodnie z algorytmem:

- Zestawienie współrzędnych funkcji wyjściowych (zgodnych z tablicą 5-14);
- Przesunięcie argumentów funkcji o wektor \bar{b} ;
- Zastosowanie operacji rozcieńczania wartości funkcji przynależności, przez obliczenie pierwiastka kwadratowego z tych wartości;
- Aproxymację równania opisującego otrzymany zbiór współrzędnych, zgodnie z punktem 5.4.3
- Sprawdzenie stopnia dopasowania otrzymanego równania do obliczonych współrzędnych

Otrzymane równania przedstawia wykres na rysunku 5-15.1:



Rys. 5-15.1. Zestawienie funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej $\Delta_{so/P\&R}$,

Załącznik 5-16**5-16 Wyznaczenie kształtu funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej „iloraz”.**

Kształt funkcji przynależności zostanie dobrany na podstawie procedury przyjętej i wyjaśnionej w załączniku 5-15. Polega ona na dwustopniowej modyfikacji wykresów funkcji przynależności stanowiących poprzednik reguły w modelu bimodalnym (etap I).

Pierwszy stopień modyfikacji to przesunięcie wartości progowych o wektor \bar{c} , którego wartość przedstawiono w tablicy 5-15.1. Przesunięcie to zbliży wartości progowe odpowiadające poszczególnym terminom do wartości odpowiadającej terminowi „równoważny iloraz”. Zmniejszenie wartości progowych i odpowiadające temu „zsuniecie” wykresów może być wyjaśnione jako obniżenie wymagań użytkowników dotyczących zmiany środka transportu z komunikacji zbiorowej na system Park and Ride. Obniżenie tych wymagań wydaje się zgodne z intuicją, ponieważ łatwiej jest zrezygnować z podróży wyłącznie środkami komunikacji zbiorowej na rzecz podróży P&R, niż z podróży wyłącznie samochodem osobowym na rzecz P&R. Potwierdzają to wyniki ankiety przedstawione w rozdziale 5.5.1.

Drugi stopień modyfikacji polega na zastosowaniu operacji potęgowania funkcji przynależności dającej w efekcie zmianę w smukłości funkcji. W przypadku zmiany środka podróżowania z komunikacji zbiorowej na P&R, będącej mniej uciążliwą niż zmiana z samochodu osobowego, należy zwiększyć smukłość funkcji przynależności. Większa smukłość utożsamiana jest z zawężeniem przedziałów liczbowych należących do danego terminu. Wyodrębnia to zbiór rozmyty opisujący terminy, co może być interpretowane jako większe zdecydowanie użytkowników przy ocenie wielkości ilorazu analizowanych kosztów uogólnionych podróży. Natomiast większe zdecydowanie, zdaniem autora, przekłada się na mniejszy impuls (w stosunku do rezygnacji z podróży samochodem osobowym) potrzebny do wyboru P&R jako środka transportu. Operacje zwiększenia smukłości funkcji przynależności nazywa się operacją koncentracji i przeprowadza się ją zgodnie z równaniem 5.34. W semantyce zmiennych lingwistycznych operacja taka może odpowiadać pojęciu „bardzo” [36].

W celu wyznaczenia wzorów określających równania funkcji przynależności, uwzględniających powyższe założenia, postępowano zgodnie z algorytmem:

- Zestawienie współrzędnych funkcji wyjściowych (zgodnych z tablicą 5-14)
- Przesunięcie argumentów funkcji o wektor \bar{c} (zał. 5-15, tablica 5-15.1);
- Zastosowanie operacji koncentracji wartości funkcji przynależności, przez podniesienie o kwadrat tych wartości;
- Aproksymację równania opisującego otrzymany zbiór współrzędnych, zgodnie z punktem 5.4.5;
- Sprawdzenie stopnia dopasowania otrzymanego równania do obliczonych współrzędnych

Załącznik 6-1

Określenie wielkości korygujących potencjały więzby ruchu, dostosowując ją do podróży w systemie Park and Ride.

1		pojemność 400		200				
Włociańska		Produkcja	udział %	użytkownicy P&R	do	Atrakcja	udział %	użytkownicy P&R
1	297	71	0,006	1	4	187	0,005	1
2	299	58	0,005	1	7	468	0,013	3
3	300	32	0,003	1	8	663	0,019	4
4	301	199	0,017	3	9	449	0,013	3
5	302	64	0,005	1	10	942	0,027	5
6	305	291	0,024	5	11	547	0,015	3
7	306	42	0,003	1	12	2041	0,058	12
8	307	124	0,010	2	13	1270	0,036	7
9	308	71	0,006	1	14	2019	0,057	11
10	309	111	0,009	2	15	1391	0,039	8
11	310	11	0,001	0	16	849	0,024	5
12	311	11	0,001	0	17	1252	0,035	7
13	312	96	0,008	2	18	600	0,017	3
14	314	1208	0,101	20	19	1359	0,038	8
15	315	1782	0,148	29	20	795	0,023	5
16	316	375	0,031	6	21	2663	0,075	16
17	317	583	0,049	0	22	832	0,024	5
18	318	613	0,051	15	23	484	0,014	3
19	319	480	0,040	8	24	1335	0,038	8
20	320	521	0,043	15	25	392	0,011	2
21	321	465	0,039	8	26	957	0,027	5
22	353	631	0,053	11	27	895	0,025	5
23	356	250	0,021	4	28	608	0,017	3
24	357	280	0,023	5	29	42	0,001	0
25	358	532	0,044	9	30	136	0,004	1
26	360	3100	0,258	51	32	149	0,004	1
27	suma	12001	1,000	201	57	1606	0,045	9
28					58	1067	0,030	6
29					59	1793	0,051	10
30					61	702	0,020	4
31					87	734	0,021	4
32					88	1288	0,036	7
33					89	154	0,004	1
34					122	607	0,017	3
35					123	1476	0,042	8
36					126	349	0,010	2
37					206	29	0,001	0
38					207	570	0,016	3
39					208	404	0,011	2
40					261	1214	0,034	7
					suma	35318	1,000	200

2		pojemność 500		250				
Połczyńska		Produkcja	udział %	użytkownicy P&R	do	Atrakcja	udział %	użytkownicy P&R
1	342	1286	0,095	24	4	187	0,005	1
2	343	3281	0,243	61	7	468	0,013	3
3	344	1141	0,085	21	8	663	0,019	5
4	345	199	0,015	4	9	449	0,013	3
5	346	860	0,064	16	10	942	0,027	7
6	347	2072	0,154	38	11	547	0,015	4
7	348	1223	0,091	23	12	2041	0,058	14
8	349	1135	0,084	21	13	1270	0,036	9
9	350	748	0,055	14	14	2019	0,057	15
10	354	441	0,033	8	15	1391	0,039	10
11	355	228	0,017	4	16	849	0,024	6
12	359	879	0,065	16	17	1252	0,035	9
13	suma	13493	1,000	250	18	600	0,017	4
14				250	19	1359	0,038	10
15					20	795	0,023	6
16					21	2663	0,075	20
17					22	832	0,024	6
18					23	484	0,014	3
19					24	1335	0,038	9
20					25	392	0,011	3
21					26	957	0,027	7
22					27	895	0,025	6
23					28	608	0,017	4
24					29	42	0,001	0
25					30	136	0,004	1
26					32	149	0,004	1
27					57	1606	0,045	11
28					58	1067	0,030	8
29					59	1793	0,051	13
30					61	702	0,020	5
31					87	734	0,021	5
32					88	1288	0,036	9
33					89	154	0,004	1
34					122	607	0,017	4
35					123	1476	0,042	10
36					126	349	0,010	2
37					206	29	0,001	0
38					207	570	0,016	4
39					208	404	0,011	3
40					261	1214	0,034	9
					suma	35318	1	250

3		pojemność 290		290				
Wilanowska		Produkcja	udział %	użytkownicy P&R	do	Atrakcja	udział %	użytkownicy P&R
1	108	17	0,002	0	4	187	0,005	1
2	156	72	0,007	1	7	468	0,013	2
3	157	58	0,005	1	8	663	0,019	3
4	158	159	0,015	2	9	449	0,013	2
5	189	392	0,036	5	10	942	0,027	4
6	190	390	0,036	5	11	547	0,015	2
7	192	264	0,024	4	12	2041	0,058	9
8	193	213	0,020	3	13	1270	0,036	5
9	194	17	0,002	0	14	2019	0,057	8
10	195	2	0,000	0	15	1391	0,039	6
11	196	126	0,012	2	16	849	0,024	3
12	197	249	0,023	3	17	1252	0,035	5
13	198	62	0,006	1	18	600	0,017	2
14	200	72	0,007	1	19	1359	0,038	6
15	201	106	0,010	1	20	795	0,023	3
16	202	81	0,007	1	21	2663	0,075	12
17	203	84	0,008	1	22	832	0,024	3
18	204	6	0,001	0	23	484	0,014	2
19	205	2	0,000	0	24	1335	0,038	5
20	336	2593	0,238	35	25	392	0,011	2
21	337	1261	0,116	17	26	957	0,027	4
22	338	1381	0,127	18	27	895	0,025	4
23	339	680	0,062	9	28	608	0,017	2
24	340	388	0,036	5	29	42	0,001	0
25	341	623	0,057	8	30	136	0,004	1
26	351	1160	0,107	15	32	149	0,004	1
27	352	430	0,039	6	57	1606	0,045	7
28	suma	10888	1,000	144	58	1067	0,030	4
29					59	1793	0,051	7
30					61	702	0,020	3
31					87	734	0,021	3
32					88	1288	0,036	5
33					89	154	0,004	1
34					122	607	0,017	2
35					123	1476	0,042	6
36					126	349	0,010	1
37					206	29	0,001	0
38					207	570	0,016	2
39					208	404	0,011	2
40					261	1214	0,034	5
					suma	35318	1	145

Załącznik 6-3

Więźba zmniejszająca liczbę podróży dla parkingu P&R Połczyńska.

nr rejonu	4	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	57	58	59	61	87	88	89	122	123	126	206	207	208	261	suma		
P	1	3	6	2	9	4	18	13	15	12	8	10	1	10	6	21	8	3	8	2	6	4	1	0	0	0	12	10	12	5	6	11	1	3	10	1	0	2	1	5	250		
342	24	1	1	1	3	3	2	1	1						2			2	1	1						1	2														1		
343	61		1	2	1	2	1	2	2	5	3	2	2	1	2	1	8	1		2	1	2	2	1			3	4			2	1	1	1	1				1	1	2		
344	21			2	2		3			1	1	1				2			1		1						2	1	2		2												
345	4						1	1								1	1																										
346	16		1	1		1		1	2		2																1	1		1	1	2										1	
347	38					1	2	2	2	1	1	1		2	1	2	2	1			1						1	7	2	1	3	2			1	2							
348	23			1	2	1	2	1	2	1	1	1		1	1	2	1	1	2	1		1					1																
349	21							1	1	2	1	1		1	1	1	1		1		1						1		1	1	1			1	2				1		1		
350	14				1	1	2	1	1			1		1	1			1									1		1	1												1	
354	8							1						1	1	1	1										1				1											1	
355	4		1								1	1		1																													
359	16						2	2	1			1		1		2												2	2			1											2

suma: 250

Załącznik 6-4

Więźba zmniejszająca liczbę podróży dla parkingu P&R Wilanowska.

nr rejonu	4	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	57	58	59	61	87	88	89	122	123	126	206	207	208	261						
P	1	2	2	1	2	1	9	4	9	4	1	7	3	6	3	11	3	0	5	2	4	4	2	1	0	0	7	4	9	1	3	7	1	4	10	2	0	3	2	5						
108	0																																													
156	1						1																																							
157	1								1																																					
158	2									1									1																											
189	5						2		2								1																													
190	5	1										1								1								1														1				
192	4						1		1							1																											1			
193	3																										1		1																1	
194	0																																													
195	0																																													
196	2													1																																
197	3							1		1		1																																		
198	1												1																																	
200	1														1																															
201	1						1																																							
202	1															1																														
203	1															1																														
204	0																																													
205	0																																													
336	35				2		3	2	3	2		2		2		5			2								3	4		2																
337	17					1										1			1	1	2	2					2	1		2																2
338	18							1		1	1	1					1						1	1			1	1		1		2	3	1						1				1		
339	9		1	1				1												1	1						1			1														1	1	
340	5			1									1		1																														1	
341	8				1		1	1				1	1	1		1											1																			
351	16		1												1	1	1		1		1	1	1							1	2		1	1				1						1		
352	6													1	1													1	2																	

suma: 145

Załącznik 7-1

Prognozy ruchu i korzyści użytkowników korytarza drogowego parkingu P&R Krak, w poszczególnych latach prognozy.

	Czas jazdy		nat. ruchu		prędkość		koszty jednostkowe	koszty bez P&R	koszty z P&R	roczne korzyści
	bez P&R	z P&R	bez P&R	z P&R	bez P&R	km/h	zł/pojgodz	zł/pojgodz	zł/pojgodz	
2005	220	180	1108	908	21,6	26,4	22,08	777432	521265	256167
2010	283	205	1170	983	16,8	23,2	24,46	1171502	711975	459527
2015	464	234	1265	1065	10,2	20,3	27,07	2296761	972794	1323966
2020	743	353	1335	1136	6,4	13,4	29,96	4291118	1737351	2553767
2025	1049	593	1358	1159	4,5	8,0	33,11	6811270	3285880	3525390

	prędkości [km/h]								czas przejazdu [min]							
	so		autobus		autobus+bus lane		tramwaj		so		autobus		autobus+bus lane		tramwaj	
	bezP&R	zP&R	bezP&R	zP&R	bezP&R	zP&R	bezP&R	zP&R	bezP&R	zP&R	bezP&R	zP&R	bezP&R	zP&R	bezP&R	zP&R
2005	21,60	26,40	12,50	12,50	18,00	18,00	20,00	20,00	3,67	3,00	6,34	6,34	4,40	4,40	3,96	3,96
2010	16,77	23,18	12,50	12,50	18,00	18,00	20,00	20,00	4,72	3,42	6,34	6,34	4,40	4,40	3,96	3,96
2015	10,23	20,34	8,15	12,50	18,00	18,00	20,00	20,00	7,74	3,89	9,72	6,34	4,40	4,40	3,96	3,96
2020	6,40	13,45	5,52	12,50	18,00	18,00	20,00	20,00	12,38	5,89	14,36	6,34	4,40	4,40	3,96	3,96
2025	4,53	8,02	4,07	6,68	18,00	18,00	20,00	20,00	17,48	9,88	19,46	11,86	4,40	4,40	3,96	3,96

przesiadka **4,00** min15km/h
18
16km/h
20
prędkość komunikacyjnakorzyści użytkowników P&R
(w porównaniu do s.o.)liczba
użytkown.roczne korzyści użytkowników
P&R (pasażero-godzin)

	korzyści użytkowników P&R (w porównaniu do s.o.)			liczba użytkown.	roczne korzyści użytkowników P&R (pasażero-godzin)		
	bus	buslane	tram		bus	buslane	tram
2005	-7,34	-5,40	-4,96	260	-33061	-24336	-22353,1
2010	-6,92	-4,98	-4,54	260	-31183	-22458,2	-20475,3
2015	-6,44	-4,51	-4,07	260	-29035	-20309,7	-18326,7
2020	-4,45	-2,51	-2,07	260	-20037	-11311,7	-9328,8
2025	-5,98	1,48	1,92	260	-26950	6669,867	8652,8

różnice %	8. %			10. %			15. %		
	bus	buslane	tram	bus	buslane	tram	bus	buslane	tram
	2,69	1,72	1,54	2,84	1,86	1,67	3,10	2,11	1,91
	2,57	1,65	1,47	2,83	1,85	1,66	3,54	2,42	2,19