

Andrzej SZARATA*
Politechnika Krakowska

ESTYMACJA UOGÓLNIONEGO KOSZTU W PODRÓŻACH PARK AND RIDE

Streszczenie. Koszt uogólniony podróży stanowi niezbędny parametr do wyznaczenia podziału zadań przewozowych, a w konsekwencji efektywności systemu Park and Ride. Wzór składa się z trzech elementów: kosztu podróży samochodem osobowym, kosztu podróży komunikacją zbiorową i ekwiwalentu kosztu wynikającego z uciążliwości. Wskaźnik ten uwzględnia czas dojścia do samochodu osobowego, czas jazdy, czas przesiadki, czas jazdy środkami komunikacji zbiorowej i czas odejścia. Każdy ze składników jest inaczej odbierany przez podróżnych i można przypisać mu wagę. Artykuł przedstawia próbę wyznaczenia wartości wskaźników uciążliwości poszczególnych etapów podróży.

ESTIMATION OF GENERALIZED COST IN PARK AND RIDE TRIPS

Summary. Formula for the generalised cost of the trip poses one of the means on how to describe Park and Ride economical efficiency. The formula consists of three elements: trip cost by car, trip cost by public transport and discomfort trip index. The discomfort trip index (DI) take into consideration of access time, travel time by car, travel time by public transport, interchange time, and egress time. Each component of the journey has its own weight, calibrated on the basis of travel questionnaire.

1. Wstęp

Koncepcja systemu Park and Ride powstała w Stanach Zjednoczonych, w latach dwudziestych ubiegłego wieku. Istotą systemu jest ułatwienie dojazdu do zatłoczonych centrów miast dzięki wprowadzeniu podróży kombinowanej: samochód osobowy – pojazd komunikacji zbiorowej (kolej, metro, tramwaj, autobus). Aby system funkcjonował prawidłowo, parkingi P&R lokalizuje się najczęściej z dala od centrum miasta, w pobliżu stacji i przystanków kolejowych lub przystanków miejskiej komunikacji zbiorowej. Kierowca ma możliwość pozostawienia samochodu na parkingu, a dalsza podróż może być realizowana pociągiem, tramwajem lub autobusem.

* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Andrzej Rudnicki.

Określenie efektywności funkcjonalnej (oraz ekonomicznej) parkingów P&R stanowi bardzo złożony problem. W krajach Europy Zachodniej (system funkcjonuje tam już od lat pięćdziesiątych) prowadzone badania ruchu uwzględniają Park and Ride w podziale zadań przewozowych, co znacznie ułatwia ocenę efektywności. Ponadto, przeprowadza się badania ankietowe [1], [2] umożliwiające określenie preferencji użytkowników. W przygotowanym w 2000 roku dla Poznania Kompleksowym Badaniu Ruchu (KBR) [3] uwzględniono w podziale modalnym podróże P&R. Nie ma tam jednak oznakowanych parkingów, a jedynie część użytkowników linii szybkiego tramwaju (0,1% ogółu podróży), dojeżdża do przystanku własnym samochodem. W Krakowie na przełomie lat 80 i 90 funkcjonował system P&R, jednak pod koniec lat 90 wiele nakładających się czynników (m.in. brak środków na rozwój systemu czy słaba informacja) spowodowało rezygnację z systemu. Jedyny sposób, aby określić funkcjonalność systemu w warunkach polskich, to przygotowanie metody badań bazującej na deklarowanym wyborze ankietowanych.

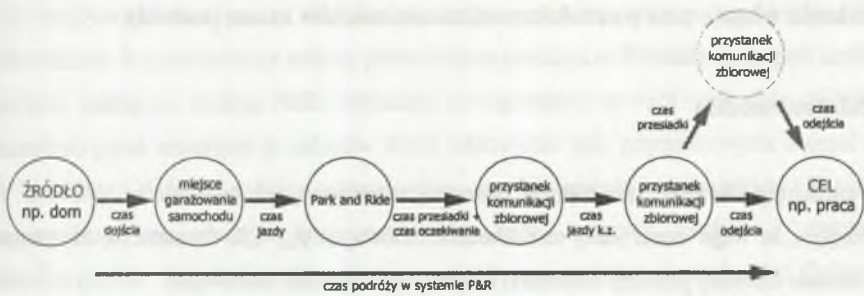
2. Określenie uogólnionego kosztu

Jednym z parametrów niezbędnych do wyznaczenia podziału zadań przewozowych, a w konsekwencji wyznaczenia efektywności systemu P&R jest uogólniony koszt podróży. Jest to parametr uwzględniający przede wszystkim koszty, jakie musi ponieść użytkownik, aby dotrzeć do celu. Uwzględnia on nie tylko koszty eksploatacyjne samochodu (koszt paliwa, ubezpieczenia czy koszty serwisowe) oraz opłaty za korzystanie ze środków komunikacji zbiorowej (koszt biletu lub udział kosztu abonamentu, przypadający na jedną podróż), ale również koszt czasu poświęconego na poszczególne etapy podróży. Do wyznaczenia kosztu uogólnionego podróży przyjęto model addytywny, wyrażony zależnością:

$$K_{P\&R} = K_{j,s.o.} + K_{j,k.z.} + U \quad (1)$$

gdzie: $K_{P\&R}$ – uogólniony koszt podróży w systemie P&R, $K_{j,s.o.}$ – koszt jazdy samochodem osobowym, $K_{j,k.z.}$ – koszt jazdy środkami komunikacji zbiorowej, U – kosztowy ekwiwalent czasu i uciążliwości podróży.

O ile wyznaczenie kosztu jazdy samochodem osobowym i kosztu jazdy komunikacją zbiorową jest stosunkowo proste, to problem pojawia się przy próbie oszacowania kosztowego ekwiwalentu uciążliwości. Ten element uogólnionego kosztu składa się z wartości czasów podróży z uwzględnieniem względnej uciążliwości poszczególnych etapów pokonanych przez użytkownika na drodze źródło – cel. Rysunek 1 przedstawia łańcuch przemieszczeń podróży realizowanych w systemie Park and Ride.



Rys.1. Łańcuch podróży w systemie P&R z wyszczególnieniem czasów poszczególnych przemieszczeń
Fig.1. Trip chain of Park and Ride system, concerning following displacement

Przez *czas dojazdu do samochodu osobowego* rozumie się czas od wyjścia z domu do momentu uruchomienia silnika; *czas jazdy samochodem osobowym* jest to czas potrzebny na dojazd z garażu (lub parkingu przed domem) do parkingu P&R; *czas przesiadki wraz z czasem oczekiwania*, to łączny czas znalezienia miejsca postojowego na parkingu, zamknięcia pojazdu i dojazdu do przystanku komunikacji zbiorowej (przyjęto, że przystanki znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie P&R); *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); *czas odejścia* to czas potrzebny na dojazd z przystanku do celu podróży. Pomimo że przedstawione tutaj czasy podróży wyrażone są w takich samych jednostkach, nie można ich bezpośrednio dodawać. Każdy użytkownik inaczej odczuwa czas kolejnych etapów w łańcuchu podróży. Dla części osób największą uciążliwość stanowi czas poświęcony na oczekiwanie na pojazd komunikacji zbiorowej, a dla innych największy opór stanowi przesiadka z samochodu osobowego. Aby zróżnicować wpływ poszczególnych czasów podróży na wynik końcowy, wykorzystano model addytywno - multiplikacyjny, w którym każdy z czasów posiada mnożnik korygujący czas rzeczywisty (wagę) ze względu na subiektywne odczucie warunków podróżowania. Aby można było sumować poszczególne wielkości ze wzoru 2, ekwiwalent uciążliwości należy pomnożyć przez jednostkowy koszt czasu. W efekcie uzyskano formułę umożliwiającą oszacowanie kosztowego ekwiwalentu podróży:

$$U = [\mu_{dso} * t_{dso} + \mu_{js} * t_{js} + \mu_{pkz} * t_{okz} + \mu_{jkz} * t_{jkz} + \mu_{pkz} * t_{pkz} + \mu_{odkz} * t_{odkz}] * k \quad (2)$$

gdzie: U – kosztowy ekwiwalent uciążliwości, t_{dso} – czas dojazdu do samochodu osobowego, t_{js} – czas jazdy samochodem osobowym, t_{okz} – czas oczekiwania na pojazd komunikacji zbiorowej, t_{jkz} – czas jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej, t_{pkz} – czas przesiadki na pojazd komunikacji zbiorowej, t_{odkz} – czas odejścia z przystanku komunikacji zbiorowej, $\mu_{[i,j]}$ – wagi poszczególnych składników czasu podróży, k – jednostkowy koszt czasu podróży.

3. Badania własne nad wartościowaniem elementów czasu podróży

3.1. Założenia modelu

Wartościując składniki czasu podróży, oparto się na następujących założeniach:

- Przyjęto, że waga czasu jazdy samochodem osobowym $\mu_{jsO}=1,0$. Oznacza to, że wszystkie pozostałe elementy podróży odniesiono do jazdy samochodem osobowym.
- Ponieważ duża swoboda ruchu mogłaby zniechęcić użytkowników do korzystania z P&R, a zbyt duża kongestia może okazać się niemiarodajna, założono, że warunki drogowe dla ruchu samochodowego odpowiadają przeciętnemu natężeniu ruchu w sieci ulicznej.
- Porównywano podróże o zróżnicowanym czasie trwania, lecz o średnim czasie jazdy samochodem osobowym i komunikacją zbiorową rzędu 25-30 minut.
- Podstawą ekwiwalentu U jest wartościowanie czasu podróży pasażera. Zysk na czasie podróży może być przeznaczony na inne cele (np. drobne zakupy), odrzucane wcześniej z powodu braku czasu.
- Niezawodność komunikacji zbiorowej, rozumiana jako punktualność czy wysoka częstotliwość kursowania, jest bardzo ważnym elementem analizy funkcjonalności P&R. Niezawodność plasuje się wysoko na liście preferencji podróżnych [4], dlatego analizując system Park and Ride należy założyć jej wysoki poziom.

3.2. Cel, sposób i zakres badań

Celem badań było ustalenie następujących zależności:

- 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.
- O ile minut podróżny jest w stanie wydłużyć podróż samochodem osobowym, aby nie przesiadać się na pojazd komunikacji zbiorowej w systemie Park and Ride.
- 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.

Ze względu na brak systemu P&R badania można prowadzić tylko w gronie potencjalnych użytkowników. Przeprowadzone ankiety pilotażowe 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. Uzyskano 93 ankiety, spośród pracowników i studentów Politechniki Krakowskiej, uczestników konferencji „Polityka parkingowa w miastach” oraz Biura Inżynierii Transportu z Poznania.

3.3. Wyniki badań

- Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości dojścia do samochodu osobowego

W wyniku estymacji wartości współczynnika ekwiwalentnego uciążliwości uzyskano: $\mu_{dso} = 1,20$. Czas dojścia traktowany był przez respondentów w sposób bardzo zróżnicowany, o czym świadczy stosunkowo duża wartość odchylenia standardowego $s=0,56$. Wskazania wartości współczynnika powyżej jedności świadczą o negatywnym odbiorze przez ankietowanego etapu dojścia do samochodu, natomiast wartości poniżej jedności można tłumaczyć jego lepszą percepcją, co przekłada się na negatywne odczucia jazdy 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 dostać się do samochodu).

- 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 takie założenie, ponieważ zgodnie z badaniami stopnia wykorzystania parkingów P&R w krajach Europy Zachodniej, średnie napełnienie parkingu nie przekracza 55-70% [5], zatem znalezienie miejsca postojowego (i wiążące się z nim straty czasu) nie powinno stanowić istotnego problemu. Estymowana wartość ekwiwalentnego współczynnika czasu oczekiwania wynosi $\mu_{okz}=2,16$. Rozrzut danych w tym przypadku jest również znaczący, a odchylenie standardowe wynosi $s=1,29$. Świadczy to o bardzo zróżnicowanej ocenie subiektywnej uciążliwości analizowanego składnika

podróży. Należy zaznaczyć, że przejście z samochodu osobowego do np. tramwaju wiąże się ze zmianą komfortu podróżowania i może to stanowić największy opór. Z tego powodu w ankiecie umieszczono pytanie dotyczące czasu, o jaki wydłużyłby kierowca podróż samochodem, aby nie korzystać z systemu Park and Ride. Uwzględniono dwa przypadki: opłata parkingowa jest wliczona w cenę biletu, oraz wymagana jest dodatkowa opłata za parkowanie. Tabela 1 prezentuje średnie wydłużenie podróży dla obu wariantów.

Tabela 1

Gotowość wydłużenia podróży sam. osob. w przypadku niekorzystania z systemu P&R (średnie)

	Bez dodatkowej opłaty	Z dodatkową opłatą
Srednie wydłużenie podróży	9,7 min	17,4 min
Odchylenie standardowe	5,43 min	7,38 min

- Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej

Uciążliwość jazdy pojazdem komunikacji zbiorowej była rozpatrywana w funkcji rodzaju dysponowanego miejsca (siedzące lub stojące) oraz wielkości napełnień. Przyjęto trzy zakresy napełnienia pojazdu: niewielkie (poniżej 1 os./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. Tabela 2 prezentuje zestawienie poszczególnych współczynników w zależności od zapełnienia pojazdu. Stosunkowo duża wartość odchylenia standardowego estymowanej wielkości wskazuje na znaczny rozrzut subiektywnej oceny warunków podróżowania. Można zaobserwować większą zgodność odpowiedzi uzyskanych dla sytuacji, w której pasażer podróżuje pojazdem o niewielkim napełnieniu, a wraz ze wzrostem napełnienia ocena uciążliwości zaczyna być coraz bardziej zróżnicowana.

Tabela 2

Współczynnik ekwiwalentny uciążliwości jazdy pojazdami komunikacji zbiorowej

Napełnienie	Pasażer siedzi			Pasażer stoi		
	niewielkie	średnie	duże	niewielkie	średnie	duże
Wartość średnia	1,15	1,61	2,38	1,71	2,57	3,91
Odchylenie standardowe	0,44	0,82	1,30	0,82	1,28	2,04

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 zróżnicowane wartości współczynnika, o czym świadczy znacząca wielkość odchylenia standardowego $s=1,09$.

- Ekwiwalentny współczynnik uciążliwości przesiadki

Ten etap 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. Należy jednak brać pod uwagę sytuację, w której podróżny zdecyduje się przesiąść na inną linię komunikacji zbiorowej. Wyznaczenie współczynnika uciążliwości przesiadki zostało przedstawione w [4]. Zgodnie z tym pasażer jest gotów wydłużyć czas podróży od ok. 4 min (dla podróży pilnych) do 8 min (dla pozostałych podróży). Przyjmując dla warunków przeciętnych 35% podróży pilnych i 75% pasażerów posiadających bilety sieciowe (przesiadka nie wiąże się z dopłatą) średnia wartość uciążliwości wynosi $\mu_p = 7,28$, co można interpretować jako „karę” za przesiadkę. Częściowo skalibrowana postać funkcji kosztu uogólnionego podróży P&R przedstawia się następująco (wzór 3):

$$K_{P\&R} = K_{j.s.o.} + K_{j.k.z.} + [1,20 * t_{dso} + 1,00 * t_{jso} + 2,16 * t_{okz} + 1,61 * t_{jkz} + 7,28 \mu_{pkz} * t_{pkz}] * k \quad (3)$$

4. Wnioski

Koszt uogólniony jest podstawą do modelowania wyboru sposobu podróżowania. Wobec braku funkcjonującego systemu Park and Ride charakter badań dotyczył deklarowanych preferencji. Wszystkie analizowane współczynniki odnoszą się do czasu jazdy samochodem osobowym w warunkach drogowych odpowiadających przeciętnemu natężeniu ruchu w sieci ulicznej. Przygotowana anketa 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. Może to być przyczyną stosunkowo dużych wartości odchylenia standardowego. Kolejny etap badań będzie miał na celu zmniejszenie rozrzutu deklarowanych odpowiedzi, korzystając z tzw. techniki delfickiej, w której specjalnie dobrana anketa będzie sugerować odpowiedź, a zadaniem respondenta będzie wskazanie, w jakim stopniu zgadza się on z podanymi wartościami.

LITERATURA

1. Pääkaupunkiseudun Liityntäpysä – Kõintisstrategia 2020. YTV Liikenne, Helsinki 1997.
2. COST 342: Parking Policy Measures and their Effects on Mobility and the Economy. WG 2-5: Park & Ride, Sierpień 2002.
3. Zasady zagospodarowania, organizacji i zarządzania parkingami typu „Parkuj i Jedź”. Polinvest, Kraków 2001.
4. Rudnicki A.: Jakość komunikacji miejskiej. Kraków 1999.
5. Szarata A.: Przegląd rozwiązań systemu „Parkuj i Jedź” na przykładach wybranych miast europejskich. Transport Miejski nr 6, 2002, s.15 – 21.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ryszard Krystek

Abstract

Generalize cost of the P&R trip is one of the parameters which can help to estimate the effectiveness of the system. That parameter characterizes user's cost of the trip from origin to destination taking into consideration not only operating costs (e.g. fuel or insurance) and public transport fees, but also cost of the time spend for individual stages of the trip. Cost of private car and public transport riding is not complicated to find. The problem is how to estimate cost equivalent of trip inconvenience. Access time, riding time waiting time and egress time has the same unit, but there is no possibility to directly add all those values. The reason is simply – each user has different feeling of travel time. Weights of each time component were introduced to diverse influence of time on each travel stage. In the result the formula for generalize cost was obtained.