



POTENCJAŁ ROZWOJU USŁUG *CAR-SHARINGU* NA PRZYKŁADZIE ANALIZY WSPÓLDZIELENIA TAKSÓWEK

Zbigniew Galar¹

Flint Group, Łódź

Streszczenie: Celem niniejszego artykułu jest ocena potencjału wdrożenia usług współdzielenia samochodu (*car-sharingu*), w dużo szerszym niż ma to miejsce obecnie zakresie, na podstawie wskazania czynników energetycznych, logistycznych i psychologicznych warunkujących tego typu usługę. Krytyczna analiza – w ujęciu psychologicznym – badania dotyczące możliwości współdzielenia taksówek na Manhattanie została uzupełniona o jego autorskie rozwinięcie, w postaci analizy ilościowej na szerszej bazie danych źródłowych.

Słowa kluczowe: elektromobilność, *car-sharing*, *car-pooling*, współdzielenie samochodu

DOI: 10.17512/znpcz.2019.3.03

Wprowadzenie

Straty spowodowane nadmierną kongestią w miastach (sumarycznie jako straty paliwa i czasu) dla 83 największych aglomeracji w Stanach Zjednoczonych wyceniono na 60 mld dolarów rocznie (Arnott, Small 1994, s. 446-455). Światowa Organizacja Zdrowia szacuje, że z powodu smogu na świecie przedwcześnie umiera milion osób w ciągu roku (WHO 2011), z czego duża część z powodu cząstek wprowadzanych do atmosfery przez ruch drogowy (Caiazzo i in. 2013, s. 198-208).

Każdego roku na drogach całego świata ginie milion dwieście pięćdziesiąt tysięcy osób, a około 20 do 50 mln odnosi poważne obrażenia (World Bank 2017, s. 6). Bank Światowy szacuje, że redukcja liczby wypadków o połowę może zwiększyć od 7% do 22% PKB per capita w ciągu najbliższych 24 lat, co przekłada się na wzrost 2-3% PKB per capita rocznie (World Bank 2017, s. 6). Wpływ zaoszczędzonych wydatków na świadczenia społeczne (głównie ochronę zdrowia) może dodatkowo przełożyć się na 6% do 32% PKB per capita (w ciągu 24 lat) (World Bank 2017, s. 6). Wypadki drogowe stanowią główną przyczynę śmierci i niepełnosprawności wśród osób z grupy wiekowej pomiędzy 15. a 29. rokiem życia (World Bank 2017, s. 9). Sprawia to, że koszty wypadków stanowią główny czynnik łącznego kosztu mobilności (oprócz kosztów amortyzacji samochodu i kosztów paliwa).

¹ Zbigniew Galar, dr, zbigniew.galar@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2629-0512

Zagęszczenie ruchu ulicznego powoduje opóźnienia (koszty transakcyjne), dodatkowe spalanie paliwa oraz koszty utraconych korzyści przez spędzanie dodatkowego czasu w komunikacji przez pracowników, przekładające się na łączny roczny koszt w postaci 305 mld dolarów w samych tylko Stanach Zjednoczonych (INRIX 2018) (wzrost o 10 mld w porównaniu z rokiem 2016, w którym przejechano rekordowe 3,2 bln kilometrów) (FHWA 2017). W rezultacie spadek liczby śmierci spowodowanych wypadkami zaledwie o 10% przekłada się średnio na 3,6% wzrostu PKB per capita w przeciągu następnych 24 lat (World Bank 2018).

Brak możliwości utrzymania ciągłego ruchu pojazdów (przez co stoją one niewykorzystane przez około 95% czasu)² skutkuje koniecznością budowy parkingów (niekiedy wielopoziomowych) w centrach miast i strefach podwyższonej użyteczności publicznej, takich jak centra handlowe, dworce czy lotniska. W rezultacie znacząca część dochodów miast pochodzi z opłat za miejsca parkingowe³, a według FAA⁴ 42% zarobków lotnisk w Stanach Zjednoczonych – ponad 4 z 9,6 mld dolarów pochodzących ze źródeł innych niż linie lotnicze – pochodziło z wynajmu przestrzeni parkingowej i transportu lądowego, w tym 1,8 mld od firm wynajmujących pojazdy (The New York Times 2017). Rosnący udział współdzielonych pojazdów (ang. *car-sharing* lub *car-pooling*) wywołuje brak przełożenia rosnącej liczby pasażerów lotnisk na wpływy z wynajmu miejsc parkingowych⁵.

Struktura floty współdzielonych pojazdów w aspekcie opłacalności

Ogromna większość komunikacji z wykorzystaniem samochodów to krótkie podróże jednoosobowe w pięcioosobowych samochodach (około 75%) (Clean Technica.com 2016)⁶. Co więcej, wraz ze wzrostem zamożności społeczeństw udział jednoosobowych dojazdów do pracy rośnie (w 1980 roku w USA było to 64,4%, w 2000 – 75,6%, a w 2014 – 76,4%) (Energy.gov 2016). Przy czym rynek mniejszych samochodów nadal jest niewielki⁷. Są one kupowane zwykle jako pierwsze auta w krajach rozwijający się, takich jak Indie (Shende 2014, s. 1), oraz jako drugie auta w krajach rozwiniętych – nabywane wśród bogatszej klasy średniej dla trzyosobowej lub czteroosobowej rodziny, w celu pokonywania krótszych dystansów (np. zakupy w centrach handlowych) i zwykle w pojedynkę. W przypadku krajów pierwszego świata – pierwszy samochód zawsze jest większy, ponieważ musi on spełniać nie tylko rolę codziennego środka transportu, ale również sprawdzać się

² Dokładnie 96,23% dla 19 podróży tygodniowo, średnio po 20 minut każda, na podstawie (Department of Transport National Statistics 2018). Podobne wyniki uzyskano, mierząc dwiema innymi metodami. Zob. szerzej (ReinventingParking.org 2013).

³ W Austin w Teksasie jest to około połowa, jak donosi Robert Spillar, dyrektor transportu. Zob. szerzej (Governing.com 2017).

⁴ Federal Aviation Administration w USA.

⁵ Lotnisko we Fresno w USA utraciło zyski z tego tytułu na kwotę 250 tys. dolarów w roku 2017, jak donosi dyrektor lotnictwa Kevin Meikle.

⁶ Na podstawie danych: US Census Bureau.

⁷ Sprzedaż segmentu tzw. *city cars* to 6,2% globalnej sprzedaży samochodów; na podstawie (CarSalesBase.com 2019).

przy okazjonalnym przewożeniu większej liczby osób czy dostarczeniu powiększonego ładunku, który nie zawsze mieści się w bagażniku mniejszego samochodu.

W związku z powyższym pojawia się znaczny rynek dla usług *car-sharingu*. Główną korzyścią związaną z tego typu podejściem jest możliwość zastosowania mniejszych samochodów, ponieważ to amortyzacja stanowi główny koszt operacyjny takiej działalności. Mniejszy samochód to przede wszystkim mniejsze koszty wytworzenia oraz mniejsze koszty dla otoczenia (wykorzystanie przestrzeni na drodze i miejscach parkingowych). Mniejszy (nowy) samochód to mniejsze koszty napraw i mniejsze koszty operacyjne (także z powodu mniejszych oporów ruchu – przez zredukowany obrys pojazdu, mniejsza jest również masa do rozpędzenia). Ponadto oznacza to mniejsze koszty ubezpieczenia nie tylko z powodu niższej wartości pojazdu, lecz przede wszystkim z uwagi na mniejsze szkody poczynione przez zderzenia obiektu posiadającego mniejszą bezwładność.

Rodzaj podstawianego do usługi *car-sharingu* pojazdu powinien być dostosowany do zadania i zróżnicowany kosztowo, przez co klient chcący ponieść mniejszy koszt najlepiej dostosuje rodzaj pojazdu do przejazdu. Dlatego konieczne jest silne zróżnicowanie kosztów usługi w zależności od wielkości pojazdu.

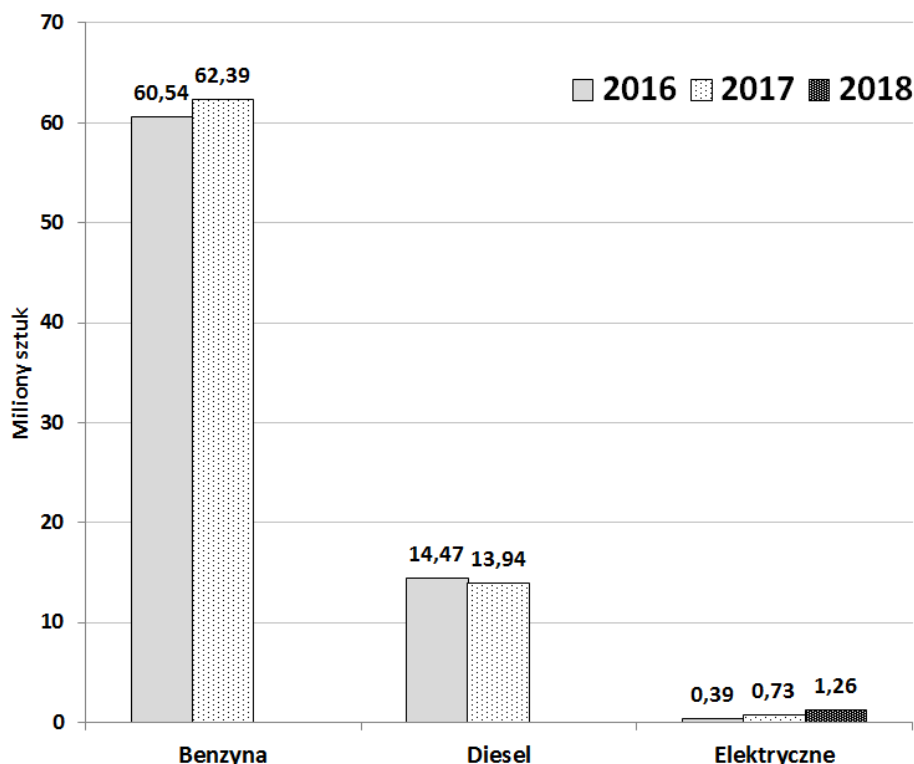
Koszt zamówienia innego pojazdu, gdy podstawiony już pojazd okaże się nieadekwatny, powinien być zrównoważony. Zbyt mała kwota spowoduje, że często będą zamawiane za małe pojazdy, by po przekonaniu się o nieadekwatności miejsca zamówić większy samochód. Zbyt duża kwota spowoduje, że często będą zamawiane pojazdy za duże, by po podstawieniu samochodu nie okazało się, że trzeba zamówić większy.

Struktura floty powinna być przede wszystkim dostosowana do większości kilometrów pokonywanych w danym typie pojazdu. Pomimo że większość podróży samochodami odbywa się w pojedynkę, to już większość kilometrów pokonywanych przez samochody nie ma podobnego udziału przejazdów solo. Dzieje się tak dlatego, że dłuższe przejazdy mają większy udział podróży samochodów przewożących większą liczbę ludzi. Współdzielenie zasobów jest bowiem bardziej opłacalne na dłuższych trasach, *car-sharing* odbywa się więc prywatnie przy podróżach na większe odległości.

Energetyczne aspekty *car-sharingu*

Mimo że w 2018 roku liczba nowych pojazdów wprowadzonych do eksploatacji i nieposiadających elektrycznego napędu była ponad 68 razy większa od liczby samochodów elektrycznych, to jednak dynamiczny wzrost sprzedaży pojazdów z napędem elektrycznym utrzymuje się pomimo globalnego spadku sprzedaży samochodów osobowych (w 2018 roku sprzedano 0,5% mniej samochodów niż w roku poprzednim) (CarSalesBase.com 2019). Sprzedaż 1 261 tys. egzemplarzy samochodów elektrycznych w 2018 roku (w 2018 jest to 73-procentowy wzrost w stosunku do roku poprzedniego, przy 78-procentowym wzroście dla roku 2017), globalna sprzedaż samochodów osobowych oraz małych pojazdów komercyjnych z napędem elektrycznym osiąga rozmiary pozwalające przewidywać dominację wśród nowych pojazdów w ciągu najbliższej dekady (*Rysunek 1*). Przy założeniu

stałej sprzedaży pozostałych pojazdów i 70-procentowym wzroście dla samochodów elektrycznych będzie to 8 lat, przy założeniu tylko 60-procentowego wzrostu będzie to 9 lat, przy założeniu 50-procentowego wzrostu będzie to 10,5 roku.



Rysunek 1. Sprzedaż samochodów osobowych na świecie [mln szt.]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych (CarSalesBase.com 2019)

Tego typu przemiana związana jest oczywiście z wygodą życia w miastach, gdzie istnieje rosnąca presja na większy udział samochodów elektrycznych, zwłaszcza w komunikacji miejskiej i korporacjach taksówkowych, z powodu zmniejszenia przez to miejskiego smogu. Ponadto zwiększająca się sprzedaż idzie w parze ze spadającymi kosztami zakupu samochodów elektrycznych. Wreszcie: to również efekt lepszej wydajności energetycznej elektrycznych samochodów – z powodu większej sprawności silnika elektrycznego nad silnikami benzynowymi i diesela. Władze miasta Shenzhen, które w 2017 roku wymieniło wszystkie swoje autobusy na elektryczne, twierdzą, że elektryczne taksówki są o 70% bardziej opłacalne niż te zasilane silnikami spalinowymi (TechCrunch.com 2019). Obecnie aż 99% miejskiej floty taksówek, czyli ponad 21 tys. samochodów, to taksówki elektryczne.

Silniki elektryczne odzyskują część energii kinetycznej podczas hamowania, co jest szczególnie istotne w ruchu miejskim, pełnym konieczności zatrzymywania się przed światłami. Ponadto opory ruchu dla samochodów elektrycznych są mniejsze

z uwagi na konstrukcję maski pojazdu – niewymagającą przerw w owiewce silnika pozyskującej powietrze na potrzeby chłodnicy. Wydatek energetyczny z powodu większej masy rośnie liniowo do prędkości, podczas gdy wydatek energetyczny związany z oporem ruchu rośnie do kwadratu prędkości – dlatego fakt zmniejszenia oporu jest dużo bardziej istotny.

Z punktu widzenia wydajności energetycznej samych pojazdów znaczący aspekt stanowią mniejsze rozmiary silnika elektrycznego w porównaniu z silnikiem spalinowym, co pozwala na budowanie pojazdów o mniejszej szerokości, przeznaczonych tylko dla jednej osoby, które nie zmuszałyby użytkownika do utrzymywania równowagi (wąskie pojazdy cztero- lub trzykołowe). Pozwala to nie tylko na oszczędności z powodu mniejszych oporów ruchu i masy, lecz tworzy też dodatkowo efekt dodany dla zmniejszenia kongestii w miastach, jeśli dwa tego typu pojazdy mogłyby mijać się na jednym pasie ruchu.

Samochody elektryczne są w użytkowaniu dużo tańsze nie tylko z powodu niższych kosztów ładowania, w porównaniu z tankowaniem paliwa, lecz przede wszystkim z powodu mniejszej awaryjności silników elektrycznych, dzięki ich prostszej konstrukcji⁸.

Aspekty energetyczne dojazdu do klienta w usłudze typu *car-sharing* także mają znaczenie. Bardziej opłacalne może okazać się sprowadzenie większego pojazdu, gdy klient znajduje się niedaleko, zamiast pokrywania kosztu dojazdu samochodu dostosowanego do usług. Oznacza to, że klient zapłaci jak za pojazd mniejszy, a w losowych dla niego przypadkach, uzależnionych od przestrzennego rozmieszczenia floty, otrzyma usługę wykraczającą poza zamówienie. Jest to sytuacja sprzyjająca zwiększeniu satysfakcji klienta i ograniczająca koszty energetyczne dla operatora – typu *win-win*.

Kolejnym energetycznie motywowanym scenariuszem będzie sytuacja odwrotna, kiedy dostępnych jest kilka mniejszych samochodów dla większych grup, które chciały jechać wspólnie, np. z wykorzystaniem pojazdu typu van. Tutaj już klient musi uprzednio wyrazić zgodę, czy chce podzielić grupę np. na dwa mniejsze auta, czy czekać dłużej na podstawienie odpowiednio dużego pojazdu. Jednak dodatkowa opcja w postaci redukcji czasu oczekiwania, przy zgodzie na podział grupy, również zwiększy satysfakcję klienta z poszerzenia zakresu oferowanej usługi.

Biorąc pod uwagę powyższe, struktura floty powinna być nieco przeważona w kierunku większych samochodów (a nie odpowiadać dokładnie udziałowi kilometrów pokonywanych przy danej wielkości pojazdu w danym mieście), tak aby przy problemach dotyczących pokrycia zapotrzebowania (tj. zamówień na pojazdy) było więcej sytuacji nadmiarowego miejsca w oferowanej usłudze, niż odwrotnie, gdzie rekompensatą za podzielenie grupy jest zaledwie krótszy czas oczekiwania.

⁸ Silnik elektryczny, np. z najlepiej sprzedającego się elektrycznego modelu samochodu elektrycznego (Tesla), ma tylko jedną ruchomą część, podczas gdy porównywalny pod względem mocy 15 cylindrowy silnik V8, w każdym cylindrze ma 1 tłok oraz pręt łączący, 4 zawory, 4 sprężyny zaworowe, 4 krzywki, 1 wtryskiwacz paliwa, co przekłada się na 120 części ruchomych, a więc ulegających awarii i podlegających zużyciu.

Logistyczne aspekty *car-sharingu*

Logistyczne aspekty opłacalności współdzielenia taksówek⁹, oprócz topografii miasta, głównie zależą od przeciętnej zbieżności tras klientów na danym obszarze oraz możliwego czasu reakcji ze strony korporacji taksówkowej. Badania dla wyspy Manhattan w Nowym Yorku obejmujące ponad 150 mln przejazdów z całego 2011 roku¹⁰ sugerują, że przy współdzieleniu 80% przejazdów można ograniczyć łączną ilość przejechanych kilometrów o 40% (Santi i in. 2014, s. 13292). Przy samochodach spalinowych przekłada się to na porównywalną redukcję emisji szkodliwych związków do atmosfery miasta. Również w przypadku taksówek elektrycznych jest to korzystne, gdyż oprócz redukcji zużycia energii przekłada się to na mniejszą kongestię i związaną z nią emisję ciepła oraz redukcję ryzyka śmierci z powodu wypadków drogowych.

To samo badanie pokazuje, że przy uprzedniej znajomości tras podróży możliwe jest prawie 100-procentowe współdzielenie pojazdów przy opóźnieniach dotarcia do celu rzędu 2 minut¹¹. Innymi słowy – w modelu rejestracji np. za pomocą strony internetowej lub aplikacji mobilnej zamówienia przejazdu na dzień następny, przy przeliczaniu przez noc problemu komiwożera¹², bez możliwości zamówienia usługi w dniu świadczenia, kwestia wystarczającego pokrycia usługą typu współdzielonego jest praktycznie rozwiązana¹³.

Problemem pozostaje świadczenie usługi zamawianej ad hoc polegającej na jak najszybszym przewiezieniu pasażera. W przypadku użycia przez klienta aplikacji mobilnych zamówienie taksówki odbywa się poprzez wysłanie miejsca odbioru i miejsca docelowego. W czasie dojazdu pojazdu do klienta system informatyczny może dokonywać przeliczenia możliwości kooptacji dodatkowych osób, które mogłyby współdzielić pojazd podróżujący daną trasą (na podstawie pokrewieństwa miejsca docelowego i odległości potencjalnych klientów od trasy przejazdu). Co więcej, ustanawiając opóźnienie pomiędzy czasem zamówienia a odpowiedzią zwrotną, na które godzi się klient, możliwe jest także negocjowanie¹⁴ i przeliczenie

⁹ Ze względu na wykorzystanie robocze (przejazd z klientem) około 75% czasu przejazdów taksówek współdzielenie ma większy potencjał przyniesienia oszczędności niż dalsze zmniejszanie przejazdów pustych.

¹⁰ Wszystkie 172 mln przejazdów w roku 2011 wszystkich 13 586 taksówek prowadzonych przez 39 437 taksówkarzy.

¹¹ Uprzednia znajomość trasy filtruje przejazdy tylko do tych, które są zamówione z dużym wyprzedzeniem (bez przejazdów ad hoc).

¹² Problem komiwożera (ang. TSP – *Travelling Salesman Problem*) to zagadnienie z teorii grafów, polegające na znalezieniu minimalnego cyklu Hamiltona w pełnym grafie, który w praktyce współdzielenia pojazdów sprowadza się do znalezienia minimalnego dystansu pokonywanego w danym dniu, łączącego wszystkie punkty odbioru i przeznaczenia pasażerów, przy dwóch ograniczeniach: kolejności odbiór – dowóz oraz agregacji pasażerów tych samych przejazdów.

¹³ Opóźnienie rzędu tylko 2 minut nie jest czynnikiem odżegnującym od korzystania z usługi, dużo ważniejszym czynnikiem odstrasającym jest konieczność uprzedniej rejestracji chęci zamówienia usługi (konieczne być może będzie wprowadzenie opłat dodatkowych za wycofanie się z tak poczynionej rejestracji).

¹⁴ Klient aktualnie podróżujący pojazdem, w modelu braku domyślnej zgody na współdzielenie, może być zapytany, czy zgadza się współdzielić pojazd z danym opóźnieniem czasu dotarcia do celu, w zamian za obniżenie rachunku.

dostępności aktualnie podróżujących pojazdów. Im większy czas tego opóźnienia, tym szerszy przegląd dostępnych kombinacji można wykonać. Po tym uzgodnionym czasie spodziewana jest odpowiedź informująca, czy współdzielona, a więc i tańsza podróż jest możliwa, co może zadecydować o ostatecznym potwierdzeniu zamówienia usługi.

W takim modelu poziom bonifikaty będzie silnie zależny od tego, czy współdzielenie będzie z jednym czy np. dwoma dodatkowymi pasażerami. W badaniu dla Manhattanu – sytuacja bez uprzedniej znajomości trasy, gdy opóźnienie wynosiło 1 minutę, pozwalała na współdzielenie około 30% tras, ale już przy 5 minutach współdzielone mogły być prawie wszystkie przejazdy, co dawało oszczędności rzędu 32% dla samych przejazdów roboczych lub 24%¹⁵, uwzględniając wszystkie przejazdy (w tym puste). Powyższe wyniki były spójne także dla czterokrotnie niższego próbkowania średniej liczby dziennych przejazdów, co mocno sugeruje, że podobne rezultaty można uzyskać także w miastach o mniejszym nasyceniu ruchu taksówek¹⁶.

Psychologiczne aspekty *car-sharingu*

Przeprowadzone już dawno badania wskazują, że ograniczenia psychologiczne dotyczące współdzielenia pojazdu sprowadzają się do dwóch głównych barier: konieczności wspólnego przebywania z obcą osobą, co wiąże się z ograniczeniem prywatności, oraz bariery związanej z dłuższym czasem dotarcia do celu (konieczność zbiegnięcia z trasy, aby pobrać współpasażera) (Dueker, Bair, Levin 1977, s. 685-692; Teal 1987, s. 203-214). Czynniki psychologiczne, oprócz czysto logistycznych i energetycznych, są kluczowe, gdyż stanowiąc będą o możliwościach pozyskiwania klientów, a przez to i komercyjnego sfinansowania takiej odmiany usługi.

W przypadku pierwszej bariery podstawowym pytaniem jest, czy zabieramy jedną dodatkową osobę, czy więcej współpasażerów. Niezwykle istotny jest także łączny czas podróży (przy krótkich trasach ludzie są skłonni ponieść większy dyskomfort).

Problemem pośrednim są możliwości mitygacji wymienionych czynników poprzez pytanie, jakie są możliwości separacji od współpasażerów. Wprowadzanie samochodów elektrycznych stwarza unikatowe możliwości adaptacji wnętrza takich pojazdów (struktura jezdnia jest płaska i mieści się w podłodze, a z przodu pojazdu nie jest konieczna zabudowa silnika) do potrzeb współdzielonych podróży. Dużo szersze współdzielenie elektrycznych taksówek pozwoli rozwinąć masową produkcję specjalnych modyfikacji, a docelowo dedykowanych modeli, w których wnętrza zapewniają lepszą separację przewożonych klientów¹⁷.

¹⁵ Dane dla dwóch osób współdzielących przejazd. Dla trzech poziomy oszczędności są jeszcze większe.

¹⁶ Poniżej 100 tys. przejazdów dziennie.

¹⁷ Choćby rozbudowanie elementów separacyjnych zapewniających pełny komfort psychiczny będzie zapewne skutkowało obniżeniem wydajności współdzielenia najpopularniejszego typu usługi z przewozu 3 do 2 osób.

W przypadku drugiej bariery – czyli czasu opóźnienia dotarcia do celu – im większa jest akceptowana przez klienta wartość możliwego opóźnienia, tym do większej liczby potencjalnych kolejnych pasażerów może dotrzeć taksówka, co pozwala na większą wydajność energetyczną.

Określenie psychologicznych warunków brzegowych poprzez analizę czynników psychologicznych współdzielenia podróży wymaga dalszych badań¹⁸, zwłaszcza w nowych warunkach technologicznych umożliwiających dużo bezpieczniejsze współdzielenie pojazdu (dostęp do lokalizacji oraz historia wykorzystania usługi i opinii współpasażerów; możliwość ograniczenia współdzielenia tylko do znajomych z portali społecznościowych etc.) w okresie dynamicznego rozwoju aplikacji mobilnych oraz dostępności samochodów elektrycznych, a w szczególności w zakresie określenia:

- Jaki procent klientów jest gotowy współdzielić swoją podróż (z podziałem dla preferencji w istotnych podgrupach społecznych)?
- Jak wygląda funkcja wzrostu preferencji do współdzielenia podróży, w zależności od względnej i bezwzględnej obniżki ceny za usługę?

Przy braku zachęt finansowych ze strony korporacji taksówkowej oraz przy klasycznych, stałych opłatach przewozowych (niezależnych od liczby współpasażerów) pasażerowie już obecnie mogą umawiać się na współdzielenie wynajmowanego pojazdu, chcąc współdzielić koszt. Analiza tego typu przypadków na bardzo dużej próbie pozwala wysunąć hipotezy na temat efektu psychologicznego związanego z dyskomfortem przy *car-sharingu*.

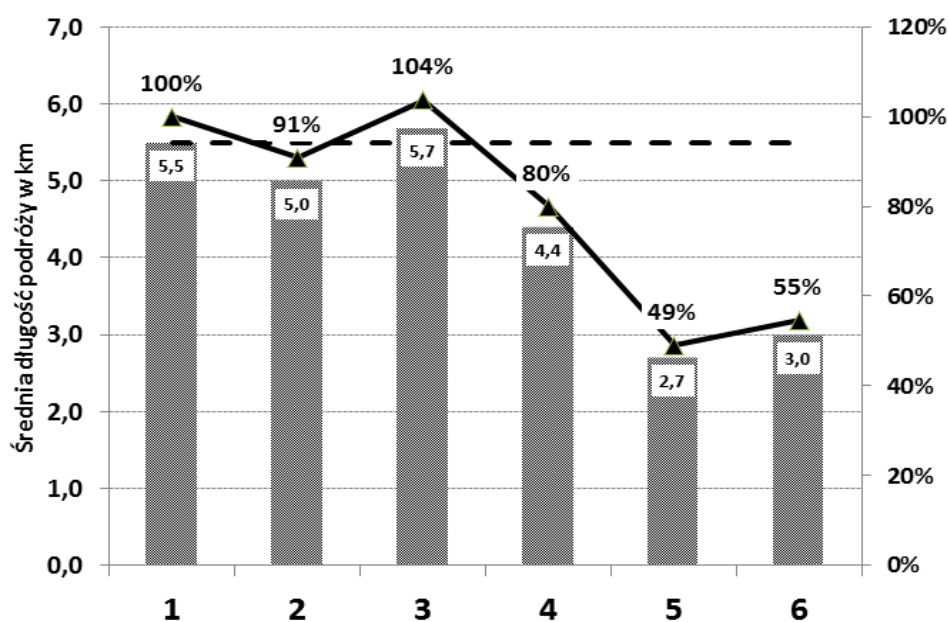
Oczywiście bez wsparcia ze strony operatora taksówek obecnie występuje poważny problem synchronizacji podróży (stąd też przejazdy współdzielone odbywają się znacznie rzadziej). Jednak zwiększająca się liczba taksówek – poszerzająca swoją ofertę o aplikacje mobilne – jest szczególnie istotna z punktu widzenia problemu synchronizacji, gdyż w korporacjach taksówkowych możliwe będzie przetestowanie wielu rozwiązań ułatwiających lokalizację kolejnego potencjalnego klienta dla tego samego kursu taksówki. Podstawą dla wszelkich obliczeń jest fakt, że przy usługach z użyciem aplikacji mobilnych osoba zamawiająca precyzyjnie i automatycznie przekazuje swoją pozycję określoną przez GPS. Dzięki temu możliwa jest algorytmizacja oraz automatyzacja procesu podejmowania decyzji¹⁹, obliczanego jako problem dynamicznego odbioru i dostarczenia (Yang, Jaillet, Mahmassani 2004, s. 135-148; Berbeglia, Cordeau, Laporte 2010, s. 8-15), z reprezentacją maksymalnego czasu wydłużenia usługi, jako okna czasowego dla możliwości współdzielenia pojazdu²⁰.

¹⁸ Zwłaszcza nadal pozostaje nieokreślona psychologiczna interakcja wraz z elementami synergii, dla liczby pasażerów większej niż 3, znacznie utrudnione jest wtedy również obliczanie wypadkowych opóźnień – jednak przy standardowych wymiarach taksówek, z pojedynczym rzędem siedzeń mieszczącym komfortowo maksymalnie 3 osoby, problemy te nie stanowią palących kwestii.

¹⁹ Decyzja o dołączeniu kolejnego pasażera bierze pod uwagę dwa główne czynniki – wynikające z tego opóźnienie oraz wydłużenie trasy, skumulowane dla pierwszego i kolejnych pasażerów.

²⁰ Czas ten mierzony nie jako procent czasu dojazdu, lecz jako czas opóźnienia dotarcia do celu, będzie specyficzny dla każdego pasażera i zależny od warunków bonifikaty (obniżki ceny usługi związanej z opóźnieniem).

Gdy dochodzi do synchronizacji i podróż jest współdzielona, jednym z wyznaczników poziomu dyskomfortu jest pokonywany dystans (zakładając, że jest on silnie skorelowany z czasem wspólnego przebywania wywołującym ten dyskomfort). W rezultacie pokonywany dystans będzie średnio tym mniejszy, im trudniejsza będzie psychologicznie współdzielona podróż (w stosunku do podróży w pojedynkę)²¹. Z kolei poziom spadku średniej pokonywanych dystansów na dużej próbie uzależniony będzie od wpływu na dyskomfort kolejnego pasażera²². W rezultacie, chcąc analizować dyskomfort, dobrze jest posłużyć się średnimi dystansami pokonywanymi taksówką w zależności od liczby współpasażerów²³.



Rysunek 2. Średnia długość podróży taksówką w zależności od liczby pasażerów na Manhattanie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych (OmniSci.com 2016)

Na powyższym wykresie (*Rysunek 2*) przedstawiono relację średniego dystansu pokonywanego podczas przejazdu taksówką, w zależności od liczby pasażerów. Wykres procentowy ukazuje relację tego dystansu do poziomu odniesienia, jakim jest średni dystans pokonywany w pojedynkę. Próba obejmuje ponad miliard przejazdów taksówkami (na obszarze Manhattanu w Nowym Jorku, w latach 2009-2015).

²¹ Należy tutaj także uwzględnić dłuższy czas dotarcia do celu, przy oddalonych od siebie punktach dostarczenia pasażerów.

²² Choć ważnymi i niebadanymi tutaj czynnikami zakłócającymi opisywaną tendencję są zależność gratyfikacji finansowej wynikająca ze współdzielenia kosztów oraz techniczne możliwości synchronizacji podróży w zależności od dystansu (bez posługiwania się aplikacją operatora).

²³ Na podstawie ponad miliarda przejazdów z lat 2009-2015 na Manhattanie w Nowym Jorku.

Analizując powyższy wykres, można stwierdzić, że dyskomfort przy dwóch osobach współdzielących pojazd jest niewielki, gdyż obniża średni pokonywany dystans o około 10%. Przy czym należy podkreślić, że realny poziom dyskomfortu będzie większy, gdyż jest on równoważony przez redukcję kosztów przejazdu, a więc gratyfikacją finansową, która przeważa nad dyskomfortem przy dwóch współpasażerach. Dlatego dopiero trzech i więcej współpasażerów powoduje wyraźny spadek długości pokonywanego dystansu, jednak spadek ten nie przekracza 50%.

Podsumowanie

Kreowanie warunków dla rozwoju współdzielenia pojazdów jest poważnym wyzwaniem. Aby mogło się ono powieść, należy przełamać blokady technologiczne (konieczność stworzenia specjalnych, dostosowanych do separacji pojazdów), infrastrukturalne (konieczność zbudowania infrastruktury informatycznej, zapewne w oparciu o sieci komórkowe typu 5G) oraz psychologiczne (konieczność przekonania społeczeństwa, że proponowana technologia jest wystarczająco dojrzała i gotowa). Podstawową barierę stanowi fakt, że jest to usługa sieciowa i jej opłacalność bardzo silnie zależy od skali implementacji projektu. Istnieje bowiem szereg dodatkich sprzężeń zwrotnych opłacalności, takich jak: dostępność współpasażerów, bezpieczeństwo pasażerów, redukcja blokady psychicznej w danej społeczności, częstotliwość kursów, a więc i dostępność pojazdów, redukcja opóźnienia dojazdu z powodu mniejszych odległości pomiędzy klientami itp. Aby zasymulować powyższe efekty pojawiające się emergentnie w momencie poszerzenia zakresu tego typu usługi, posłużono się analizą ilościową z bazy danych przejazdów na wyspie Manhattan, gdzie ruch kołowy odbywa się głównie taksówkami. Wyliczenie średniej długości podróży taksówką w zależności od liczby pasażerów na bazie ponad miliarda przejazdów (ponad 6-krotnie większej niż przywołana baza porównawcza – zawierająca 150 mln pozycji) pozwala na znacznie lepsze szacowanie efektów psychologicznych współdzielenia samochodu.

Powyższa analiza oraz pozostałe przedstawione w niniejszym opracowaniu informacje sugerują, że ogromna większość podróży miejskich może być współdzielona, a opór psychologiczny związany ze współdzieleniem podróży nie jest już tak silny jak kiedyś, zwłaszcza w realiach ekosystemu informatycznego, który poprawia bezpieczeństwo. W rezultacie dalsze badania i edukacja oraz upowszechnienie świadczenia usług tego rodzaju powinny znacząco obniżyć tzw. „próg wejścia” z tego typu ofertą (konieczność inwestycji w infrastrukturę, edukację i promocję), redukując ryzyko braku opłacalności takich innowacji. Zwłaszcza że oszczędności wynikające z lepszego wykorzystania pojazdów prawdopodobnie będą przedmiotem podziału pomiędzy klientami a operatorami, zachęcając tych pierwszych do uczestnictwa.

Dodatkowe efekty w postaci mniejszej kongestii samochodów w miastach, niższego zużycia energii i wolniejszej amortyzacji infrastruktury, a także wynikające z powyższych czynników korzyści środowiskowe (mniej smogu oraz mniej inten-

sywne wyspy ciepła w centrach miast) sprawiają, że jest to bardzo obiecujący kierunek badań i rozwoju, zwłaszcza dla zalgorytmizowanych „inteligentnych” aglomeracji przyszłości.

Literatura

1. Arnott R., Small K. (1994), *The Economics of Traffic Congestion*, „American Scientist”, Vol. 82(5).
2. Berbeglia G., Cordeau J.-F., Laporte G. (2010), *Dynamic Pickup and Delivery Problems*, „European Journal of Operational Research”, Vol. 202(1). DOI: 10.1016/j.ejor.2009.04.024.
3. Caiazzo F., Ashok A., Waitz I.A., Yim S.H.L., Barrett S.R.H. (2013), *Air Pollution and Early Deaths in the United States. Part I: Quantifying the Impact of Major Sectors in 2005*, „Atmos Environ”, Vol. 79. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.05.081.
4. CarSalesBase.com (2019), *Global Car Sales Analysis 2018*, <http://carsalesbase.com/global-car-sales-2018/> (dostęp: 10.06.2019).
5. CleanTechnica.com (2016), *76% of US Commuters Are „Driving Alone in a Private Vehicle”*, <https://cleantechnica.com/2016/10/14/common-mode-transportation-work-us-driving-alone-private-vehicle-us-census-data-reveals/> (dostęp: 10.06.2019).
6. Department of Transport National Statistics (2018), *UK National Travel Survey 2017*, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/729521/national-travel-survey-2017.pdf (dostęp: 10.06.2019).
7. Dueker K., Bair B.O., Levin I.P. (1977), *Ride Sharing: Psychological Factors*, „Transportation Engineering Journal”, Vol. 103(6).
8. Energy.gov (2016), *Driving Alone in a Private Vehicle is the Most Common Means of Transportation to Work*, <https://www.energy.gov/eere/vehicles/fact-946-october-10-2016-driving-alone-private-vehicle-most-common-means> (dostęp: 10.06.2019).
9. FHWA (2017), *New Federal Data Show Drivers Set Historic New Record*, <https://www.fhwa.dot.gov/pressroom/fhwa1704.cfm> (dostęp: 10.06.2019).
10. Governing.com (2017), *How Driverless Cars Could Be a Big Problem for Cities*, <http://www.governing.com/topics/finance/gov-cities-traffic-parking-revenue-driverless-cars.html> (dostęp: 10.06.2019).
11. INRIX (2018), *INRIX Global Traffic Scorecard*, <http://inrix.com/scorecard/> (dostęp: 10.06.2019).
12. OmniSci.com (2016), *Speeding Through NYC: The Billion+ Row NYC Taxi Dataset*, <https://www.omnisci.com/blog/speeding-through-nyc-the-billion-row-nyc-taxi-dataset/> (dostęp: 10.06.2019).
13. ReinventingParking.org (2013), *Cars Are Parked 95% of the Time*, <https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html> (dostęp: 10.06.2019).
14. Santi P., Resta G., Szell M., Sobolevsky S., Strogatz S.H., Ratti C. (2014), *Quantifying the Benefits of Vehicle Pooling with Shareability Networks*, „PNAS”, Vol. 111(37). DOI: 10.1073/pnas.1403657111.
15. Shende V. (2014), *Analysis of Research in Consumer Behavior of Automobile Passenger Car Customer*, „International Journal of Scientific and Research Publications”, Vol. 4(2).
16. Teal R. (1987), *Carpooling: Who, How and Why*, „Transportation Research A”, Vol. 21(3). DOI: 10.1016/0191-2607(87)90014-8.
17. TechCrunch.com (2019), *First Buses, Now Shenzhen Has Turned Its Taxis Electric in Green Push*, <https://techcrunch.com/2019/01/04/shenzhen-electric-taxis-push/?guccounter=1/> (dostęp: 10.06.2019).
18. The New York Times (2017), *Airports Are Losing Money as Ride-Hailing Services Grow*, <https://www.nytimes.com/2017/12/11/business/airports-ride-hailing-services.html> (dostęp: 10.06.2019).
19. WHO (2011), *World Health Statistics 2011*, World Health Organization, Geneva.

20. World Bank (2017), *The High Toll of Traffic Injuries: Unacceptable and Preventable*, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29129> (dostęp: 10.06.2019).
21. World Bank (2018), *Road Deaths and Injuries Hold Back Economic Growth in Developing Countries*, <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/01/09/road-deaths-and-injuries-hold-back-economic-growth-in-developing-countries> (dostęp: 10.06.2019).
22. Yang J., Jaillet P., Mahmassani H. (2004), *Real-time Multivehicle Truckload Pickup and Delivery Problems*, „Transportation Science”, Vol. 38(2). DOI: 10.1287/trsc.1030.0068.

POTENTIAL FOR THE DEVELOPMENT OF CAR-SHARING SERVICES ON THE EXAMPLE OF TAXI SHARING ANALYSIS

Abstract: The aim of this article is to evaluate the potential for implementing car sharing services in a much wider scope than it is currently the case, based on the indication of energy, logistic and psychological factors conditioning this type of service. A critical analysis, from a psychological point of view, of the research on the possibility of taxi sharing in Manhattan has been supplemented in the form of quantitative analysis on a wider source database.

Keywords: electromobility, car-sharing, car-pooling