

RAFAŁ KUCHARSKI

dr hab. inż., Wydział Matematyki
i Informatyki, Uniwersytet
Jagielloński, ul. Łojasiewicza 6,
30-348 Kraków, e-mail:
rafal.kucharski@uj.edu.pl

PRZEJAZDY WSPÓLNE – SZANSA NA WYKORZYSTANIE PLATFORM MOBILNOŚCIOWYCH W ZRÓWNOWAŻONYCH SYSTEMACH TRANSPORTOWYCH¹

Streszczenie: Przejazdy wspólne, w których tym samym pojazdem podróżuje więcej niż jeden pasażer, to szansa na wykorzystanie zalet platform mobilnościowych (takich jak Uber), bez zwiększania ruchu samochodów. Co więcej, przy odpowiedniej polityce i integracji, mogą one skutecznie dopełniać transport publiczny i wspierać transformację w kierunku zrównoważonego transportu. W praktyce ta szansa nie została wykorzystana – przejazdy wspólne oferowane są rzadko, a tam gdzie są dostępne, klientów jest na tyle niewielu, że w praktyce zazwyczaj podróżują sami. Jedną z przyczyn jest brak systematycznej analizy rynku takich przejazdów, w szczególności brak uwzględnienia perspektywy pasażera. W artykule pokazano metodykę, która stawia podróżnego w centrum. Wybierze on przejazd wspólny tylko wówczas, gdy będzie to dla niego atrakcyjne. Takie podejście jest spójne z klasycznymi metodami i pozwala np. na analizy multimodalne z uwzględnieniem przepływów międzygałęziowych. Przy takim podejściu można metodycznie analizować potencjał i atrakcyjności przejazdów wspólnych, jak pokazano na przykładzie wyników z Manhattanu. W tym obszarze, dla 1,5 miliona podróży zarejestrowanych w ciągu sześciu miesięcy, obliczono gdzie i kiedy potencjał do dzielenia podróży jest największy.

Słowa kluczowe: przejazdy wspólne, *carpooling*, platformy mobilnościowe.

Wprowadzenie

Platformy mobilnościowe, takie jak Uber, Bolt czy FreeNow, szturmem zdobyły rynki miast w Polsce i na świecie [1]. Powstałe korporacje wyceniane są na miliardy dolarów i toczą zaciętą konkurencję o rynek chiński (DiDi Chuxing), arabski i indyjski (Ola), amerykański (Uber i Lyft) czy polski (Bolt, FreeNow), rewolucjonizując rynek taksówek i przenosząc je na model platform dwustronnych (*two-sided mobility platforms*) [2]. Żaden z tych dostawców usług nie zatrudnia kierowców ani nie jest właścicielem pojazdów. Jest jedynie pośrednikiem: platformą łączącą popyt (podróżnych) z podażą (kierowcy), zarabiającym na prowizji od usług wykonywanych w ramach tej platformy. Ten model biznesowy, oparty na platformach, zrewolucjonizował rynek: hotelarski (airBnB, booking.com), dostaw jedzenia (pyszne.pl) czy zakupów (Amazon) [3].

Podstawowy zarzut do platform to ich potencjalnie negatywny wpływ na system transportowy i sprzeczność z celami polityk transportowych, w tym transformacji w kierunku zrównoważonego, zielonego transportu miejskiego [4]. Przejazdy Uberem to przejazdy samochodem, zazwyczaj wciąż spalinywym, wykonywane w pojedynkę i generujące nawet więcej pracy przewozowej niż przejazd własnym samochodem (dojazd do klienta i ewentualny powrót). Co prawda stwarzają alternatywę, ale rzadko, dla kierowców samochodów, bardziej dla

podróży pieszych, rowerowych czy komunikacji zbiorowej. Wbrew założeniom Uber to rzadko krok w kierunku gospodarstwa bezsamochodowego [5], a częściej większa dostępność transportu i wynikające z niej podróże wzbudzone.

Przy takiej krytyce (potwierdzonej empirycznie [6]) naturalne są starania zarządców i organizatorów systemów transportowych, aby regulować lub ograniczać tego typu usługi – jako sprzeczne z kierunkami polityki transportowej [7]. Jednym z głównych środków zaradczych jest z jednej strony zwiększenie napelnienia takich pojazdów poprzez podróże wspólne, a z drugiej ograniczenie czasowe i przestrzenne do obszarów, na których usługi takie mogą dopełniać transport zbiorowy. W tym artykule przedstawiono potencjał, problematykę i perspektywy pierwszego z wymienionych, czyli przejazdów wspólnych.

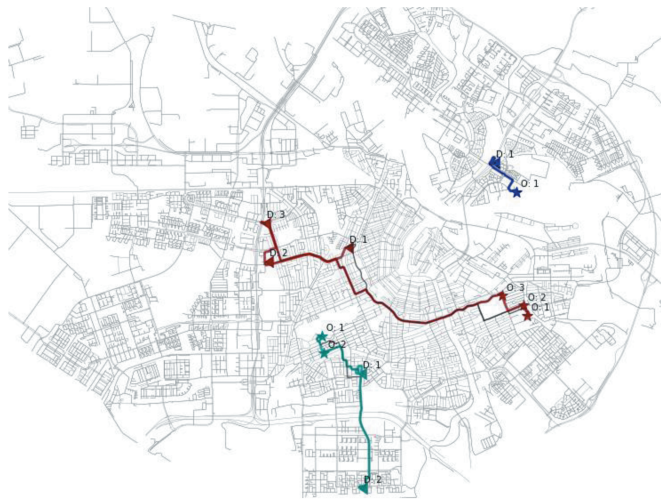
Przejazdy wspólne

W największym uproszczeniu transport zbiorowy od indywidualnego odróżnia napelnienie środka transportu. W praktyce samochód jest wykorzystywany przez jedną osobę (średnie wskaźniki napelnienia w badaniach KBR w Polsce rzadko przekraczają 1,5 pasażera na samochód [8]), co dotyczy również podróży taksówką, niezależnie czy klasyczną, czy oferowaną przez platformę mobilnościową (wówczas kierowcy nie wlicza się we wskaźniki napelnienia, tak jak nie wlicza się kierowcy autobusu i motorniczego w tramwaju). Wskaźnik ten jest znacznie poniżej liczby miejsc w samochodzie osobowym, w którym nominalnie podróżować może zazwyczaj 5 osób, komfortowo 4, a przy założeniu, że jedna z nich jest kierowcą, to pasażerów jest troje. Gdy popyt na taką usługę znacznie przekracza pojemność samochodu osobowego, wówczas uzasadnione ekonomicznie staje się zastąpienie go 8-osobowym minivanem (jak np. MOIA w Hamburgu [9]) czy VIA w Nowym Jorku – częściej działające już jako już inna forma transportu, bliższa transportowi publicznemu).

Co istotne, nie chodzi tu o podróż grupową, gdy na przykład rodzina lub grupa przyjaciół wspólnie jedzie samochodem czy korzysta z jednej taksówki. Takie podróże mają już wystarczająco wysoki wskaźnik napelnienia, celem działań podróży wspólnych jest łączenie różnych podróży w jeden przejazd.

Archetypem takich podróży jest podwożenie, tak zwany *car-pooling*, idea powstała w latach 60. w USA, ożywiona od roku 2000, gdy stała się jednym z narzędzi zrównoważonej mobilności (np. program CIVITAS CARAVEL realizowany w Krakowie [10]). W tym systemie kierowca samochodu udostępnia miejsca jadącym w tę samą stronę. W zależności

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2023.



Rys. 1. Przykład przejazdów wspólnych w Amsterdamzie obliczonych z użyciem algorytmu ExMAS. W centralnej części miasta trzy podróże (brązowy) zostały połączone w jeden przejazd. Pojazd kolejno odbiera pasażerów w ich źródłach podróży (gwiazdki), a następnie dowozi do celów (trójkąty). Trasa jest dłuższa niż w przypadku podróży bezpośredniej, ale dzięki dzieleniu może być bardziej efektywna, a więc tańsza i mniej emisyjna.

Źródło: opracowanie własne

od umowy kierowca odbiera pasażera z jego miejsca zamieszkania, spotykają się w połowie drogi, lub to pasażer przychodzi do kierowcy, ale cel zazwyczaj jest wspólny (np. to samo miejsce pracy). Dodatkowym kosztem kierowcy jest dyskomfort oraz ewentualne nadrobienie drogi, czy też dostosowanie czasu wyjazdu do pasażera; zyskiem jest opłata, która zazwyczaj nie stanowi zarobku, lecz pokrywa koszty eksploatacyjne (jak w oficjalnej polityce popularnej usługi BlaBlaCar).

Różnicą pomiędzy *car-poolingiem* a przejazdami wspólnymi w platformach mobilnościowych jest rola kierowcy, który jest pracownikiem, a nie jednym z podróżnych [11]. Wówczas przejazd wspólny organizowany jest przez platformę, która łączy dwa lub więcej zgłoszeń i kojarzy je z wolnym kierowcą. Korzyścią dla pasażera jest niższa opłata za przejazd (w stosunku do opłaty za przejazd indywidualny), a kosztem dyskomfort podróżowania wspólnie oraz wydłużenie i opóźnienie wynikające z dłuższej trasy i/lub późniejszej godziny wyjazdu. To, czym jest zysk dla platformy i kierowcy, nie jest jednoznaczne. Z jednej strony, platforma zarabiająca na prowizji, oferując zniżkę, zmniejsza zyski, z drugiej (przy założeniu elastyczności popytu) – nowa usługa może przyciągnąć nowych klientów i zwiększyć wykorzystanie floty. Dla kierowcy przewóz więcej niż jednej osoby stanowi zazwyczaj utrudnienie, oczekują oni rekompensaty – wyższej opłaty za obsługę wielu klientów i potencjalnych problemów z tego wynikających (np. spóźnienie jednego z nich, szukanie drugiego). Brak takich kompensacji jest jedną z przyczyn, dla których systemy takie nie cieszyły się popularnością kierowców [12].

Usługa przejazdów wspólnych, znana jako Uber Pool, oferowana przed pandemią przez wiele platform, głównie w Stanach Zjednoczonych i Azji Południowo-Wschodniej, w Europie była mniej popularna, ale dostępna. Zniżki były atrakcyjne i sięgały 50% ceny przejazdu indywidualnego. Pomimo tego przejazdy nie cieszyły się dużą popularnością.

Przed wybuchem pandemii w Nowym Jorku co prawda kilkanaście procent podróżnych zgłaszało chęć przejazdu wspólnego, ale jedynie niewielka liczba tych podróży była faktycznie współdzielona. Zazwyczaj podróże były realizowane od drzwi do drzwi, ale pojawiały się też opcje ze wspólnymi, wyznaczonymi przystankami.

Po pandemii potencjał na przejazdy wspólne pozostał niezmienny: mogą one skutecznie wspierać realizację polityki transportowej, dopełniać transport zbiorowy w miejscach i okresach charakteryzujących się gorszą ofertą, zmniejszając zależność od samochodu indywidualnego, i potencjalnie prowadzić do gospodarstw niesamochodowych. Wymaga to jednak odpowiedniej integracji takich środków transportu w polityce transportowej. W szczególności dotyczy to integracji międzygałęziowej, gdzie możliwe są podróże multimodalne, na przykład z dowozem do pętli tramwajowej przejazdem wspólnym na tak zwanej pierwszej mili, a następnie przesiadka do tramwaju. Pojawia się tutaj konieczność integracji taryfowej, tym trudniejszej, że dotyczy ona porozumienia przewoźnika prywatnego, zazwyczaj wielkiej korporacji (jak Bolt czy FreeNow) z systemem transportu publicznego. Integracja takiej usługi, w ramach na przykład biletu miesięcznego jest poważnym wyzwaniem.

Na wyzwania te i inne odpowiadają analizy i symulacje hipotetycznych scenariuszy, wykonane przy użyciu dedykowanych metod, algorytmów i modeli opisanych poniżej.

Metody

Historycznie problem przejazdów wspólnych był adresowany głównie od strony algorytmicznej i operacyjnej. To znaczy, że kluczowe było rozwiązanie problemu łączenia podróży w przejazdy wspólne, najlepiej w czasie rzeczywistym. To naturalne, że aby oferta pojawiła się na rynku, najpierw musi być wykonalna technicznie. Pojawiły się więc algorytmy pozwalające łączyć podróżnych w pary, następnie rozwiązania teoretyczne dla problemów o małym rozmiarze, aż w końcu – w 2017 roku – klasyczny już algorytm Alonso-Mora [13]. Algorytm ten w czasie rzeczywistym, dla problemów o rozmiarze rzeczywistym, łączy zgłoszenia w grupy o dowolnym rzędzie (wielkości) i przypisuje je do wolnych pojazdów. System oparty na takim algorytmie jest w stanie obliczyć optymalne grupowanie pasażerów i przypisanie ich do pojazdów dla problemów rzeczywistych (np. godziny szczytu na Manhattanie).

W badaniach [14] dopełniono te metody o perspektywę pasażera, wprowadzając klasyczne dla analiz transportowych założenie o racjonalnych podróżnych, maksymalizujących własną użyteczność w podejmowaniu decyzji. W szczególności założono, że podróżny wybierze przejazd wspólny tylko wówczas, gdy będzie on dla niego atrakcyjniejszy niż wszelkie dostępne i rozważane alternatywy. W odniesieniu do przejazdów wspólnych sprowadza się to do relacji pomiędzy uciążliwością (czas przejazdu, oczekiwanie, dyskomfort podróży z innymi) a zyskiem (niższa opłata). Jeśli oferowana zniżka kompensuje uciążliwość, podróżny wybierze przejazd wspólny. To podejście (spójne z analizami dla np. tramwaju czy metra) jest nieobecne w podejściach operacyjnych [13].

ExMAS – algorytm do identyfikacji atrakcyjnych przejazdów wspólnych

W pracy ExMAS [14] przyjęto perspektywę pasażera przejazdów wspólnych. Zaproponowano funkcję użyteczności, w której atrakcyjne podróże wspólne są identyfikowane z zależności pomiędzy kosztami współdzielenia (wydłużenie przejazdu Δ_t i oczekiwanie Δ_w), a zyskami z współdzielenia (mniejsza opłata za przejazd λ_c):

$$U_s = \beta^c \lambda_c - \beta^t \Delta_t - \beta^w \Delta_w + \varepsilon. \quad (1)$$

Takie sformułowanie, oparte na indywidualnych parametrach behawioralnych β (również nie homogeniczne), pozwala na znaczącą redukcję przestrzeni rozwiązań możliwych. W połączeniu z nową strukturą grafu współdzielenia (*directed multigraph*) możliwe stało się sformułowanie algorytmu zupełnego dla problemu przejazdów wspólnych. Algorytm udostępniono na publicznym repozytorium² i dla zadanego popytu na podróże i zadanych parametrów pozwala on znaleźć optymalne i atrakcyjne przejazdy wspólne. Na przykładzie 3000 podróży w Amsterdamie otrzymano znaczące zmniejszenie przestrzeni rozwiązań możliwych i wysoką wydajność algorytmu, co do tej pory było możliwe jedynie heurystycznie.

Algorytm ExMAS, szczegółowo opisany w [14], zapoczątkował cykl publikacji, które stały się możliwe z jego wykorzystaniem: model niezawodności przejazdów wspólnych [15] model rozprzestrzeniania się wirusów [16] czy sformułowanie z wykorzystaniem teorii gier [17].

Zastosowanie

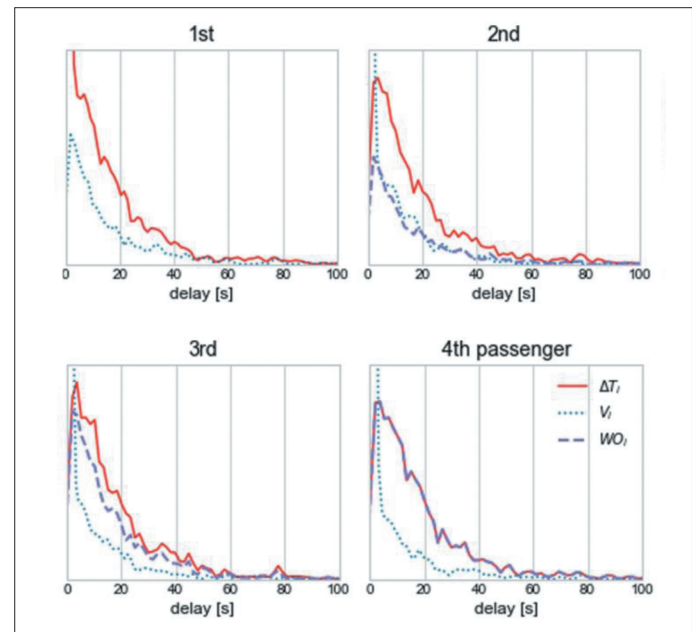
W dalszej części artykułu przedstawione zostaną zastosowania algorytmu do: a) obliczeń niezawodności, b) teorii gier i sprawiedliwego dzielenia, c) modelowania i kontroli rozprzestrzeniania się wirusów, d) struktur grafowych.

Niezawodność w systemach podróży współdzielonych
Wspólne przejazdy (np. UberPool) to z jednej strony szansa na lepszą efektywność miejskich systemów mobilności poprzez niższe koszty bezpośrednie i zewnętrzne, mniejsze zatłoczenie i lepsze wykorzystanie floty pojazdów. Z drugiej – korzystając z nich, użytkownicy są zależni od innych.

Nie tylko trzeba dopasować podróże do potrzeb współpasażerów, ale też uwzględnić zależność od ich punktualności. Co ciekawe, niezawodność takich systemów jest zupełnie inna niż klasycznych: *Uber na nas czeka, komunikacja zbiorowa nie, w korku stoją wszystkie pojazdy, a na Ubera czekamy dodatkowo, gdy ktoś z kim jedziemy się spóźnia*. Przykład rozkładu opóźnień dla podróży dzielonej przez czterech pasażerów pokazano na rysunku 2.

W artykule [14] badano to nowe i wcześniej nie analizowane zjawisko eksperymentalnie i teoretycznie za pomocą symulacji stochastycznych i modelu ExMAS, wyciągając następujące wnioski:

- wszystko zależy od najbardziej spóźnionego współpasażera;
- w ramach jednej podróży czekamy wszyscy tyle samo, ale wsiadający wcześniej czekają w pojeździe, a wsiadający później czekają na pojazd;
- z teorii gier można wysnuć dwa punkty równowagi, zasadniczo odmienne co do stanu systemu. Od działań operatora (kar i zachęt) zależy, do którego z nich zbiegnie system;
- im większy stopień podróży (liczba współpasażerów), tym efekt braku punktualności większy.



Rys. 2. Rozkład symulowanych opóźnień dla podróży dzielonej przez czterech pasażerów [15]. Czerwony oznacza opóźnienie całkowite, niebieski opóźnienie po stronie pojazdu, a fioletowy pasażera.

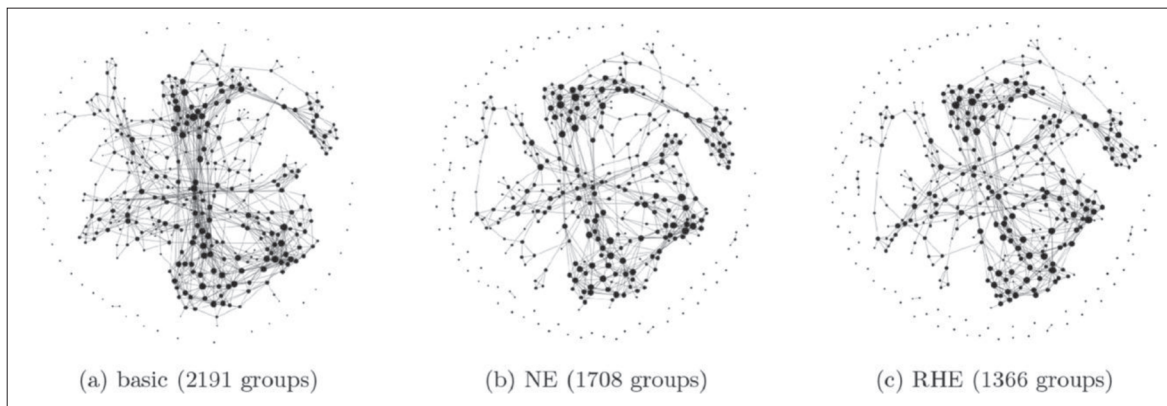
Źródło: opracowanie własne

Teoria gier w przejazdach współdzielonych

W kolejnej pracy zaproponowano nowe podejście do problemu dzielenia podróży. Rozwinięto wcześniejszy model ExMAS [14] i inaczej formułowano pytanie. Zgodnie z teorią gier pytano, czy współdzielenie podróży jest *optymalną strategią dla graczy*. Zdefiniowano silną i słabą równowagę Nasha dla problemu podróży dzielonych. Zidentyfikowano grupy stabilne, hermetyczne, parami wykluczające się. Zdefiniowano cztery pośrednie stany równowagi i dla każdego z nich zaproponowano formułę obliczania kosztów, która pozwala systemowi zbiegać do tego punktu równowagi.

Takie podejście pozwala na nowe sformułowanie problemu przejazdów współdzielonych. Bardziej stabilne, biorące pod uwagę nie tylko użyteczność współdzielenia dla pojedynczych użytkowników, ale również stabilność i atrakcyjność połączeń. W proponowanych rozwiązaniach żaden z użytkowników nie ma powodu, by opuszczać grupę współpasażerów i szukać innej konfiguracji. Zwiększa to atrakcyjność takich systemów implementowanych w praktyce. Na rysunku 3 pokazujemy, jak struktura grafu zmienia się, gdy dodamy warunki stabilności systemu zgodne z teorią gier.

² <https://github.com/RafalKucharskiPK/ExMAS>



Rys. 3. Graf połączeń między pasażerami i ich możliwością współdzielenia: a) bez uwzględnienia strategii z teorii gier (tak jak w [14]) oraz dla przypadku ze słabą (b) i silną (c) równowagą Nash'a. Źródło: opracowanie własne

Modelowanie i kontrola wirusów w sieciach mobilności przejazdów wspólnych

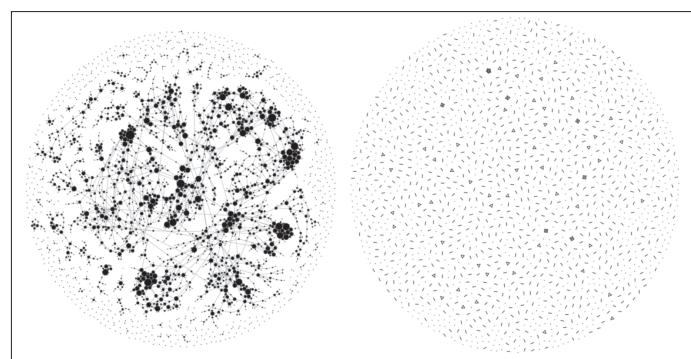
Mobilność miejska w obliczu pandemii potrzebowała alternatywnych, zrównoważonych sposobów podróżowania, aby utrzymać nasze pandemiczne miasta w ruchu. *Ride-pooling*, w którym pojazd jest współdzielony przez więcej niż jednego podróżnika, jest atrakcyjny nie tylko dla platform mobilności i ich podróżnych, ale także dla promowania zrównoważonego rozwoju miejskich systemów mobilności. Jednak potencjał usług podróży współdzielonych, jako bezpiecznej i skutecznej alternatywy, biorąc pod uwagę względy ryzyka osobistego i zdrowia publicznego związane z pandemią COVID-19, pozostawał nieznany.

Chcąc odpowiedzieć na to pytanie, w artykule [16] połączono modele epidemiologiczne, transportowe i behawioralne, aby zbadać rozprzestrzenianie się chorób wśród podróżnych korzystających ze wspólnych przejazdów. Wzięto pod uwagę dane o mobilności oraz sieci transportowej w Amsterdamie i obliczano możliwości dzielenia podróży korzystając z własnego algorytmu ExMAS.

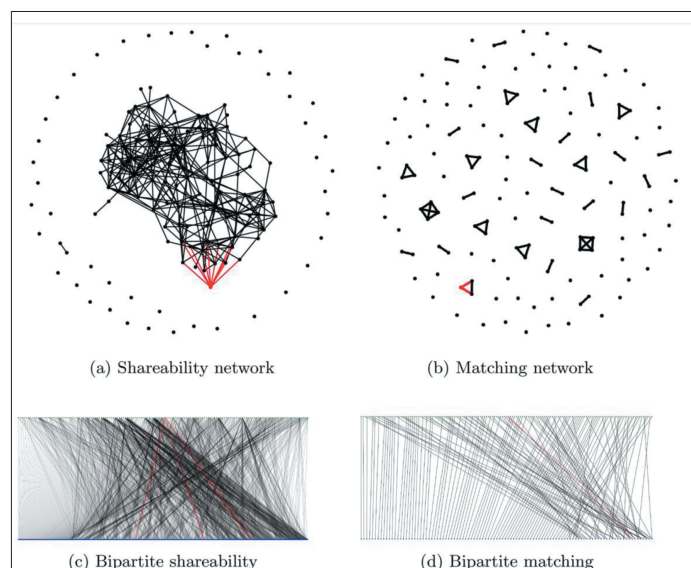
Zakładano różne scenariusze rozprzestrzeniania się wirusa (okres inkubacji, czas kwarantanny, liczba przypadków początkowych itp.). Wyniki są na pierwszy rzut oka niepokojące: wystarczy kilku początkowo zainfekowanych podróżnych, by rozprzestrzenić wirusa na setki korzystających z przejazdów użytkowników. Bez interwencji system współdzielenia może znacząco przyczynić się do rozprzestrzeniania się wirusa. Zidentyfikowano jednak skuteczny sposób kontroli, pozwalający zatrzymać rozprzestrzenianie się przed wybuchem epidemii (przy 50 zamiast 800 zakażeń). Są to stałe powiązania między współpodróżnymi, które dezintegrują gęstą sieć kontaktów, zamykając wirusa w małych klikach i zapobiegają rozprzestrzenianiu (rys. 4).

Struktury grafowe przejazdów wspólnych

Podróżni, łącząc się w grupy, tworzą struktury grafowe. Zidentyfikowano [18] cztery takie struktury, powstające w trakcie rozwiązywania problemu przejazdów wspólnych. Jedna, gdy węzłami sieci są podróżni i ich popyt na podróż, łączeni odcinkiem, gdy mogą (i chcą) podróżować wspólnie. Druga jest tak zwanym grafem dwudzielnym, gdzie węzłami – oprócz pasażerów – są jeszcze pojazdy. Wówczas podróżni nie łączą się ze sobą, tylko są przypisani do pojazdów. Obydwie te struktury można rozważać w formie



Rys. 4. Sieć powiązań między 2000 podróżnymi w Amsterdamie w wariancie spontanicznych połączeń (a), oraz niezmiennych, stabilizowanych (b). Powiązanie na stałe podróżnych do grup w znacznym stopniu zmniejsza stopień powiązań w sieci oraz wygasza epidemie. Źródło: opracowanie własne

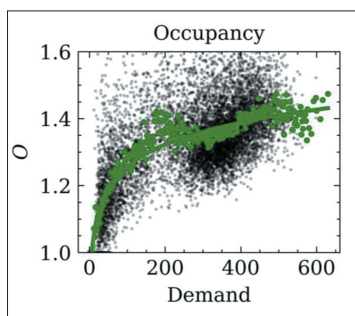


Rys. 5. Cztery struktury grafowe powstające w trakcie rozwiązywania problemu przejazdów wspólnych. W pracy [18] wykazano silną korelację między parametrami topologicznymi tych grafów a sprawnością systemu przejazdów wspólnych. Źródło: opracowanie własne

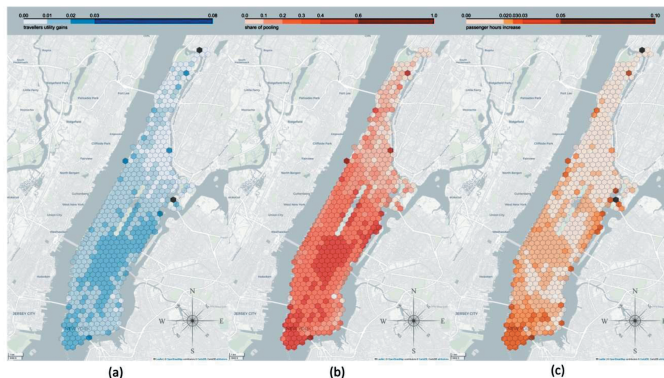
potencjalnej lub jej realizacji. W pierwszym przypadku sieć zawiera odcinki pomiędzy pasażerami, którzy mogą jechać wspólnie, w drugim pomiędzy tymi, którzy faktycznie jadą razem. Każda z tych struktur ma swoją topologię i wrażliwość na parametry systemu (rys. 5). Sprawdzano, jak własności topologiczne tych grafów korelują z efektywnością systemu. Okazuje się, że odkryto dużą korelację przydatną dla uproszczonych analiz systemowych i predykcji.

Potencjał przejazdów wspólnych dla 1,5 miliona podróży w Nowym Jorku

Dzięki podejściu opartemu na użyteczności pasażera, możliwe jest określenie potencjału podróży wspólnych. Wykonano to w analizie dla Manhattanu, korzystając z ogólnodostępnych danych o podróżach wykonanych zwykłymi taksówkami w Nowym Jorku. Skorzystano z półrocznego zbioru danych obejmującego około 5% całego popytu na podróże taksówkowe na Manhattanie. Podzielono okres analizy na 8 000 półgodzinnych eksperymentów, w których łączyliśmy podróży w grupy, korzystając z algorytmu ExMAS. Zrobiono to dla trzech poziomów oferowanej zniżki (od 20 do 32% zniżki względem podróży taksówką). Dla każdego z eksperymentów raportowano pięć miar efektywności. Otrzymano szczegółowe mapy przestrzenne uzyskanych miar (rys. 7). Dla pasażera raportowano jego wydłużenie czasu oraz wzrost atrakcyjności. Dla operatora raportowano spadek pojazdokilometrów, a dla zarządcy napelnienie oraz to, jaki odsetek podróżnych udało się połączyć w grupy do przejazdów wspólnych. Udało się empirycznie uzyskać zjawisko tzw. masy krytycznej (rys. 6), do tej pory obserwowanej głównie eksperymentalnie.



Rys. 6. Zmiana efektywności systemu przejazdów wspólnych (napelnienie) wraz ze wzrostem rozmiaru systemu (liczba zgłoszeń na godzinę). Wraz ze wzrostem zgłoszeń nieliniowo rośnie efektywność. Napelnienie pozostaje niskie, poniżej 100 zgłoszeń na godzinę w Manhattanie, a następnie przy poziomie 400 zgłoszeń osiąga wartości od 1,2 do powyżej 1,6 pasażerokilometra na pojazdokilometr. Źródło: opracowanie własne



Rys. 7. Przestrzenna zmienność potencjału przejazdów wspólnych dla Manhattanu. Zyski użyteczności dla podróżnych (a) są wyraźne w centralnej części sieci, ale największy udział przejazdów wspólnych (b) obserwuje się także w części południowej (Wall Street), tu jednak wzrost czasu przejazdu dla podróżnych w pasażerogodzinach jest największy (c). Wszystkie wskaźniki są niższe w części północnej, gdzie potencjał łączenia jest niższy ze względu na m.in. niższy poziom popytu. Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Wydaje się, że obecnie, po zakończeniu okresu entuzjazmu, platformy mobilnościowe rzadziej oferują przejazdy wspólne. Nie jest to dla nich optymalna strategia. Pozostają one jednak atrakcyjne i pożądane w miastach. W interesie miast i ich mieszkańców jest wykorzystanie tego potencjału w taki sposób, by podróże wspólne dopełniały system transportowy w miejscach i okresach czasu, gdy transport zbiorowy tego wymaga. Jest to potencjał, który warto wykorzystać.

W artykule przedstawiono problem i metody jego rozwiązania, najkorzystniejsze dla pasażera, a więc takie, które rozwiązują problem, maksymalizując atrakcyjność systemu dla pasażera. Takie podejście do tematu powoduje, że systemy przejazdów wspólnych mają większą szansę przetrwania, a być może nawet osiągnięcia masy krytycznej, koniecznej dla osiągnięcia efektywności ekonomicznej. Popularyzacja takich narzędzi i ich stosowanie w polskich miastach może również sprzyjać rozwojowi polskiego klastra firm związanych z tą technologią, oferujących usługi i rozwiązania techniczne z nimi związane³.

Literatura

- Schaller B., *The new automobility: Lyft, Uber and the future of American cities*, 2018.
- Yaraghi N., Shamika R., *The current and future state of the sharing economy*, SSRN 3041207, 2017.
- Parker G.G., Marshall W.A., Sangeet P.Ch., *Platform revolution: How networked markets are transforming the economy and how to make them work for you*, WW Norton & Company, 2016.
- Schaller B., *Can sharing a ride make for less traffic? Evidence from Uber and Lyft and implications for cities*, "Transport policy", 102, 2021.
- Brown A.E., *Car-less or car-free? Socioeconomic and mobility differences among zero-car households*, "Transport Policy", 60, 2017.
- Cats O., Kucharski R., Danda S.R., Yap M., *Beyond the dichotomy: How ride-bailing competes with and complements public transport*, Plos one, 2022, 17(1), e0262496.
- Beer R., et al., *Qualitative analysis of ride-bailing regulations in major American cities*, "Transportation Research Record", 2650.1, 2017.
- Szarata A., *Kompleksowe badania ruchu w Krakowie w 2013 r.: wybrane wyniki*, "Logistyka", 2014, nr 6.
- Kostorz N., Fraedrich E., Kagerbauer M., *Usage and user characteristics – Insights from Moia, Europe's largest ridepooling service*, "Sustainability", 13.2, 2021.
- Nosal K., *How to Change the Travellers' Mobility Behaviours? – Examples of Mobility Plans*, "Komunikácie-vedecké listy Žilinskej univerzity v Žiline" 11.4, 2009.
- Shaheen S., Cohen A., *Shared ride services in North America: definitions, impacts, and the future of pooling*, "Transport reviews", 39.4, 2019.
- Shulika O., Kucharski R., *Can we start sharing our rides again? The postpandemic ride-pooling market* arXiv preprint arXiv:2209.02229, 2022.
- Alonso-Mora J., et al. *On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment*, "Proceedings of the National Academy of Sciences", 114.3, 2017.
- Kucharski R., Oded C., *Exact matching of attractive shared rides (ExMAS) for system-wide strategic evaluations*, "Transportation Research Part B: Methodological", 139, 2020.
- Kucharski R., et al., *If you are late, everyone is late: late passenger arrival and ride-pooling systems' performance*, "Transportmetrica A: Transport Science" 17.4, 2021.
- Kucharski R., Oded C., Sienkiewicz J., *Modelling virus spreading in ride-pooling networks*, "Scientific Reports", 11.1, 2021.
- Fielbaum A. et al. *How to split the costs and charge the travellers sharing a ride? aligning system's optimum with users' equilibrium*, "European Journal of Operational Research" 301.3, 2022.
- Bujak M., Kucharski R., *Network structures of urban ride-pooling problems and their properties*, "Social Network Analysis and Mining", 13.1, 2023.

³ Np. usługa auto-hop dostępna w Gliwicach z autorskim systemem zarządzania (<https://autohop.pl/>), polski autonomiczny pojazd współdzielony (<https://bleses.co/>), algorytmy dzielenia podróży (<https://www.broomee.comz>), integrowane platformy biletowe (<https://vooom.pl/>) czy huby mobilnościowe (<https://hubymobilnosci.pl/>)