

Grzegorz DYDKOWSKI

Systemy informatyczne i transformacja cyfrowa w miejskim transporcie zbiorowym



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego
w Katowicach

Grzegorz DYDKOWSKI



**Systemy informatyczne
i transformacja cyfrowa
w miejskim transporcie zbiorowym**



Katowice 2023

Praca naukowa

Komitet redakcyjny

Janina Harasim (przewodnicząca), Monika Ogrodnik (sekretarz),
Małgorzata Pańkowska, Jacek Pietrucha, Irena Pyka, Anna Skórska,
Maja Szymura-Tyc, Artur Świerczek, Tadeusz Trzaskalik, Ewa Ziemia

Recenzenci

Zdzisław Szyjewski
Olgierd Wyszomirski

Redakcja i korekta językowa

Patrycja Keller

Skład tekstu

Marzena Safian

Projekt okładki

Janusz Gumulak

Ilustracja na okładce © olechowski – Photogenica

ISBN 978-83-7875-844-0

doi.org/10.22367/uekat.9788378758440

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach 2023



Publikacja na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowa
(CC BY 4.0), <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.pl>



WYDAWNICTWO UNIwersYTETU EKONOMICZNEGO W KATOWICACH

ul. 1 Maja 50, 40-287 Katowice, tel.: +48 32 257-76-33

www.wydawnictwo.ue.katowice.pl, e-mail: wydawnictwo@ue.katowice.pl

Facebook: [@wydawnictwouekatowice](https://www.facebook.com/wydawnictwouekatowice)



Spis treści

Wprowadzenie	7
1. Technologie informatyczne i telekomunikacyjne jako czynnik innowacji, redefinicji i wdrażania nowych rozwiązań w miejskim transporcie zbiorowym	17
1.1. Kluczowe dla transportu technologie informatyczne i telekomunikacyjne	17
1.2. Technologie informatyczne i telekomunikacyjne jako czynniki zmian w systemach miejskiego transportu zbiorowego.....	25
1.3. Rozwiązania informatyczne w miejskim transporcie zbiorowym jako podsystem inteligentnego miasta oraz systemów o zasięgu ponadmiejskim.....	30
1.3.1. Miejski transport zbiorowy jako podsystem transportu miejskiego oraz systemów o zasięgu regionalnym, krajowym i międzynarodowym	30
1.3.2. Transport miejski jako jeden z podsystemów inteligentnych miast....	33
1.3.3. Inteligentne miasta, regiony, państwa oraz społeczeństwa	37
1.4. Rozwiązania informatyczne jako czynnik zmian zasad wynagradzania operatorów świadczących usługi przewozowe	47
1.5. Rozwiązania informatyczne jako czynnik zmian zasad publicznego finansowania miejskiego transportu zbiorowego.....	52
1.6. Informatyczne wspomaganie rozliczeń integracji taryfowej miejskiego transportu zbiorowego	55
1.7. Dynamiczne zarządzanie ofertą przewozową	56
2. Technologie informatyczne w sprzedaży usług miejskiego transportu zbiorowego	59
2.1. Elektroniczne karty miejskie oraz karty płatnicze	59
2.2. Aplikacje na urządzeniach mobilnych	71
2.3. Automaty biletowe jako bezobsługowa sprzedaż na przystankach lub w pojazdach	82

2.4. Mobilność jako usługa kierunkiem zmian w systemach transportu miejskiego	87
2.4.1. Przesłanki wdrażania zintegrowanej usługi mobilności.....	87
2.4.2. MaaS jako rozwiązanie informatyczne, integracja systemów oraz aplikacji związanych z mobilnością.....	91
3. Narzędzia informatyczne w badaniach i prognozach popytu na usługi miejskiego transportu zbiorowego.....	98
3.1. Modele i prognozy pasażerskiego ruchu miejskiego	98
3.1.1. Przesłanki wykorzystania prognoz pasażerskiego ruchu miejskiego	98
3.1.2. Zasady budowy oraz zastosowanie modeli ruchu miejskiego	102
3.1.3. Narzędzia informatyczne wykorzystywane do makroskopowego modelowania ruchu.....	107
3.1.4. Korzyści wykorzystania systemów modelowania ruchu w miastach	111
3.2. Automatyczne systemy liczenia pasażerów w miejskim transporcie zbiorowym	112
3.2.1. Przesłanki identyfikacji wielkości przewozów w miejskim transporcie zbiorowym	112
3.2.2. Pomiary tradycyjne oraz z wykorzystaniem systemów automatycznego liczenia	114
3.2.3. Technologie oraz rozwiązania w zakresie automatycznego liczenia pasażerów	116
3.2.4. Struktura systemu automatycznego pomiaru liczby pasażerów	124
4. Podaż usług miejskiego transportu zbiorowego	128
4.1. Planowanie oferty przewozowej transportu zbiorowego	128
4.2. Systemy uprzywilejowania ruchu pojazdów miejskiego transportu zbiorowego.....	131
4.3. Zarządzanie dyspozytorskie w miejskim transporcie zbiorowym.....	137
4.4. Systemy informacji pasażerskiej.....	144
4.5. Systemy monitoringu wizyjnego dworców, punktów przesiadkowych oraz wybranych przystanków i pojazdów transportu zbiorowego	150
5. Ocena efektywności projektu informatycznego	153
5.1. Projekty informatyczne jako przedsięwzięcia inwestycyjne	153
5.2. Identyfikacja kosztów związanych z wdrożeniem systemu informatycznego	160
5.3. Koszty w okresie eksploatacji systemu informatycznego	165

5.4. Identyfikacja korzyści związanych z wdrożeniem i eksploatacją systemu informatycznego	167
5.5. Źródła finansowania projektów informatycznych.....	171
5.6. Stałe wynagrodzenie ryczałtowe oraz formuły uzależniające wysokość wynagrodzenia od uzyskanych efektów.....	173
Podsumowanie	177
Bibliografia	183
Spis rysunków	201
Spis tabel	202



Wprowadzenie

Postępujące w świecie procesy urbanizacyjne, wzrost ludności mieszkającej i pracującej w miastach, kształtowanie wielkoprzestrzennych układów oraz zespołów miast posiadających dominujące znaczenie dla życia gospodarczego i społecznego¹, stawiają coraz większe wymagania systemom transportowym. Sprawny transport miejski staje się coraz większym wyzwaniem wraz ze zwiększaniem się obszarów miast, tworzeniem aglomeracji, wzrostem liczby przebywających w nich osób oraz intensywności zagospodarowania. Wiąże się to z rosnącą liczbą podróży, dojazdami z większych odległości, kongestią transportową i związanymi z nią kosztami², ograniczeniami terenów, które można wykorzystać na cele transportowe oraz problemami związanymi z oddziaływaniem na środowisko miasta i znacznymi kosztami zewnętrznymi działalności transportowej³. Oczekuje się, że systemy transportowe miast zapewnią łatwość przemieszczania się, będą bezpieczne, a ich rozwój będzie odbywał się z zasadą zrównoważonego rozwoju transportu⁴. Realizacja tych oczekiwań wymaga wielu zmian, u podstaw

¹ B. Kos, G. Krawczyk, R. Tomanek, *Inkluzywna mobilność w metropoliach*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2020; J. Pieriegud, *Aglomeracje przyszłości: koncepcje i wyzwania w erze cyfrowej* [w:] *Mobilność w aglomeracjach przyszłości*, pod red. J. Gajewskiego, W. Paprockiego i J. Pieriegud, Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego, Sopot 2018; K. Hebel, *Nowa kultura mobilności w polskich miastach*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego. Ekonomika Transportu i Logistyka”, nr 62: *Wyzwania rozwoju transportu. Ujęcie gałęziowe*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2017.

² M. Ciesielski, *Koszty kongestii transportowej w miastach*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań 1986; M. Ciesielski, A. Szudrowicz, *Ekonomika transportu*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej Poznań 2001; J. Szoltysek, *Logistyczne aspekty zarządzania przepływami osób i ładunków w miastach*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2009; A. Kozłak, *Gospodarcze, społeczne i ekologiczne skutki kongestii transportowej* [w:] *Polityka ekonomiczna*, pod red. J. Sokołowskiego i A. Żabińskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2015; T. Dyr., M. Kozłowska, *Koszty kongestii w Unii Europejskiej*, „Autobusy” 2018, R. 19, nr 1-2, s. 26-31, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-e44f79aa-396e-405d-aa77-89cadebfdeee>

³ B. Pawłowska, *Koszty zewnętrzne transportu w Polsce*, „Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska” 2018, vol. 27, nr 1, <http://iks.pn.sggw.pl/PN79/A4/art4.pdf>

⁴ O. Wyszomirski, *Zrównoważony rozwój transportu w miastach a jakość życia*, „Transport Miejski i Regionalny” 2017, nr 12, 27-32, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-496f6e5e-e090-4279-a330-ead58b50df31>; K. Grzelec, O. Wyszomirski, *Polityka transportowa w miastach i aglomeracjach* [w:] *Współczesna polityka transportowa*, pod

których leży m.in. dostępność i możliwość wykorzystania technologii informatycznych i telekomunikacyjnych. Wdrażane rozwiązania są i będą podstawą zmian jakościowych w transporcie, w tym również w transporcie miejskim. W praktyce jest to odpowiedź na potrzeby rozwiązań mających zapewnić mobilność oraz dostępność do miejsc pracy, nauki, wypoczynku oraz usług mieszkańcom i osobom dojeżdżającym codziennie z obszarów podmiejskich do miast, a także zmniejszenie negatywnych skutków transportu, w tym w szczególności emisji szkodliwych związków oraz CO₂ pochodzących z transportu. Zapotrzebowanie na rozwiązania dotyczące realnych problemów z transportem w miastach powoduje, że z dużą intensywnością prowadzone są zarówno badania, jak i same wdrożenia nowych rozwiązań, przebiegają one w obszarach techniki, technologii, ekonomii, finansów i zarządzania. Wiele badań i publikacji cechuje interdyscyplinarne podejście do rozwiązywania problemów transportowych.

Powszechne wykorzystanie Internetu, satelitarna lokalizacja pojazdów, łączność bezprzewodowa, systemy informatyczne do planowania i monitorowania ruchu pojazdów oraz zarządzania ruchem, elektroniczne systemy poboru opłat za usługi transportu zbiorowego oraz parkowanie i wjazd do centrów miast, integracja transportu oraz zintegrowane oferty biletowe, to tylko niektóre narzędzia, rozwiązania i udoskonalenia w transporcie miejskim, które mają przyczynić się do zapewnienia dostępności i mobilności, przy zrównoważonym transporcie miejskim. Oczywiście wdrożenia nowych technologii lub rozwiązań powinny i często wiążą się z wieloma zmianami natury ekonomicznej, a zmierzają do sprawnego oraz efektywnego pokonywania przestrzeni, doskonalenia świadczonych usług, orientacji na korzystających z usług i uzyskiwanie rezultatów oraz ograniczania negatywnego oddziaływania na środowisko.

Należy również zwrócić uwagę, że u podstaw zastosowania rozwiązań informatycznych nie są wyłącznie same rozwiązania technologiczne zamykające się w obszarze informatyki i telekomunikacji. Konieczny jest w szczególności odpowiedni dorobek w zakresie metod matematycznych oraz samych badań operacyjnych, w tym w części przypadków m.in. sformułowanie problemu decyzyjnego, wybór postaci modelu, jego budowa, określenie zasad i procedur podczas zbierania danych oraz przeprowadzenie procedury obliczeniowej, analiza uzyskanych wyników i dopiero wdrożenie rozwiązania. W efekcie tych prac tworzone są algorytmy postępowania, które wykorzystywane są później w rozwiązaniach informatycznych. Korzyści wdrożenia rozwiązań informatycznych

red. W. Rydzkowskiego, PWE, Warszawa 2017, s. 253-271; K. Grzelec, K. Hebel, O. Wyszomirski, Zarządzanie miejskim transportem zbiorowym w warunkach polityki zrównoważonej mobilności, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2020.

i potrzebę tworzenia podstaw teoretycznych tych rozwiązań widziano już wiele laty temu – pod koniec lat 60. i latach 70. ubiegłego wieku⁵, a więc w czasie gdy dostępność elektronicznej techniki obliczeniowej była dla przedsiębiorstw znacznie ograniczona. Z perspektywy czasu można bardzo wysoko oceniać dorobek i wyniki prowadzonych wówczas prac badawczych, zwłaszcza przez szczecińskie środowisko naukowe – tworzone wówczas systemy informatyczne były rewolucyjne i autentycznie innowacyjne⁶, np. w zakresie ewidencji pojazdów, zwiększenia wykorzystania pojazdów oraz koordynacji przewozów. Od tamtego czasu stale prowadzone są prace nad modelami służącymi do optymalizacji, a także do celów diagnostyczno-decyzyjnych, mającymi ułatwić zarządzanie systemami logistycznymi miast⁷, a budowane modele wyznaczają w wielu przypadkach kierunek dalszego rozwoju systemów informatycznych wykorzystywanych w miastach.

Wdrożenia systemów informatycznych umożliwiają i powinny prowadzić do transformacji cyfrowej, która jest przebiegającym dwutorowo procesem zmian w systemie społeczno-gospodarczym, związanym z upowszechnianiem nowych technologii oraz zastosowaniem nowych modeli biznesowych. Cyfryzacja procesów gospodarczych różni się od wsparcia informatycznego tym, że nie prowadzi jedynie do usprawniania obecnych procesów, lecz polega na ich redefinicji i wdrażaniu nowych modeli biznesowych. Umożliwiają to nowe techno-

⁵ J. Wolszczan, Zastosowania teorii masowej obsługi w transporcie samochodowym, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1970; W. Bąkowski, Problemy komputeryzacji ewidencji pojazdów, Referat na sesję Komitetu Transportu PAN. Informatyka w transporcie, Warszawa 1974; Podstawy informatyki w transporcie, praca pod red. T. Wierzbickiego, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1975; W. Bąkowski, Programowanie liniowe w transporcie, Politechnika Szczecińska, Szczecin 1975; L. Dorozik, Informatyka w koordynacji przewozów samochodowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1977; W. Siemaszko, B. Szeszycki, J. Perenc, M. Popiak, G. Górecka, J. Winiarska, Z. Szyjewski, Projekt techniczny podsystemu analizy i statystyki zarządzania wagonami OPW, Instytut Rachunku Ekonomicznego, Szczecin 1977; J. Perenc, Problemy budowy zintegrowanego systemu kierowania transportem, „Automatyka Kolejowa” 1978, nr 3, s. 94-96; J. Perenc, Uwarunkowania realizacji komputerowego systemu kierowania przewozami, „Automatyka Kolejowa” 1978, nr 4, s. 124-128; J. Perenc, Z. Szyjewski, Doświadczenia z projektowania informatycznego systemu zarządzania wspólnym parkiem wagonów, materiały na konferencję INTRA-78, Szczecin-Kołobrzeg 1978; J. Perenc, Z. Szyjewski, Problemy projektowania i programowania informatycznego systemu zarządzania wagonami, „Automatyka Kolejowa” 1980, nr 1, s. 29-32.

⁶ Por. Rozmowa redaktora naczelnego Przeglądu Organizacji Stanisława Brzezińskiego z prof. dr hab. Zdzisławem Szyjewskim, przewodniczącym Rady Naukowej Polskiego Towarzystwa Informatycznego, „Przegląd Organizacji” 2015, nr 6, <https://przegladorganizacji.pl/wywiad/po-2015-06>

⁷ Por. J. Witkowski, Modelowanie logistyki miejskiej. W poszukiwaniu nadrzędnego celu i kryteriów oceny modelu, Strategie i logistyka w sektorze usług: logistyka w nietypowych zastosowaniach, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 234, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2011.

logie oraz rejestracja ustrukturyzowanych i nieustrukturyzowanych danych na masową skalę i zasadniczo zwiększona prędkość ich przetwarzania⁸.

Niezależnie od samego rozwoju technologicznego związanego z wdrażaniem nowych rozwiązań w miejskim transporcie zbiorowym, a zatem w usługach, która powinna być powszechnie dostępna, istotna jest możliwość korzystania z zaawansowanych technologii informatycznych oraz cyfryzacja społeczeństwa. Ważna jest tu dostępność technologii informatycznych i telekomunikacyjnych dla samych podmiotów, ale również informatyzacja społeczeństwa – posiadanie dostępu do Internetu, w tym też dostępu bezprzewodowego, korzystanie z rozwiązań informatycznych wszędzie tam, gdzie jest to potrzebne, a zatem korzystanie z urządzeń mobilnych (laptopy, tablety, smartfony) oraz umiejętność i coraz powszechniejszy nawyk bezpiecznego korzystania z dostępnych aplikacji i rozwiązań cyfrowych. Rozwiązania oparte o możliwość ciągłego i nieograniczonego dostępu do Internetu – a zatem z wykorzystaniem urządzeń mobilnych stają się standardem, a organizacje nie oferujące takich możliwości podczas świadczenia usług, są postrzegane jako te, które zatrzymały się w rozwoju i nie wykorzystują szansy na wdrażanie innowacyjnych rozwiązań, a tym samym na ekspansję, poprawę dostępności i jakości usług oraz wzrost ich konkurencyjności.

Kluczowe znaczenie ma również wiedza, umiejętności i postawy społeczeństwa, tak aby było ono otwarte na korzystanie z narzędzi informatycznych, posiadało umiejętności potrzebne podczas nauki i pracy zdalnej oraz korzystania z usług i narzędzi cyfrowych. Nie bez znaczenia dla zmian, które zaszły i zachodzą w społeczeństwie, jest również okres od połowy marca 2020, w którym z powodu COVID-19 wiele podmiotów i osób zmuszonych zostało do nauki i pracy oraz korzystania z wielu usług w formule zdalnej⁹, a to z kolei spowodowało ukształtowanie określonych rozwiązań, dostrzeżenie korzyści oraz nabycie w tym zakresie umiejętności przez uczniów, studentów, pracowników oraz inne grupy społeczne.

W wyniku zastosowania technologii informatycznych należy również wymienić zmiany związane z tworzeniem rozwiązań w zakresie przemieszczeń opartych na współdzieleniu. Posiadanie własnego samochodu przestało być w wielu grupach społecznych wyznacznikiem statusu społecznego, a ze środków transportowych korzysta się coraz powszechniej na zasadach najmu. Powstanie infrastruktury dla korzystania z rowerów oraz dostępność rowerów miejskich, skute-

⁸ W. Paprocki, M. Wolański, Transformacja cyfrowa mobilności aglomeracyjnej a ewolucja usług komunikacji miejskiej [w:] Przemiany na rynku pasażerskich usług transportowych, pod red. K. Hebel i D. Tłoczyńskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2021, s. 117.

⁹ B. Kos, G. Krawczyk, A. Mercik, R. Tomanek, Mobilność miejska w czasie pandemii COVID-19, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2021.

rów i hulajnog elektrycznych, samochodów w systemach car-sharing (z zasady systemy ultrakrótkoterminowego najmu – na minuty lub godziny, bez udziału pracownika wypożyczalni, a formalności załatwiane są drogą elektroniczną, aczkolwiek pojazdy w tych systemach bywają też oferowane w wynajmie na dobę, weekend, tydzień), tradycyjnego krótkoterminowego najmu (doba, kilkanaście dni, kilka miesięcy, tu z kolei wypożyczalnie poszerzają zakres usług do wynajmu na godziny), usług taksówkowych świadczonych przez różne podmioty i w różnych formułach – tradycyjne taksówki na postojach, zamawiane telefonicznie, korporacje taksówkarskie, formuła Uber.

Celem niniejszej monografii jest przedstawienie zakresu zastosowań technologii informatycznych i telekomunikacyjnych w miejskim transporcie zbiorowym oraz wskazanie, jak technologie informatyczne mogą oraz przyczyniają się nie tylko do poprawy konkurencyjności tego sektora usług, ale również jak mogą i powinny zmienić się realizowane procesy czy modele rozwiązań. Pozwoli to na usystematyzowanie procesów zmian zachodzących w transporcie miejskim, wskazanie kierunków dalszych wdrożeń systemów informatycznych oraz – co ma wymiar nie tylko poznawczy, ale również pragmatyczny – odpowiednie kształtowanie w praktyce procesów biznesowych i wdrażanie zmian, które są możliwe dzięki nowym technologiom i są korzystne dla podmiotów sektora transportu zbiorowego, ale również z punktu widzenia jakości życia oraz samego rozwoju miast.

W pracy sformułowano hipotezy zakładające, że wdrażanie narzędzi informatycznych i sama transformacja cyfrowa to wielokierunkowy, złożony proces adaptacji rynkowej miejskiego transportu zbiorowego, mające na celu poprawę jego konkurencyjności oraz dostosowanie do otoczenia rynkowego. Wdrażane narzędzi informatyczne umożliwiają zmiany wielu procesów ukształtowanych w czasach, gdy rozwiązania informatyczne nie były powszechne, zmiany pozwalające wykorzystać możliwości technologii informatycznych i jednocześnie zwiększyć atrakcyjność miejskiego transportu zbiorowego i jego udział w obsłudze potrzeb przewozowych w miastach. W szczególności wdrożenia nowych technologii mogą i powinny prowadzić wzrostu liczby przewożonych pasażerów i w ten sposób wzrostu stopnia pokrycia kosztów dochodami ze sprzedaży, wzrostu jakości usług oraz lepszego wykorzystania zasobów będących w dyspozycji podmiotów miejskiego transportu zbiorowego. Przedsięwzięcia związane z wdrażaniem systemów informatycznych i rozwiązań cyfrowych skutkują kosztami i korzyściami ponoszonymi przez podmioty transportu miejskiego oraz w otoczeniu systemu transportu miejskiego, przy czym możliwie największe wykorzystanie możliwości systemów informatycznych pozwoli na maksymalizację korzyści, a tym samym będzie prowadziło również do wzrostu efektywno-

ści realizowanych wdrożeń. Duży potencjał wzrostu efektywności transportu zbiorowego upatruje się przede wszystkim w wyniku poprawy zarządzania ofertą przewozową i lepszego jej dopasowywania do zmieniającego się popytu, aktywizację, zainteresowanie i współudział operatorów świadczących usługi w działaniach na rzecz wzrostu popytu, zarządzania cenami usług w sposób pozwalający na lepsze ich dostosowanie do możliwości różnych grup społecznych, a także takiego kształtowania systemów sprzedaży usług, w których ułatwia się zakup biletu i jednocześnie obniża koszty sprzedaży. Kluczowe znaczenia mają także systemy z których korzystają pasażerowie, oprócz systemów sprzedaży również systemy planowania podróży i informacji pasażerskiej, a także wszelkie systemy zwiększające bezpieczeństwo podczas ruchu pojazdów oraz na przystankach i węzłach przesiadkowych.

Monografia składa się z pięciu rozdziałów, wprowadzenia oraz zakończenia.

W rozdziale pierwszym przedstawiono rozwój kluczowych technologii wykorzystywanych w systemach teleinformatycznych w miejskim transporcie zbiorowym. Określono kierunki zmian procesów zarządzania miejskim transportem zbiorowym ukierunkowane na wzrost konkurencyjności tego sektora usług. Jako kluczowe wskazano wykorzystanie danych z systemów automatycznych pomiarów liczby przewożonych pasażerów jak jednego z elementów wynagradzania operatorów z tytułu świadczonych usług. Analogiczne systemy publicznego finansowania powinny być ukierunkowane na wzrost efektywności świadczonych usług, zatem wielkość publicznego finansowania nie powinna zależeć jedynie od ilości świadczonych usług, ale również ich jakości oraz uzyskiwanego efektu w postaci zwiększania udziału miejskiego transportu zbiorowego w obsłudze potrzeb przewozowych miast.

Rozdział drugi zawiera zagadnienia związane z nowoczesnymi rozwiązaniami w sprzedaży biletów oraz pobierania opłat za korzystanie z miejskiego transportu zbiorowego. Dotyczy to rozwiązań płatności bezgotówkowych. W szczególności przedstawione są rozwiązania w zakresie płatności kartami elektronicznymi – w systemach kart miejskich lub z wykorzystaniem kart płatniczych – zbliżeniowych. Ponadto płatności wnoszonych za pomocą urządzeń mobilnych – przede wszystkim smartfonów z wykorzystaniem odpowiednich aplikacji umożliwiających płatności w technologii zbliżeniowej lub w rozwiązaniach zdalnych. Uzupełniają to wymogi sformułowane dla systemów integrujących wszystkie dostępne usługi przemieszczania w miastach, a zatem nie tylko usługi miejskiego transportu zbiorowego, ale również krótkoterminowego wynajmu jednośladów lub pojazdów samochodowych w systemach car-sharingu.

Rozdział trzeci przedstawia możliwość wykorzystania systemów pozwalających prognozować w dłuższym okresie popyt na usługi miejskiego transportu

zbiorowego. Są one istotne zwłaszcza przy podejmowaniu decyzji w zakresie budowy i modernizacji infrastruktury transportowej jak i zakupu taboru. Przedstawiono również systemy pozwalające mierzyć popyt realny na poszczególnych liniach miejskiego transportu zbiorowego – ich zastosowanie i wykorzystanie związane jest z bieżącym dostosowywaniem oferty przewozowej – rozkładów jazdy do potrzeb oraz mierzeniem wielkości przewozów na potrzeby rozliczeń środków finansowych uzyskiwanych ze sprzedaży biletów wspólnych.

Rozdział czwarty zawiera możliwości wykorzystania narzędzi informatycznych w tworzeniu rozkładów jazdy oraz podczas ruchu pojazdów miejskiego transportu zbiorowego. Dotyczy to zwłaszcza systemów uprzywilejowania pojazdów miejskiego transportu zbiorowego na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną oraz operatywnego zarządzania ruchem pojazdów. Istotne są tu zwłaszcza decyzje przywracające punktualność kursowania, tak aby skutki zakłóceń, które wystąpiły, były jak najmniejsze. Uzupełniają to systemy informacji pasażerskiej oraz monitoringu wizyjnego ukierunkowane na ułatwienia w korzystaniu z usług miejskiego transportu zbiorowego, skrócenie czasu podróży poprzez skrócenie czasu oczekiwania na przystankach oraz możliwość wyboru odpowiedniego planu podróży.

Ocena efektywności przedsięwzięć informatycznych przedstawiona jest w rozdziale piątym. Przygotowując przedsięwzięcie konieczne jest dokonanie oceny kosztów i korzyści, tak aby sam fakt wdrażania nowych technologii nie przysłonił rzetelnej oceny posiadanych zasobów i możliwości wdrożenia oraz efektywności przedsięwzięcia. Ocena nie powinna być uzasadnieniem pojętej już wcześniej decyzji o realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego, a rzetelną oceną w szczególności kosztów, które wystąpią podczas realizacji przedsięwzięcia. Z doświadczeń uzyskanych podczas uczestniczenia w realizacji wielu projektów informatycznych wynika bowiem, że okazują się one bardziej pracochłonne i tym samym kosztowne, niż się to zakładało przy podejmowaniu decyzji o ich realizacji.

Podczas przygotowania monografii wykorzystano analizę literatury przedmiotu opisującą same rozwiązania technologiczne, ale również przedstawiającą „dobrą praktykę ich wdrażania i zastosowania”. Wykorzystano również wieloletnie obserwacje poczynione w trakcie pracy praktycznej w podmiocie organizującym miejski transport zbiorowy, w tym również z wdrożenia dużego projektu informatycznego zarządzania miejskim transportem zbiorowym.

Prowadząc badania, przy uwzględnieniu przedmiotu i celu badań, posługiwano się przede wszystkim metodami jakościowymi. Uznając istotne znaczenie metod ilościowych oraz obserwując obecnie daleko idącą dominację badań ilościowych w naukach ekonomicznych, należy zwrócić uwagę, że za pomocą badań ilościowych uzyskuje się przede wszystkim odpowiedzi na podstawowe

pytania związane z ilością i częstotliwością rozwiązań czy też wnioskuje na podstawie badanej próby o całej populacji. W badaniach ilościowych dąży się do określenia zależności ilościowych badanych zjawisk zwracając przede wszystkim uwagę na prawidłowość wyznaczanych zmiennych i logikę pomiaru¹⁰. Pozwala to ustalać fakty, kwantyfikować istniejący stan rzeczy i sprawdzać zależności statystyczne, jednak ich zastosowanie jest ograniczone przy tworzeniu teorii i formułowaniu propozycji¹¹. To właśnie metody jakościowe mniej koncentrują się na częstotliwości badanych rozwiązań lub zjawisk, a bardziej na opisie, przedstawianiu i tworzeniu teorii oraz związanych z tym dobrych praktyk. Uzyskuje się tu odpowiedzi na podstawowe pytania – dlaczego i jak przebiega dane zjawisko, dąży do zrozumienia i ustalenia motywów takich działań i zachowań¹². Tworzona teoria jest na pewnym stopniu ogólności i z zastrzeżeniami w zakresie jej aplikacji praktycznej. Zasadniczą rolą badań jakościowych jest tworzenie teorii, wykorzystując przy tym doświadczenie badaczy uczestniczących w tym procesie. Uważa się przy tym, że metody jakościowe mają znaczny potencjał, korzystając z danych i przykładów procesów społecznych mogą bowiem dostarczyć wielu informacji i wyjaśnień formułowanych teorii, a także umożliwić uogólnianie teorii na te elementy zjawisk, które nie podlegają kwantyfikacji¹³. A zatem można założyć testowanie teoretyczne z wykorzystaniem studiów przypadków. Warto przy tym zwrócić również uwagę na fakt, że badania jakościowe nie są łatwiejsze w prowadzeniu niż badania ilościowe i spełniały w przeszłości oraz nadal spełniają ważną rolę w procesach poznawczych.

Podczas pisania niniejszej monografii zwrócono uwagę na dwa zagadnienia dotyczące samej terminologii oraz pojęć, o których należy wspomnieć. Pierwszym z nich jest powszechne używanie – można nawet stwierdzić, że nadużywanie – w publikacjach w języku polskim dotyczących rozwiązań informatycznych wyrazów angielskich, pomimo że są ich odpowiedniki w języku polskim. Nadużywanie to spowodowało ukształtowanie się przekazywania treści w sposób charakterystyczny dla informatyków – w skrajnych przypadkach można mówić o swoistym żargonie informatyków, niestety również przenikającym do publikacji naukowych. Może to obniżyć wartość publikacji oraz ich użyteczność,

¹⁰ H.R. Bernard, *Sociale Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches*, Sage Publications, Los Angeles – London – New Delhi 2013.

¹¹ H. Mintzberg, An Emerging Strategy of “Direct” Research, “Administrative Science Quarterly” 1979, Vol. 24, No. 4, s. 582-589, <https://www.jstor.org/stable/2392364>

¹² S. Shah, K. Corley, Building Better Theories by Bridging the Qualitative-Quantitative Divide. “Journal of Management Studies” 2006, Vol. 43, Issue 8, s. 1821-1835, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-6486.2006.00662.x>

¹³ A. Bitetkine, Prospective Case Study Design. Qualitative Method for Detective Theory Testing, “Organizational Research Method” 2007, Vol. 11, Issue 1, s. 160-180, https://www.academia.edu/382335/Prospective_Case_Study_Design

zwłaszcza dla osób spoza sektora informatyki, jednak związanych z wdrażaniem systemów informatycznych. Drugie zagadnienie jest również związane z terminologią – wyjaśnić należy zasady używania pojęć: system, podsystem, moduł, aplikacja. Pojęcia te są podstawowe i w monografii występują wielokrotnie, przy czym może pojawić się odczucie pewnej niekonsekwencji ich stosowania. Zgodnie z teorią systemów – jako system rozumie się zbiór elementów powiązanych ze sobą i wydzielonych z otoczenia. Można sformułować różne kryteria wyodrębniania systemów, w rezultacie systemy mogą być realne i conceptualne. W złożonych układach można wyodrębniać wiele systemów, w systemach wyższego rzędu jest wiele podsystemów, które z kolei są systemami niższego rzędu. Stąd też pojęcie systemu informatycznego złożonego z wielu modułów, ale zarazem moduły te są systemami niższego rzędu. Podobnie aplikacja jest jednym z wielu elementów modułu oraz systemu informatycznego, ale zarazem jest systemem niższego rzędu, np. systemem pobierania płatności drogą elektroniczną. Oznacza to, że w zależności od kontekstu w którym dokonuje się opisu danego obiektu, może być on systemem, podsystemem, modułem lub aplikacją. Kluczem w danym momencie jest poziom lub kryteria identyfikacji rozwiązania oraz opisywanego obiektu.

Podstawowa treść niniejszej publikacji powstała w drugiej połowie 2021 oraz w 2022 roku, stąd też zawiera standardy, parametry oraz rozwiązania funkcjonujące w tym okresie. Rozwiązania informatyczne charakteryzują ciągłe zmiany, nie tylko postęp w zakresie samej techniki i technologii, ale również możliwości i funkcjonalności oprogramowania oraz integracji i wykorzystania oprogramowania w procesach zarządzania podmiotami, współdziałania podmiotów, dostarczania i tworzenia nowych rozwiązań oraz usług. Rzeczą naturalną będzie zatem, że w kolejnych latach pojawią się nowe rozwiązania – procesory o większej możliwości obliczeniowej, sieci o większych prędkościach i przepustowościach, urządzenia mobilne w większym zakresie dostosowane do oczekiwań oraz coraz doskonalsze pod wieloma względami rozwiązania programowe wspierające i zapewniające realizację na nowo zdefiniowanych wielu procesów biznesowych.

1



Technologie informatyczne i telekomunikacyjne jako czynnik innowacji, redefinicji i wdrażania nowych rozwiązań w miejskim transportie zbiorowym

1.1. Kluczowe dla transportu technologie informatyczne i telekomunikacyjne

Podstawowym czynnikiem umożliwiającym rozwój miast jest system transportowy. Sprawne i bezpieczne przemieszczanie się, wysoka jakość usług transportowych, umożliwia rozwój przestrzenny miast, dostępność miejsc pracy, wypoczynku oraz korzyści związane z funkcjonowaniem całego miasta. Jednak rozwój systemu transportu wiąże się również z wieloma problemami. Z przyrostem liczby samochodów osobowych (w Polsce w latach 2000-2016 o około 116%, ale również i w na poziomie kilkunastu-kilkudziesięciu procent w większości europejskich państw¹⁴), powierzchni zajmowanych przez transport, emisją szkodliwych związków oraz gazów cieplarnianych, wypadkami, które powodują, że transport może stać się barierą dalszego rozwoju miast, mobilności mieszkańców, wzrostu gospodarczego i warunków życia w miastach. Przez wiele lat dominował ilościowy rozwój systemów transportowych, wzrost gospodarczy wiązał się ze wzrostem zapotrzebowania na transport, zwłaszcza transport drogowy, a przy dostępności paliw płynnych i pojazdów – wzrostem ruchu na drogach. Ta sytuacja musi ulec zmianie. Kolejne lata powinny przynieść bardziej

¹⁴ O. Wyszomirski, Zrównoważony rozwój..., op. cit.; K. Grzelec, K. Hebel, O. Wyszomirski, Zarządzanie miejskim transportem..., op. cit.

oszczędne i efektywne wykorzystanie zasobów, zwłaszcza energetycznych, znaczące obniżenie emisji przede wszystkim w transporcie miejskim, poprawę bezpieczeństwa, jakości i dostępności usług transportowych. Oczekuje się, że będzie to możliwe poprzez różne innowacyjne rozwiązania, których istotną częścią są technologie informatyczne i telekomunikacyjne. Jednym z filarów zrównoważonej mobilności jest bowiem postęp technologiczny i wdrażanie innowacji. Niekiedy jednak wdrażanie innowacji technologicznych stanowi wygodny argument zaniechania lub przesunięcia na drugi plan kwestii związanych z organizacją i zarządzaniem usługami. Postęp techniczny i nowoczesne technologie w znacznym stopniu rozwiązują problemy zachęt do zmiany zachowań transportowych. Jednak o efektywności i trwałości zmian zachowań transportowych mieszkańców decydować będą także umiejętności w zakresie organizacji i zarządzania mobilnością¹⁵. Jak wynika z przeprowadzonych badań, czynniki, takie jak wyższe ceny paliw oraz niższe opłaty za przejazdy transportem publicznym (czy też wręcz bezpłatny transport zbiorowy), nie są zbyt skuteczne w zmianie zachowań komunikacyjnych – występuje duża niechęć w sferze psychologicznej do zmiany sposobu podróżowania i korzystania z transportu zbiorowego. Zwiększenie udziału modalnego transportu publicznego w codziennych dojazdach wymaga podejmowania jednoczesnych i kompleksowych działań nie tylko w celu poprawy jakości transportu publicznego, ale także w wielu innych obszarach zarządzania transportem w miastach¹⁶.

Intensywny rozwój innowacji, w tym rozwiązań i wdrożeń w obszarze systemów informatycznych może pozwolić na poprawę sprawności systemów transportowych miast, zmniejszenia zatorów ulicznych oraz hałasu i emisji zanieczyszczeń. Rozwiązania innowacyjne dla miast są liczne i bardzo obiecujące, jednak wdrożenie innowacji to poważne wyzwanie – wymaga dużej mobilizacji, podwyższenia umiejętności i przygotowania dodatkowych funduszy na wsparcie

¹⁵ K. Grzelec, Uwarunkowania organizacyjne rozwoju pasażerskiego transportu miejskiego, *Transport Miejski i Regionalny* 2020, nr 2, s. 22-27, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-90511b0e-ef8f-41b1-be7b-5a8d80c57bd8>

¹⁶ A. Urbanek, Potential of Modal Shift from Private Cars to Public Transport: A Survey on the Commuters' Attitudes and Willingness to Switch – A Case Study of Silesia Province, Poland, "Research in Transportaion Economics" 2021, Vol. 85, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0739885920302067?via%3Dihub>; A. Urbanek, Fare-Free Public Transport vs. Private Cars. Zero Fares as an Instrument of Impact on Public Transport Mode Share? [w:] *TranSopot Conference. Transport Development Challenges in the 21st Century*, Ed. by M. Suchanek, Springer, Heidelberg 2021, s. 215-225, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-50010-8_19; A. Urbanek, Public Transport Fares as an Instrument of Impact on the Travel Behaviour. An Empirical Analysis of the Price Elasticity of Demand [w:] *Challenges of Urban Mobility, Transport Companies and Systems. 2018 TranSopot Conference*, Ed. by M. Suchanek, Springer, Heidelberg 2018. <https://www.springerprofessional.de/en/public-transport-fares-as-an-instrument-of-impact-on-the-travel-16733828>

nowych koncepcji i technologii. Sukces w unowocześnianiu miejskich systemów transportowych będzie można odnieść dzięki umiejętnej syntezie rozwiązań informatycznych, ale również organizacyjnych, fiskalnych, cenowych i marketingowych. Duże znaczenie będzie miało stworzenie innowacyjnej mentalności mieszkańców racjonalniej starających się zaspokajać swe potrzeby transportowe, np. poprzez inny system pracy i dokonywania zakupów oraz rekreacji¹⁷.

Innowacje występują w wielu dziedzinach i różnie można je klasyfikować¹⁸, jednak z punktu widzenia całokształtu działalności transportowej oraz ekonomiki transportu można wyróżnić innowacje społeczne, obejmujące zmiany w zasadach prowadzenia polityki, systemach ekonomicznych oraz organizacji i zarządzaniu systemem transportu, a także innowacje techniczne i technologiczne, obejmujące innowacje w środkach transportowych, wyposażeniu, nowe technologie oraz innowacje w infrastrukturze transportowej. Istotną rolę spełniają rozwiązania telekomunikacyjne i informatyczne, które z jednej strony tworzą infrastrukturę nowoczesnych rozwiązań, a z drugiej same są innowacyjnymi, w wielu przypadkach dotychczas niestosowanymi rozwiązaniami mającymi zastosowania w sektorze transportu.

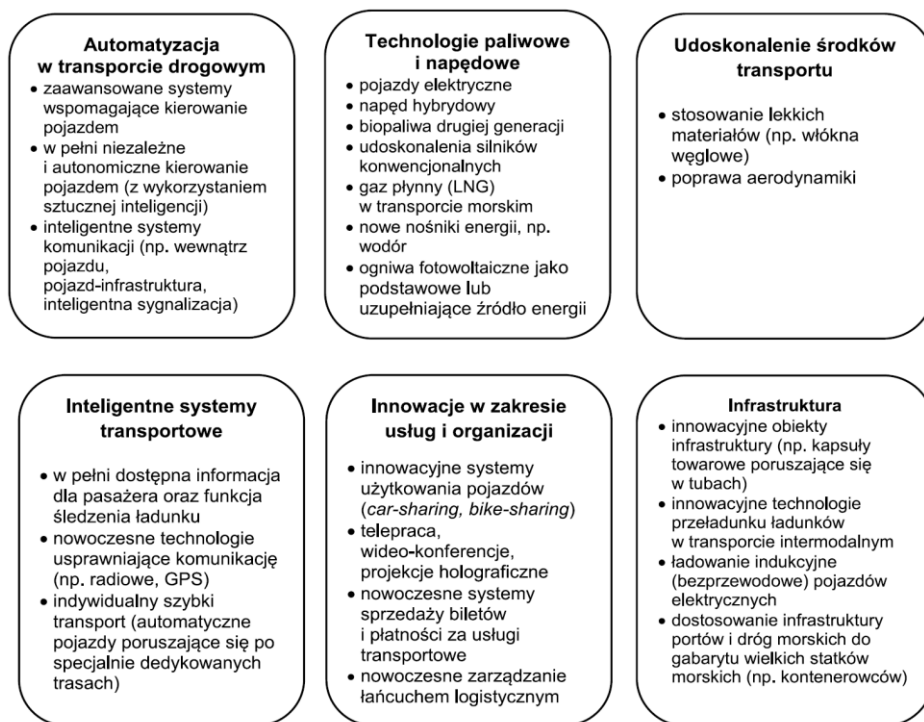
Pod koniec XX wieku i na początku XXI można wskazać technologie informatyczne jako kluczową dziedzinę i czynnik innowacji. W drugiej dekadzie XXI wieku rozwój technologii cyfrowych osiągnął już taki poziom, że obok wiedzy kreowanej przez człowieka (*human knowledge*) zaczyna się pojawiać wiedza generowana w systemach informatycznych (*industrial knowledge*). Wraz z pojawieniem się wielofunkcyjnego smartfonu i sieci telekomunikacyjnych umożliwiających bezprzewodowy transfer danych, a także wraz z upowszechnieniem usługi chmury komputerowej (*cloud computing*), powstały warunki do rejestrowania ogromnych ilości danych i ich przetwarzania¹⁹.

¹⁷ Por. J. Burnewicz, Nowoczesna wizja transportu i jej potencjalny wpływ na zagospodarowanie przestrzenne. Konferencja „Koncepcja zagospodarowania kraju a wizje i perspektywy rozwoju przestrzennego Europy”, Jachranka, 25-26 września 2008; J. Burnewicz, Nowoczesna wizja transportu i jej potencjalny wpływ na zagospodarowanie przestrzenne [w:] Koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju a wizje i perspektywy rozwoju przestrzennego Europy, pod red. T. Markowskiego, KPZK PAN, Warszawa 2008, s. 63-93; J. Burnewicz, Perspektywa innowacyjna transportu i logistyki [w:] Innowacje w transporcie. Korzyści dla Użytkownika, pod red. E. Załogi i B. Liberadzkiego, Zeszyty Naukowe, nr 603, Ekonomiczne Problemy Usług nr 59, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2010, s. 51-63.

¹⁸ P. Niedzielski, Polityka innowacyjna w transporcie, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2003; Innovative Perspective of Transport and Logistics, Ed. by J. Burnewicz, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2009.

¹⁹ W. Paprocki, Elektromobilność: program wieloletni czy koncepcyjna utopia [w:] Elektromobilność w Polsce na tle tendencji europejskich i globalnych, pod red. J. Gajewskiego, W. Paprockiego i J. Pieriegud, Europejski Kongres Finansowy, Centrum Myśli Strategicznych, CeDeWu, Warszawa 2019, https://fundacjacms.pl/wp-content/uploads/2019/08/elektromob_internet.pdf

Występują zarówno innowacje techniczne i technologiczne, jak i innowacje społeczne. Przykładem innowacji społecznych są zmiany w systemach politycznych, społecznych i ekonomicznych. Innowacje w tym zakresie mogą być wspólne dla różnych sektorów gospodarki, ale też charakterystyczne dla sektora transportu. Innowacje społeczne, zwłaszcza zmiany w organizacji i zarządzaniu, często związane są z postępowaniem technicznym, np. rozwojem technologii informatycznych oraz w dziedzinie przekazu informacji – stąd też innowacje często są utożsamiane w postępowaniem technicznym²⁰. Schematycznie obszary nowoczesnych rozwiązań technicznych i technologii przedstawia rysunek 1, a u źródeł wielu z wymienionych rozwiązań są technologie informatyczne i telekomunikacyjne. Oczywiście innowacje związane z zastosowaniem technologii informatycznych oraz związanych z tym zmian w organizacji i zarządzaniu, a także rozwiązaniach biznesowych nie są rozłączne i przenikają się wzajemnie.



Rysunek 1. Obszary nowoczesnych rozwiązań i technologii w transporcie

Źródło: M. Bąk, Wydatki na badania i rozwój w transporcie europejskim w świetle polityki innowacyjności UE, „Problemy Transportu i Logistyki” 2016, nr 2(34), s. 75, <https://wnus.usz.edu.pl/ptil/pl/issue/319/article/4813/>

²⁰ P. Niedzielski, op. cit.

Rozwój zaawansowanych technologii informatycznych, zbierania i przetwarzania danych, zaawansowanego oprogramowania, sieci komputerowych, łączności bezprzewodowej, transmisji danych oraz systemów lokalizacji stwarza nowe warunki prowadzenia działalności transportowej. Systemy informatyczne stają się elementem łączącym w całość poszczególne etapy procesu transportowego, umożliwiają szybki dostęp do informacji i danych, w tym też ze środków transportowych wykonujących przewozy i znajdujących się w pewnej odległości od siedziby podmiotów lub dworców. Umożliwiają również bezpośrednie sterowanie wieloma procesami. Dostępne są coraz bardziej zaawansowane technologie informatyczne, a to powiększa obszary ich zastosowania i poszerza zakres realizowanych funkcji. Rosnące możliwości, zwiększający się zakres realizowanych funkcji to z kolei przesłanki prowadzące do coraz szerszego stosowania technologii informatycznych w transporcie miejskim i to zarządzaniu podmiotami, świadczonymi usługami, infrastrukturą, jak i w budowie środków transportowych.

Innowacyjne technologie oraz rozwiązania informatyczne wspierają i umożliwiają wdrażanie innowacji niemal we wszystkich obszarach transportu miejskiego²¹. Jednak nowoczesne technologie nie są i nie mogą być celem samym w sobie, ważną rzeczą jest ich efektywne wykorzystanie, a to stawia wymogi w zakresie rozwiązań organizacyjnych, zarządzania oraz zasad prowadzenia polityki²². Jest wiele nowatorskich i rewolucyjnych pomysłów w tym w transporcie miejskim, które nie zostały wdrożone do realizacji. Przyczyną jest najczęściej brak akceptacji przez korzystających oraz co jest z tym związane, brak środków na ich realizację²³.

Nowe technologie umożliwiają samą zmianę w rozwiązaniach ekonomicznych, finansowych oraz zarządzaniu podmiotami transportowymi – i to zarówno w przypadku organizatorów, jak i operatorów, a także wprowadzanie nowych lub udoskonalonych usług, innowacje w systemach sprzedaży, samych środkach

²¹ Por. S. Gössling, ICT and Transport Behaviour: A Conceptual Review, "International Journal of Sustainable Transportation" 2017, Vol. 12, Issue 3, s. 153-164, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15568318.2017.1338318>; N. Vijayakumar, G. Mehendiratta, Role of ICT in Sustainable Transportation – Focus on Reducing Traffic Congestion, Master's (one year) Thesis in Informatics, University of Borås 2010, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1312377/FULLTEXT01.pdf>

²² T. Nam, T.A. Pardo, Smart City as Urban Innovation: Focusing on Management, Policy, and Context [w:] 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance, Tallinn 2011, s. 185-194, https://www.ctg.albany.edu/media/pubs/pdfs/icegov_2011_smartcity.pdf

²³ M. Gromadzki, K. Grzelec, Standardy wyposażenia technicznego systemów transportu miejskiego – uwarunkowania i perspektywy zastosowania, „Transport Miejski i Regionalny” 2015, nr 12, s. 7-10, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1a09bb5c-5d3e-4582-aeaa-f874b0afd56e>

transportowych oraz zarządzania ich ruchem²⁴. Próbując usystematyzować rozwiązania z obszarów technologii informatycznej i telekomunikacyjnej wymieniłem można te mające największy wpływ na innowacyjne rozwiązania w transporcie miejskim:

1. Technologie lokalizacji pojazdów, w szczególności te mające globalny zasięg i wykorzystujące satelitarne systemy lokalizacyjne w powiązaniu z technologiami map cyfrowych.
2. Systemy łączności oraz sieci komputerowe pozwalające na głosowe porozumiewanie się oraz transmisję danych.
3. Powszechna dostępność i korzystanie poza domem i miejscem pracy z urządzeń mobilnych, w szczególności smartfonów, tabletów, chrombooków oraz laptopów, bezprzewodowa łączność z Internetem oraz aplikacje mobilne, bieżący dostęp do informacji za pośrednictwem urządzeń mobilnych oraz możliwość wnoszenia płatności bezgotówkowych realizowanych zdalnie lub zbliżeniowo.

Kluczowe dla działalności transportowej są połączenia i sieci bezprzewodowe, przy połączeniach z osobami lub pojazdami poza siedzibą podmiotu przesyłanie danych umożliwia bieżącą informację o realizowanych zadaniach, dostęp do danych w systemie podmiotu, a także dostęp m.in. do Internetu i korzystanie z jego zasobów. W połączeniach bezprzewodowych transmisja odbywa się za pośrednictwem fal elektromagnetycznych, w zależności od rozwiązania stosowane są fale o różnych częstotliwościach. Stworzone są różne rozwiązania – standardy sieci bezprzewodowych, w rezultacie różnią się m.in. zasięgiem, szybkością przesyłania danych i w rezultacie zastosowaniem. W przypadku łączenia urządzeń lub sieci bezprzewodowych mówienie o maksymalnym zasięgu jest bardzo względne, zależy od różnych czynników, m.in. mocy nadajnika, rodzaju anten, ewentualnych przeszkód lub zakłóceń, a też urządzeniach wzmacniających sygnał, które można zastosować. Lepiej odnosić się do typowych zastosowań i typowego zasięgu, w którym dane połączenia lub sieci pracują.

Istnieje wiele standardów i rozwiązań umożliwiających bezprzewodowe przesyłanie danych i łączenie urządzeń. Różna jest funkcjonalność rozwiązań wynikająca m.in. z prędkości przesyłania danych, zasięgu lub zużycia energii, a tym samym różne mają one zastosowanie i różne jest ich upowszechnienie. Tu decydują też względy pozatechnologiczne, np. komplementarność, i inne przeznaczenie, jak w przypadku transmisji danych z wykorzystaniem infrastruktury

²⁴ G. Dydkowski, *Innowacje w transporcie miejskim [w:] Innowacje na poziomie regionalnym i lokalnym*, pod red. I. Ostoj i I. Pawlas, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2020, s. 26-40; B. Kos, G. Krawczyk, R. Tomanek, *Modelowanie mobilności w miastach*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2018.

GSM, gdzie stacje bazowe oraz same urządzenia służą również rozmowom głosowym.

Wymienione informatyczne rozwiązania i technologie w różnych kombinacjach pozwoliły na wiele zmian i innowacji w obszarze transportu miejskiego, w tym nowe koncepcje usług, współpracy z klientami oraz promocji i sprzedaży usług transportu miejskiego, zarządzania ruchem i parkowaniem pojazdów w miastach oraz innowacje organizacyjne i procesowe w podmiotach transportu zbiorowego. W naturalny sposób rozwinęły się kolejne rozwiązania informatyczne oraz telekomunikacyjne związane z zastosowaniami w praktyce. Można tu wymienić m.in.:

1. Centra Przetwarzania Danych zapewniające właściwe warunki oraz zabezpieczenie dla pracy infrastruktury informatycznej w systemie ciągłym, a także tworzące możliwości gromadzenia i operowania wielkimi zbiorami danych. Zarządzanie mobilnością ludzi w miastach wiąże się z gromadzeniem, przetwarzaniem i wykorzystywaniem wielkich zbiorów danych. Są to dane związane z zarządzaniem ruchem pojazdów, parkowaniem, świadczeniem usług transportu zbiorowego, wnoszeniem płatności za transport zbiorowy, parkowanie czy też – jeśli takie rozwiązanie jest stosowane – za wjazd i poruszanie się w wydzielonych strefach miasta. Uzupełniają to systemy rozliczeń różnych operatorów świadczących usługi w systemie transportu zbiorowego. Do tego dochodzą dane związane z systemami monitorowania ruchu, informacji pasażerskiej w systemie czasu rzeczywistego, pomiary potoków ruchu oraz prognozowanie ruchu.
2. Duże przepustowości i wydajności sieci, możliwość działania wielu systemów według zasady online, powszechny dostęp do Internetu pozwalający na korzystanie z systemów dynamicznej informacji pasażerskiej oraz informacji według tzw. czasu rzeczywistego, dostępność informacji o bieżącej lokalizacji wybranych środków przewozowych. Szczególne znaczenie w działalności transportowej nie tylko w zakresie transportu osób, obok lokalizacji, ma postęp w technologiach bezprzewodowej transmisji danych. Pojazdy oraz kierujący i pasażerowie zmieniają w czasie położenie, a bezprzewodowa transmisja danych pozwala na z jednej strony ciągły pobór i aktualizację danych oraz przesyłanie danych, np. dotyczących lokalizacji oraz innych związanych z pracą pojazdu lub dotyczących osób będących w pojeździe. Systemy transmisji danych krótkiego zasięgu NFC to także karty elektroniczne pozwalające identyfikować osoby, realizować płatności za transport zbiorowy, parkowanie czy inne usługi. Zakup biletu w momencie rozpoczęcia podróży, dynamiczna – w systemie czasu rzeczywistego informacja pasażerska, bieżący monitoring ruchu, pobór opłat w wysokości zależnej od odległości prze-

mieszczenia, zastrzeżenie zgubionych kart, to tylko wybrane funkcje wymagające transmisji danych i pracy w systemach online. Wiąże się to również z koniecznością zapewnienia odpowiednich przepustowości sieci, uwzględniając zwłaszcza dużą nierównomierność jej obciążenia związana z dużym ruchem w okresach szczytu oraz w centrach miast.

3. Systemy biletów elektronicznych wykorzystujące karty elektroniczne oraz aplikacje instalowane na urządzeniach mobilnych. Karty elektroniczne są w różny sposób wykorzystywane, np. jako karta identyfikacyjna czy nośnik pieniądza elektronicznego, umożliwiając tym samym płatności za różne usługi, a także nośnik biletów transportu zbiorowego. Zapis na karcie elektronicznej zapewnia dobrą ochronę zawartych danych oraz w przypadku potrzeby ich szybką modyfikację. W transporcie miejskim korzysta się z kart bezstykowych, pozwalają one na dość szybkie wniesienie płatności, szybkie sczytanie danych z karty, są też łatwiejsze do korzystania przez użytkowników. Zastosowanie kart elektronicznych do poboru opłat w transporcie miejskim umożliwia rozszerzenie zakresu różnicowania cen, dopasowywania cen do rzeczywistej ilości usługi, z której korzystają pasażerowie, pozyskania informacji o przejazdach do planowania układu tras i linii, a także umożliwia wdrażanie różnych programów lojalnościowych. Systemy poboru opłat wykorzystujące karty elektroniczne mogą być również narzędziem integracji transportu – pozwalają na wnoszenie płatności za usługi świadczone przez różnych operatorów (nie tylko związane z transportem miejskim i parkowaniem pojazdów) oraz dokonywania rozliczeń wykorzystując karty elektroniczne. Z czasem podmioty specjalizujące się w sprzedaży biletów transportu zbiorowego czy też we wnoszeniu opłat za parkowanie z wykorzystaniem telefonów komórkowych lub smartfonów poszerzały ofertę o kolejne miasta i usługi. W rezultacie wytworzyły się platformy oferujące możliwość zapłaty za przejazd transportem zbiorowym w różnych miastach, ponadto pozwalają wnieść opłatę za parkowanie czy też skorzystać z roweru miejskiego lub hulajniogi.
4. Technologie map cyfrowych ułatwiających nawigację oraz procesy planowania i informowania w miejskim transporcie zbiorowym. Pozwalają one na przedstawienie – wizualizację lokalizacji, trasy przejazdu, elementów infrastruktury transportowej w sposób bardzo łatwy i zrozumiały dla korzystających, a także powiązać lokalizację z danymi istotnymi zarówno dla podmiotów oferujących usługi, jak i dla osób korzystających z tych usług.
5. Systemy nadzoru ruchu pojazdów, informowania, uwzględniając aktualne lokalizacje środków przewozowych, oraz systemy monitoringu wizyjnego. Technologie informatyczne, w szczególności lokalizacja pojazdu oraz na bieżąco transmisja danych technologiami wykorzystującymi sieć operatorów

GSM dają możliwość monitorowania pracy kierowcy oraz parametrów związanych z pracą pojazdów²⁵, co pozwala na uzyskiwanie licznych korzyści²⁶, ale także projektowania i budowy systemów informowania pasażerów, uwzględniających przemieszczanie się osób różnymi środkami transportu. Integracja baz danych, wymiana danych pomiędzy różnymi podmiotami oferującymi usługi transportu zbiorowego, pozwoli uzyskać zintegrować informację o rozkładach jazdy różnych podmiotów, a korzystającym z usług na łatwe planowanie przemieszczeń, niekoniecznie w ramach oferty jednego operatora. System automatycznej (wykorzystującej różne rozwiązania elektroniczne i informatyczne) kontroli funkcjonowania transportu miejskiego powinien umożliwiać lokalizację pojazdów w terenie (z wykorzystaniem np. technologii GPS) i na jej podstawie dokonywać pomiaru punktualności odjazdów z punktów przystankowych precyzyjnie zdefiniowanych na mapie bądź w terenie. Efektem takich pomiarów są informacje o odchyleniach od planowego rozkładu jazdy, nieplanowanych zmianach trasy przebiegu danego wozu, dłuższe nieplanowane postoje.

1.2. Technologie informatyczne i telekomunikacyjne jako czynniki zmian w systemach miejskiego transportu zbiorowego

Źródłem innowacji jest najczęściej zapotrzebowanie generowane przez rynek, natomiast rozwiązania w obszarze organizacji oraz strony ekonomicznej przedsięwzięcia, sposób finansowania, promocja to czynniki, które w części przypadków mogą decydować o zastosowaniu i sukcesie nowatorskiego rozwiązania technicznego i technologicznego. Oczekuje się, że w wyniku tych zmian uzyska się pozytywny wpływ na działalność podmiotu, np. w zakresie wzrostu wydajności pracy, wielkości świadczonych usług lub obniżenia negatywnego oddziaływania na otoczenie podmiotu, a zatem poprawy konkurencyjności podmiotu poszerzenia zakresu świadczonych usług i uzyskania również efektów wizerunkowych.

W publikacjach dotyczących innowacji w transporcie dominują zagadnienia techniczne i technologiczne, w tym w szczególności technologie telekomunika-

²⁵ G. Dydkowski, Kierunki optymalizacji wykorzystania pojazdów ze szczególnym uwzględnieniem służb ratowniczych i bezpieczeństwa [w:] Innowacyjny rozwój. Inteligentne organizacje, pod red. C.M. Olszak i R. Wolny, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2020, s. 26-36.

²⁶ J. Gnap, V. Konieczny, M. Poliak, Aplikacia informacnych systemov v cestnej doprave, EDIS, Vydavateľstvo Žilinskej Univerzity, Žilina 2007.

cyjne i informatyczne. Oczywiście należy uznać, że postęp w tych dziedzinach pozwala na unowocześnienie transportu. Ale tak samo lub nawet bardziej istotne są rozwiązania ekonomiczne, finansowe, organizacyjne oraz w sferze zarządzania, to one bowiem z jednej strony zapewniają warunki do przygotowania i wdrożenia danej innowacji, a z drugiej umożliwiają uzyskanie efektów ekonomicznych. To właśnie oczekiwanie zwiększenia przychodów, obniżki kosztów, poprawy jakości, jak i najogólniej konkurencyjności podmiotu leży u źródeł innowacji. Nie uzyskuje się efektów bez odpowiednich warunków dla wdrażania innowacji, zapewnienia finansowania wdrożenia, odpowiedniej organizacji oraz zarządzania przedsięwzięciem. Jednocześnie uwzględniając fakt, że ma się do czynienia z rozwiązaniami innowacyjnymi, konieczne jest także przewidzenie sytuacji, w której dane wdrożenie, z przyczyn niezależnych od stron, nie przynosi efektów na zakładanym poziomie. Trzeba bowiem liczyć się z tym, że wdrażanie rozwiązania innowacyjnego wiąże się ze zwiększonym ryzykiem w porównaniu do rozwiązań tradycyjnych i sprawdzonych. Stąd dużą uwagę należy zwrócić na system zarządzania przedsięwzięciem, posiadanie sformułowanej strategii zmian, sformułowanych celów, kompetentnego zespołu wdrożeniowego, motywacji wdrażania zmian i rozwoju, otwartości na dyskusje i decyzyjności w ramach struktur organizacyjnych, a także elastycznych umów z podmiotami zewnętrznymi, w których przewidziano różne sytuacje, możliwości zmian i sposoby finansowania.

U podstaw innowacji w systemach transportu miejskiego leży dążenie do poprawy sprawności i efektywności działania systemu transportowego, w tym podmiotów funkcjonujących w tym systemie. Oczekuje się efektywnego wydatkowania środków publicznych przekazywanych na funkcjonowanie transportu miejskiego, wysokiej jakości usług, a zapewnić ma to wdrażanie nowych innowacyjnych rozwiązań. Innowacje mają wyzwolić rezerwy tkwiące w systemie transportu miejskiego, pozwolić lepiej wykorzystać posiadane zasoby oraz efektywnie wykorzystać nowe technologie czy realizowane przedsięwzięcia inwestycyjne.

Innowacje zmieniające przebieg procesów, tworzące nowe produkty lub usługi, poprawiające ich jakość, innowacje w sprzedaży, dystrybucji i promocji w wielu przypadkach związane są z postępowaniem technicznym i technologicznym, w tym w szczególności postępowaniem w obszarze technologii informatycznych i przesyłania danych. W transporcie miejskim obejmują:

- planowanie usług transportu zbiorowego przez organizatorów transportu na podstawie modeli ruchu oraz danych o zachowaniach komunikacyjnych²⁷,

²⁷ Por. B. Kos, G. Dydkowski, Modelowanie ruchu jako narzędzie zarządzania ruchem w transporcie miejskim [w:] Ekonomiczno-społeczne i techniczne wartości w gospodarce opartej na wiedzy. Tom 2, pod red. J. Buki, Ekonomiczne Problemy Usług, nr 113, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2014, s. 231-242.

- a także przedwdrożeniowe analizy symulacyjne z wykorzystaniem technik komputerowych,
- informatyczne wspomaganie planowania podróży przez pasażerów na podstawie rzeczywistych warunków ruchu i czasów przejazdu uwzględniających sytuację na drogach,
 - poszerzenie oferty usług transportu zbiorowego o środki przewozowe poruszające się po różnych drogach, pojazdy o niewielkiej pojemności i funkcjonujące według nowych zasad organizacji ruchu, np. promy i tramwaje wodne, minibusy, koleje kabinowe oraz autobusy na zamówienie,
 - wdrożenie systemów biletów elektronicznych pozwalających na elastyczne zarządzanie cenami, w tym stosowanie promocji, różnych rodzajów taryf, a także integrację taryfową miejskiego transportu zbiorowego z transportem o zasięgu regionalnym, krajowym i międzynarodowym oraz integrację oferty przewozowej różnych środków transportowych,
 - nowe technologie informowania o usługach, m.in. dynamiczna informacja pasażerska, wykorzystanie systemów informacji oraz zarządzania kontaktami w pasażerami klasy CRM (Customer Relationship Management), dają możliwość wprowadzenia znaczących zmian w sferze marketingu, stąd można je zaliczyć do innowacji marketingowych,
 - systemy współdzielenia – wspólnego użytkowania samochodów udostępnianych za opłatą użytkownikom przez operatorów floty (carsharing), tu istotną rolę odgrywają technologie informatyczne pozwalające na ustalenie najbliższego lub najłatwiej dostępnego pojazdu oraz rezerwację²⁸,
 - systemy zwiększania liczby osób korzystających z danego przejazdu samochodem (carpooling), systemy te rozwijają się poprzez dedykowane serwisy internetowe, portale społecznościowe i aplikacje mobilne,
 - systemy informatyczne pojazdów samochodowych zarządzające lub wspomagające użytkowników w zarządzaniu eksploatacją pojazdów oraz zwiększające poziom bezpieczeństwa i ograniczające emisję szkodliwych związków i CO₂ emitowanych przez pojazdy.

Niezależnie od wymienionych technologii informatycznych charakterystycznych dla transportu miejskiego zmiany organizacyjne wiążą się z wdrażaniem systemów wspomagających zarządzanie zasobami podmiotami – systemów ERP. Najogólniej są tu dwa podejścia do zmian albo dopasowuje się organizację oraz procesy przebiegające w podmiocie do zasad zdefiniowanych w systemie,

²⁸ S.A. Shaheen, A.P. Cohen, J.D. Roberts, Carsharing in North America: Market Growth, Current Developments, and Future Potential, "Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board" 2004, Vol. 1986, Issue 1, s. 116-124, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198106198600115>

albo dokonania stosownych zmian w systemie tak, aby usprawniał organizację oraz procesy istniejące w podmiocie. Sposób podejścia należy rozstrzygnąć zawsze w indywidualnym przypadku, na ile system został już wdrożony w wielu podmiotach i ukształtowany na podstawie licznych doświadczeń, a na ile jest rozwiązaniem nowym, które dopiero się kształtuje.

Szczególne znaczenie w działalności transportowej obok samego wyznaczenia pozycji/lokalizacji środka transportowego ma postęp w technologiach bezprzewodowej transmisji danych. Systemy satelitarnej lokalizacji zapewniają informację o aktualnej lokalizacji w miejscu pojazdu lub danej osoby posiadającej odbiornik umożliwiający lokalizację, jednak informacja ta jest dostępna w miejscu, w którym ten lokalizator się znajduje. Podobnie z innymi pozyskiwanymi danymi związanymi z pracą pojazdu lub działaniem systemów pobierania opłat za przejazd – są one gromadzone w systemie zainstalowanym w pojeździe. Bezprzewodowa transmisja danych konieczna jest dla bieżącego przesyłania danych i tym samym zapewnienia odpowiedniej funkcjonalności (praca w trybie online), tak aby można było korzystać z danych pochodzących z systemów zainstalowanych w pojazdach w pracy innych modułów systemu informatycznego lub inne osoby, np. przez dyspozytora lub pasażerów oczekujących na pojazd miejskiego transportu zbiorowego. Wybrane systemy mogą wymagać połączenia online, chociażby terminale umożliwiające korzystanie z systemu płatności kartami płatniczymi. W przeszłości stosowano rozwiązania, które były ograniczone do przesyłania danych z pojazdu dopiero po zakończeniu pracy, a zatem często dopiero po kilkunastu godzinach od ich powstania, do tego czasu dane te były gromadzone w pojeździe, dla ułatwienia podczas przesyłania danych po powrocie pojazdu do bazy stosowano łączność bezprzewodową, ale tę krótkiego zasięgu – Wi-Fi lub Bluetooth. Dopiero technologie oparte na systemach GSM pozwoliły na pracę online i bieżącą transmisję danych do i z pojazdów.

W systemach miejskiego transportu zbiorowego wykorzystuje się wiele technologii, transmisja danych odbywa się bowiem w różnego rodzaju sieciach. Wymiana danych z pojazdami i zamontowanymi tam systemami w zajezdniach może odbywać się z wykorzystaniem sieci WiFi, natomiast rozwiązaniem pozwalającym na wymianę danych zarówno w zajezdniach, jak i poza nimi są sieci oparte na infrastrukturze telefonii komórkowej GSM. Tu systematycznie wdrażane były i są nadal nowe standardy, w których rośnie szybkość transferu danych. Pomiędzy pojazdami a centrami danych przesyłane są m.in. dane dotyczące lokalizacji pojazdu, aktualizacji rozkładów jazdy, taryfy i cennika pobieranych opłat (oraz ewentualnie inne dotyczące opłat, np. lista kart zagubionych lub skradzionych – tzw. czarna lista), dane związane z pracą pojazdu, pomiar liczby pasażerów korzystających z pojazdu. Niezależnie od wymienionych, w zależno-

ści od stosowanego systemu, pobierania opłat przesyłane mogą być dane z kasowników oraz terminali płatniczych związane z pobranymi opłatami. Tu również transmisja odbywa się w ramach transmisji danych z wykorzystaniem i na podstawie umów z operatorami GSM. Transmisja z wykorzystaniem infrastruktury GSM i na podstawie umów z operatorami GSM realizowana jest również pomiędzy urządzeniami mobilnymi pasażerów, a witrynami internetowymi czy bazami danych organizatora, operatorów świadczących usługi przewozowe lub operatorów prowadzących sprzedaż biletów z wykorzystaniem aplikacji mobilnych. Tu wymiana danych wiąże się z informacją pasażerską, w tym rozkładami jazdy i dogodnymi połączeniami lub płatnościami za usługę przewozową.

Inny standard połączeń jest stosowany podczas płatności za usługę przewozową wnoszonych przy wykorzystaniu kart elektronicznych (w tym kart płatniczych) lub wykorzystując smartfon w rozwiązaniu stosowanym podczas płatności zbliżeniowych. Stosowano jest tu technologia NFC (*Near Field Communication*) – bezprzewodowej komunikacji, wykorzystywana wyłącznie przy bliskich odległościach. NFC bazuje technologicznie na rozwiązaniach RFID, jednak jest jednocześnie autonomiczną formą komunikacji bezprzewodowej. Komunikacja bliskiego zasięgu stała się tak popularna z uwagi na złożone możliwości wykorzystywania jej do autoryzowania różnego typu czynności oraz przesyłania niewielkiej ilości danych. Teoretyczny zasięg etykiet wynosi około 20 centymetrów, jednak w praktyce dystans dzielący urządzenia, które wymieniają pomiędzy sobą określone dane, to maksymalnie 2-4 centymetrów. Technologię NFC stosuje się powszechnie przy elektronicznych płatnościach zbliżeniowych, a także w sytuacjach, w których konieczny jest bezprzewodowy odczyt i zapis informacji przy użyciu tabletów czy telefonów – przy parowaniu urządzeń, automatyzacji ich konfiguracji czy w końcu przy odczytywaniu plakatów, ulotek lub interaktywnych naklejek²⁹.

Technologie informatyczne, w szczególności lokalizacja pojazdu oraz bieżąca transmisja danych z wykorzystaniem sieci GSM dają możliwość projektowania i budowy systemów informowania pasażerów, uwzględniających przemieszczanie się osób różnymi środkami transportu. Integracja baz danych, wymiana danych pomiędzy różnymi podmiotami oferującymi usługi transportu zbiorowego, pozwoli uzyskać zintegrować informację o rozkładach jazdy różnych podmiotów, a korzystającym z usług na łatwe planowanie przemieszczeń, niekoniecznie w ramach oferty jednego operatora.

²⁹ <https://klient.ibcs.pl/aktualnosci/id/56/RFID-kontra-NFC.-Co-bylo-pierwsze-a-co-jest-lepsze.html> (dostęp: 17.07.2021).

Stosowane w Polsce systemy informacji pasażerskiej miejskiego transportu zbiorowego opierają się głównie o przystankową informację o godzinach odjazdów pojazdów i trasie linii kursujących przez dany przystanek. Uzupełniany jest on informacją telefoniczną (w tym bezpłatna infolinia) oraz informacją udzielaną w niektórych punktach dyspozytorskich. Funkcjonują także witryny internetowe, gdzie udostępnione są m.in. rozkłady jazdy (można je również przeglądać przez telefon komórkowy) oraz informacje o czasowych i stałych zmianach wprowadzanych przez organizatora. W zdecydowanej większości przypadków podstawą systemu informowania pasażerów są zaplanowane rozkłady jazdy ruchu pojazdów, co powoduje, iż dostępna informacja może nie uwzględniać aktualnej sytuacji na sieci komunikacyjnej.

Rozwój systemów informacji pasażerskiej zmierza w kierunku poszerzenia o funkcje udostępniania informacji o czasach odjazdów z przystanków, uwzględniających ewentualne zakłócenia i odstępstwa od czasów zaplanowanych. Najogólniej możliwe jest to poprzez bieżącą identyfikację lokalizacji pojazdów na trasie i ekstrapolację czasu przejazdu na kolejne przystanki, są to tzw. systemy czasu rzeczywistego. Informacja taka udostępniana jest najczęściej w witrynach internetowych oraz na wyświetlaczach umieszczanych na przystankach. Zakres wyświetlanej informacji powinien być dostosowany do danego punktu, tzn. uwzględniać częstotliwość odjazdów pojazdów z przystanku oraz jego położenie.

1.3. Rozwiązania informatyczne w miejskim transporcie zbiorowym jako podsystem inteligentnego miasta oraz systemów o zasięgu ponadmiejskim

1.3.1. Miejski transport zbiorowy jako podsystem transportu miejskiego oraz systemów o zasięgu regionalnym, krajowym i międzynarodowym

Zgodnie z teorią systemów, w strukturach systemów mogą występować podsystemy tworzone przez grupy powiązanych i wyodrębnionych elementów – są one wówczas systemami, a jednocześnie dany system jest podsystemem wyższego rzędu. Wyodrębnienie podsystemów może następować według różnych kryteriów, np. zakres podmiotowy, wspólne cechy elementów lub cel działania, istnieje tu znaczna dowolność. Odnosząc to do systemu miejskiego transportu zbiorowego, jest on jednocześnie podsystemem w systemie transportu miejskiego, zaliczyć tu można również infrastrukturę oraz organizację nią zarządzającą,

środki transportowe wykorzystywane w ramach indywidualnych przemieszczeń (samochody osobowe, jednoślady) w różnych formułach organizacyjnych. Są to prywatne samochody osobowe oraz różnego typu jednoślady, taksówki oraz środki udostępniane w ramach krótkoterminowego wynajmu. Jednocześnie system transportu miejskiego jest i powinien być jednym z podsystemów transportu w regionie, kraju czy też układach międzynarodowych. Podróże bowiem nie są realizowane wyłącznie w ramach miast, część podróży rozpoczyna i kończy się w miastach, natomiast realizowane są na odległości większe, w układach regionalnych, krajowych lub międzynarodowych. Dąży się do rozwiązań, w których łatwo będzie zaplanować podróż oraz nabyć w jednym miejscu (za pomocą zintegrowanego rozwiązania) bilet lub bilety na całą podróż, odbywaną często środkami przewozowymi różnych przewoźników w ramach różnych systemów transportu zbiorowego. Istotnym czynnikiem ułatwiającym wdrażanie takich rozwiązań są właśnie technologie i rozwiązania informatyczne, pozwalające na integrację wybranych modułów systemów informatycznych różnych przewoźników, nie tylko w transporcie miejskim, ale również z tymi świadczącymi usługi na większe odległości, tj. transportu kolejowego w przewozach intercity oraz międzynarodowych oraz lotniczego. W szczególności zwraca się uwagę na integrację takich obszarów działalności, jak informacja pasażerska, koordynacja rozkładów jazdy oraz sprzedaż usług.

Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku infrastruktury informatycznej miejskiego transportu zbiorowego, która może być i często jest częścią szerszych rozwiązań, np. systemów zarządzania transportem w mieście, obejmujących nie tylko transport zbiorowy, ale również zarządzanie drogami i parkingami. W części wdrożeń systemy dla transportu zbiorowego są częścią dużych kompleksowych wdrażanych w miastach, tzw. inteligentnych systemów transportowych (ITS). Przyjmuje się, że inteligentne systemy transportowe to systemy wykorzystujące technologie informacyjne i komunikacyjne w obszarze transportu drogowego, obejmującym infrastrukturę, pojazdy i jego użytkowników, a także w obszarach zarządzania ruchem i zarządzania mobilnością, oraz do interfejsów z innymi rodzajami transportu³⁰. Jednocześnie moduły systemów informatycznych zarządzania transportem zbiorowym mogą być wspólne dla różnych systemów, użytkowanych także przez inne podmioty, lub takich, które pierwotnie rozwijane były w ramach innego typu usług. Przykładem tych rozwiązań były i są wdrożenia kart miejskich, których funkcjonalność obejmowała płatności za transport zbiorowy, parkowanie, a także inne usługi dostarczane

³⁰ Ustawa z dnia 21 marca 1985 roku o drogach publicznych, t.j. Dz.U. z 2022 roku poz. 1693, 1768, 1783, 2185.

przez jednostki sektora publicznego, np. instytucje kultury, biblioteki, ośrodki sportowe. Innym przykładem jest możliwość płatności za usługi transportu zbiorowego lub parkowanie w ramach aplikacji bankowych, poszerzonych o takie funkcje. System monitoringu wykorzystywany w transporcie zbiorowym może być wspólny dla policji, straży miejskiej oraz służb zarządzania infrastrukturą transportową. Wspólne z biurami rozwoju miast oraz zajmujących się planowaniem przestrzennym mogą być systemy modelowania i prognozowania ruchu. Także systemy windykacji korzystają z baz danych (PESEL) oraz systemów sądowych, a w niektórych krajach windykacja nieuregulowanych w terminie należności względem jednostek sektora publicznego, prowadzona jest przez jeden podmiot, a nie tak jak w Polsce przez różne podmioty niezależnie, co ogólnie zwiększa łączną pracochłonność tych czynności.

Zróżnicowanie miast pod względem wielkości i zagospodarowania przestrzennego, liczby ludności, znaczenia w regionie i kraju, realizowanych funkcji w szerszych układach przestrzennych oraz wreszcie prowadzonej polityki w obszarze usług miejskich powoduje, że rozwiązania organizacyjne w zakresie transportu miejskiego są różne, a to oddziałuje na kształt systemów informatycznych. Na rozwiązania informatyczne oraz samą strukturę systemu wpływ ma organizacja transportu, która może być realizowana w podmiotach poza strukturami miasta, np. w przedsiębiorstwie komunalnym lub jednostce organizującej i zarządzającej transportem miejskim, udzielającej zleceń na świadczenie usług operatorom lub w strukturach organizacyjnych miasta w ramach jego osobowości prawnej. W przypadku odrębnych jednostek organizujących miejski transport zbiorowy, mogą one skupiać się wyłącznie na miejskim transporcie zbiorowym lub też zakres realizowanych przez nie zadań może być szerszy, tj. zarządzanie drogami, parkingami, punktami przesiadkowymi, zagospodarowaniem przestrzennym oraz również innymi usługami w ramach mobilności miejskiej, np. systemy rowerów miejskich lub – jeśli nie jest to świadczone na zasadach rynkowych, ale we współpracy z miastem – również systemy indywidualnej mobilności w ramach krótkoterminowego najmu. Może również być rozwiązanie, w którym miejski transport zbiorowy funkcjonuje w ramach dużego podmiotu komunalnego łączącego funkcje organizacji i świadczenia usług lub też podmiotów prywatnych realizujących zlecony zakres usług. Ma to wpływ na wdrażane systemy, czy dzieje się to w ramach strategii informatyzacji miasta, czy też są to osobne strategie realizowane przez podmioty w sektorze transportu zbiorowego.

Rozwiązania informatyczne stosowane w miejskim transporcie zbiorowym, a zatem w systemach miejskich, nie są w istotny sposób lepiej zaawansowane technologiczne niż te stosowane w gałęziach transportu o zasięgu krajowym międzynarodowym. Na przykład systemy zarządzania ruchem lotniczym lub

kolejowym, tworzenia harmonogramów ruchu środków przewozowych, informacji lub sprzedaży usług, są w tych gałęziach równie innowacyjne jak w transporcie miejskim. W niektórych zakresach, jak samo wyposażenie np. samolotów, systemy lokalizacji i nawigacji, systemy bezpieczeństwa w portach lotniczych, można nawet stwierdzić, że ich innowacyjność, niezawodność, funkcjonalności i zakres wyprzedzają transport miejski.

1.3.2. Transport miejski jako jeden z podsystemów inteligentnych miast

System transportu miejskiego jest także jednym z podsystemów w ramach gospodarki i zarządzania miastem. System transportu zbiorowego, czy szerzej system transportu miejskiego wraz z stosowanymi rozwiązaniami informatycznymi, wykorzystywanymi przez podmioty oraz mieszkańców i korzystających z usług, jest jednym z sześciu podstawowych podsystemów inteligentnego miasta. Wymienia się obok inteligentnej mobilności także inteligentną gospodarkę, zarządzanie, społeczeństwo, jakość życia i środowisko. Sześć podsystemów inteligentnego miasta prezentuje to rysunek 2.

<p>Gospodarka – (<i>smart economy</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • innowacyjność • przedsiębiorczość • elastyczność • produktywność • współpraca • zdolność do transformacji • wizerunek 	<p>Kapitał ludzki – (<i>smart people</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • wysoki poziom kwalifikacji i ustawicznego ich podnoszenia • różnorodność, pluralizm społeczny i etniczny • elastyczność i kreatywność • otwartość na świat • aktywne uczestnictwo w życiu publicznym 	<p>Środowisko – (<i>smart environment</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • atrakcyjne, sprzyjające mieszkańcom i inwestorom warunki naturalne • skuteczna ochrona środowiska i niski poziom zanieczyszczenia • zrównoważona gospodarka i zarządzanie zasobami naturalnymi
<p>Mobilność – (<i>smart mobility</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • dostępność do lokalnych urzędów, usług i zasobów miejskich • dostępność z/do miasta do/ze świata „zewnętrznego”, w tym za granicą kraju • dostępność i niezawodność infrastruktury ICT • niezawodny, innowacyjny i bezpieczny system transportowy 	<p>Zarządzanie – (<i>smart governance</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • udział mieszkańców, producentów i dostawców usług w decyzjach dotyczących miasta • szeroki wachlarz usług sektora publicznego i prywatnego • przejrzystość procesów zarządczych • racjonalne strategie polityczne i perspektywy rozwojowe miasta 	<p>Jakość życia – (<i>smart living</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • atrakcyjne obiekty i wydarzenia • dobre warunki zdrowotne • bezpieczeństwo mieszkańców oraz podmiotów gospodarczych • dobre warunki mieszkaniowe • dobry poziom oświaty • atrakcyjność turystyczna • spójność społeczna

Rysunek 2. Sześć podsystemów inteligentnych miast

Źródło: M. Muraszkiewicz, Ku nowej utopii, ku inteligentnym miastom [w:] Smart city. Informacja przestrzenna w zarządzaniu inteligentnym miastem, pod red. G. Gotlib, R. Olszewski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016, s. 23.

Pomimo pierwszego użycia terminu inteligentne miasto (smart city) w drugiej połowie lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, a więc ponad 35 lat temu, nie ma jednej ogólnie przyjętej definicji inteligentnego miasta³¹. Termin ten obejmuje wiele dziedzin i procesów związanych z gospodarką miast, rozwojem społecznym, jakością życia, przyjaznością dla mieszkańców, ochroną środowiska i poszanowaniem zasobów, ewolucją miast, transformacją, a wszystko to związane z wykorzystywaniem technologii informatycznych i telekomunikacyjnych. Zwraca uwagę również na możliwe różne rozumienie miasta, na ile koncepcja inteligentnych miast koncentruje się na działalności władz i podmiotów miejskich (tak w wielu przypadkach się przyjmuje), a na ile kluczowy jest obszar miasta, natomiast działalność władz i podmiotów miejskich jest jedynie jednymi z kilku czynników rozwoju inteligentnych miast. Ramy prawne określają, a tym samym ograniczają działalność władz miejskich (oraz kolejnych szczebli samorządu), do wykonywania zadań publicznych, wśród których nie ma wdrażania i upowszechniania technologii informatycznych³². Oznacza to zatem że technologie informatyczne w działalności administracji miejskiej i podmiotów miejskich to przede wszystkim narzędzia i rozwiązania wspierające, usprawniające i zwiększające efektywność realizacji zadań i spraw publicznych przypisanych miastom.

Zakres pojęcia inteligentne miasto ewoluuje, w momencie powstania koncepcji inteligentnych miast trudno było wówczas realnie mówić o zakresie i roz-

³¹ S. Hajduk, Analiza bibliometryczna koncepcji inteligentnego miasta w światowym piśmiennictwie naukowym, "Handel Wewnętrzny" 2017, nr 3(368), tom II, s. 301-312, <https://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-10d7db5d-27ba-4b79-8a26-6d3a007373eb>; S. Baraniewicz-Kotasińska, Smart city. Ujęcie nowych technologii w koncepcji inteligentnego miasta, "Nowoczesne Systemy Zarządzania" 2017, z. 12, nr 3, s. 29-40, <https://nsz.wat.edu.pl/SMART-CITY-UJECIE-NOWYCH-TECHNOLOGII-W-KONCEPCJI-INTELIAGENTNEGO-MIASTA,129410,0,2.html>; J. Zawieska, Smart cities – koncepcja i trendy rozwoju miast przyszłości [w:] Megatrendy i ich wpływ na rozwój sektorów infrastrukturalnych, pod red. J. Gajewski, W. Paprocki, J. Pieriegud, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową – Gdańska Akademia Bankowa, Gdańsk 2015, s. 26-55, https://www.researchgate.net/profile/Jana-Pieriegud/publication/329544373_Megatrendy_i_ich_wplyw_na_rozwoj_sektorow_infrastruktur_alnych/pdf#page=27; M. Muraszkiewicz, Ku nowej utopii, ku inteligentnym miastom [w:] Smart city. Informacja przestrzenna w zarządzaniu inteligentnym miastem, pod red. G. Gotlib, R. Olszewski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016, s. 14-28; A. Bukowski, Od miasta inteligentnego do miasta „smart” [w:] Sprawne państwo. Systemowe zmiany w funkcjonowaniu polskiego samorządu terytorialnego, pod red. M. Ćwiklickiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Małopolska Szkoła Administracji Publicznej, Kraków 2015, s. 167-176, http://pri.msap.pl/doki/publ/SWPZ_Systemowe_zmiany_2015.pdf; M. Kidyba, Ł. Makowski, Smart city, czyli miasto jako ekosystem innowacji, „Chorzowskie Studia Polityczne” 2017, nr 13, s. 13-30, <http://foodie-vm4.man.poznan.pl/Content/913/PDF/Smart%20city,%20czyli%20miasto%20jako%20ekosystem%20innowacji.pdf>; M. Daszkiewicz, Rola konsumentów w rozwoju inteligentnych miast, „Marketing i Rynek” 2015, nr 8, s. 109-116.

³² Ustawa z dnia 8 marca 1990 roku o samorządzie gminnym, t.j. Dz.U. z 2023 roku, poz. 40.

wiązaniach informatycznych istniejących obecnie, tak jak obecnie trudno mówić o tych, które będą za 20-30 lat. Miejscem innowacji, wdrażania systemów informatycznych widziano miasta jako obszar nasycony infrastrukturą i podmiotami o znacznych kapitałach. W miastach skupia się coraz większa część ludności państw, kontynentów lub świata (tabela 1), a ze względu na ich ograniczony obszar przestrzenny występuje wiele problemów, tak jak zapewnienie sprawnego przemieszczania oraz warunków środowiskowych. Tempo wzrostu liczby miast i ludności miejskiej, szczególnie tempo wzrostu miast dużych (intensywnie zwiększające się w ostatnich dziesięcioleciach), znacznie przewyższało i przewyższa tempo ogólnego wzrostu liczby ludności kuli ziemskiej w ogóle, znanego eksplozja demograficzna. O ile w latach 1800-1850 liczba ludności wzrosła o 30%, o tyle w latach 1950-2014 powiększyła się z 2,52 mld do 7,24 mld, a zatem prawie 3-krotnie, natomiast liczba ludności miejskiej w tym samym okresie (1950-2014) wzrosła ponad 5-krotnie, z 733 mln do 3,9 mld. Z tego wynika, że ludność ta jest „wchłaniana” przez miasta³³.

Tabela 1. Udział ludności wiejskiej i miejskiej w ogólnym zaludnieniu świata

Obszar	% w miastach 1990 r.	% w miastach 2014 r.	% w miastach 2050 r.	Liczba ludności ogółem w 2014 r. w tys. osób	Ludność miejska w 2014 r. w tys. osób	Ludność wiejska w 2014 r. w tys. osób
Świat	43	54	66	7 243 784	3 880 128	3 363 656
Afryka	31	40	56	1 138 230	455 345	682 885
Azja	32	48	64	4 342 255	2 064 211	2 278 044
Europa	70	73	82	742 813	545 382	197 431
Ameryka Łac. i Karaiby	71	80	86	623 422	495 857	127 565
Ameryka Północna	75	81	87	358 236	291 860	66 376
Australia i Oceania	71	71	74	39 317	27 473	11 356

Źródło: D. Szymańska, M. Korolko, *Inteligentne miasta – idea, koncepcje i wdrożenia*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2015, s. 12.

Należy nadmienić, że liczba miast „milionowych i większych” wzrosła w latach 1950-2014 prawie 6-krotnie: z 83 w 1950 roku do 488 w 2014 roku (tabela 2). Również prawie 8-krotnie (1950-2014) wzrosła liczba miast/aglomeracji ≥ 5 mln osób: w 1950 roku było ich 9, a w 2014 roku – 71³⁴.

³³ D. Szymańska, M. Korolko, *Inteligentne miasta – idea, koncepcje i wdrożenia*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2015.

³⁴ Ibid.

Nowoczesne miasto powinno być atrakcyjne dla mieszkańców, ale także dla instytucji i podmiotów w nim zlokalizowanych, przy jednocześnie akceptowalnych kosztach jego funkcjonowania. Wzrost atrakcyjności i konkurencyjności miast można uzyskać w wyniku upowszechniania rozwiązań informatycznych i telematycznych, jednak nie może zamykać się to jedynie w samych technologiach oraz podmiotach sektora publicznego. Administracja publiczna może tworzyć warunki rozwoju rozwiązań informatycznych, a także wdrażać je w jednostkach publicznych, jednak to mieszkańcy i podmioty zlokalizowane oraz prowadzące działalność w mieście, w istotnym stopniu decydują o technologiach i rozwiązaniach informatycznych wykorzystywanych w życiu codziennym. Stąd duże znaczenie ma społeczność miasta, inteligentnego miasta nie uzyskuje się bowiem wyłącznie za pomocą rozwiniętej infrastruktury informatycznej i automatyzacji wybranych czynności lub procesów. Jest to bardziej złożony proces z pętlami sprzężeń zwrotnych, w których infrastruktura czy aplikacje informatyczne tworzą nowe możliwości, a także ułatwiają oraz usprawniają wiele czynności i procesów podmiotom lub osobom fizycznym, co w rezultacie prowadzi do wykonalności finansowej tych przedsięwzięć, a w rezultacie – do dalszego ich rozwoju. Uczestniczą w tym mieszkańcy jako konsumenci, wiele podmiotów i instytucji, w tym również miejskich, ale nie do przecenienia jest tu rola dużych, prowadzących działalność na wielu rynkach na świecie podmiotów sektora informatyki i telekomunikacji, dostawców Internetu i usług telekomunikacyjnych, sprzętu, oprogramowania oraz usług informatycznych.

Tabela 2. Liczba miast i aglomeracji ≥ 1 mln osób na świecie

Rok	Liczba miast ≥ 1 mln osób	W tym ≥ 10 mln osób
1900	10	nie było
1950	83	2
1975	195	5
1980	238	8
1990	270	10
2014	488	28
2030	662*	41*

* Dane według prognozy ONZ zawartej w World Urbanization Prospects 2014; Demographic Yearbook 2014.

Źródło: Ibid., s. 14.

Wyróżnić można kilka faz rozwoju inteligentnych miast, określane jako Smart City 1.0, Smart City 2.0 i Smart City 3.0 oraz obecnie Smart City 4.0³⁵. Smart City 1.0 odnosi się do inteligentnych miast w najwcześniejszej fazie tworzenia. Wykorzystanie nowoczesnych technologii jest inicjowane przez firmy sektora informatycznego. Wdrażają różne rozwiązania niezależnie od tego, czy są one potrzebne miastom, czy też nie. Smart City 2.0 to faza rozwoju inteligentnych miast z dominującą rolą administracji. Inicjatorem wykorzystania nowoczesnych technologii są władze lokalne, a wprowadzanie nowych rozwiązań ma na celu poprawę jakości życia mieszkańców. Od 2015 roku obserwuje się nowe podejście do tworzenia inteligentnych miast – model Smart City 3.0. Wiele współczesnych miast zachęca swoich mieszkańców do aktywnego działania na rzecz kreowania dalszego rozwoju. Dotyczy to zarówno zachęcania obywateli do korzystania z nowoczesnych technologii, np. poprzez podejście swoich obywateli do kreowania dalszego rozwoju. Rolą samorządów są projekty edukacyjne dla osób wykluczonych cyfrowo, jak i umożliwienie im tworzenia własnych, ukierunkowanych na tworzenie przestrzeni i możliwości wykorzystania różnorodnego potencjału obywateli. Obecnie można mówić o etapie Smart City 4.0, w którym powszechnie korzysta się z możliwości, jakie daje zrównoważony rozwój miasta³⁶.

1.3.3. Inteligentne miasta, regiony, państwa oraz społeczeństwa

Korzystanie z technologii informatycznych nie zamyka i nie powinno zamykać się w miastach. Oczywiście potencjał miast związany z liczbą ludności, podmiotami, instytucjami finansowymi, ośrodkami badawczymi i edukacyjnymi, uczelniami powoduje, że większość nowych technologii, nowoczesnych i innowacyjnych rozwiązań jest wdrażanych w pierwszej kolejności w miastach. Przykładem może być wykorzystanie światłowodów i szerokopasmowy Internet oraz technologia 5G w łączności bezprzewodowej, co wynika z większej liczby potencjalnych odbiorców i możliwości uzyskania szybszego zwrotu poniesionych nakładów przez dostawcę tych rozwiązań lub usług. Jednak obecnie mieszkańcy obszarów podmiejskich lub obszarów bardziej oddalonych od miast, nie są tych rozwiązań pozbawieni. Jest to wynikiem polityk, w których dąży się do wyrów-

³⁵ Z.J. Makiela, M.M. Stuss, K. Mucha-Kuś, G. Kinelski, M. Budziński, J. Michałek, Smart City 4.0: Sustainable Urban Development in the Metropolis GZM, "Sustainability" 2022, Vol. 14, Issue 6, 3516, <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3516>

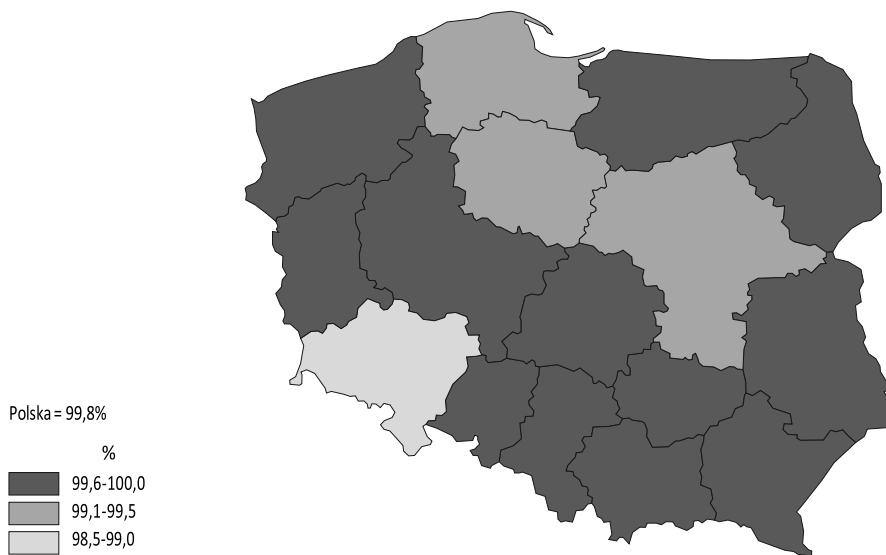
³⁶ Ibid.

nania szans i możliwości różnych regionów kraju, a także strategii podmiotów sektora informatyki i telekomunikacji, które dążą do powiększania obszarów w których dostępne są usługi, a tym samym zwiększania przychodów ze sprzedaży. Tutaj przykładem może być dostęp do szerokopasmowego Internetu, który obecnie jest kluczowy w wielu rozwiązaniach informatycznych. W Polsce w 2019 roku udział jednostek administracji publicznej wykorzystujących technologię szerokopasmowego dostępu do Internetu poprzez stałe łącze wyniósł 99,8%³⁷. W 2020 roku odsetek podmiotów mających szerokopasmowy dostęp do Internetu przekraczał 98%, przy czym posiadały go prawie wszystkie duże podmioty (o liczbie pracujących 250 osób i więcej). Najwyższy wskaźnik dostępu do Internetu odnotowano w województwie warmińsko-mazurskim i podlaskim (odpowiednio 99,3% i 99,1%). W 2020 roku 98,6% przedsiębiorstw posiadało dostęp do Internetu, a 78,3% – wyposażało pracowników w urządzenia przenośne umożliwiające mobilny dostęp do Internetu. Wartość tego wskaźnika była istotnie zróżnicowana terytorialnie, a także ze względu na rodzaj działalności przedsiębiorstwa³⁸. W 2020 roku dostęp do Internetu w domu posiadało 90,4% gospodarstw domowych. Odsetek ten był wyższy o 3,7 p. proc. niż w poprzednim roku. Poziom tego wskaźnika był zróżnicowany w zależności od typu gospodarstwa, stopnia urbanizacji, miejsca zamieszkania oraz regionu, odsetek ten był również nieco wyższy w miastach dużych niż średnich i na wsi, a także na obszarze Polski centralnej w porównaniu z pozostałymi regionami. W 2020 roku blisko 90% gospodarstw domowych w Polsce miało w domu dostęp do Internetu szerokopasmowego. Odsetek tych gospodarstw był wyższy o 6,3 p. proc. niż przed rokiem³⁹. Rysunek 3 przedstawia liczbę jednostek administracji publicznej z szerokopasmowym dostępem do Internetu poprzez stałe łącze, w ogólnej liczbie jednostek administracji publicznej w danym województwie.

³⁷ Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2020 roku, pod kier. M. Wegner, Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Szczecinie, Warszawa-Szczecin 2020, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-w-2020-roku,1,14.html> (dostęp: 20.07.2021).

³⁸ Ibid.

³⁹ Ibid.

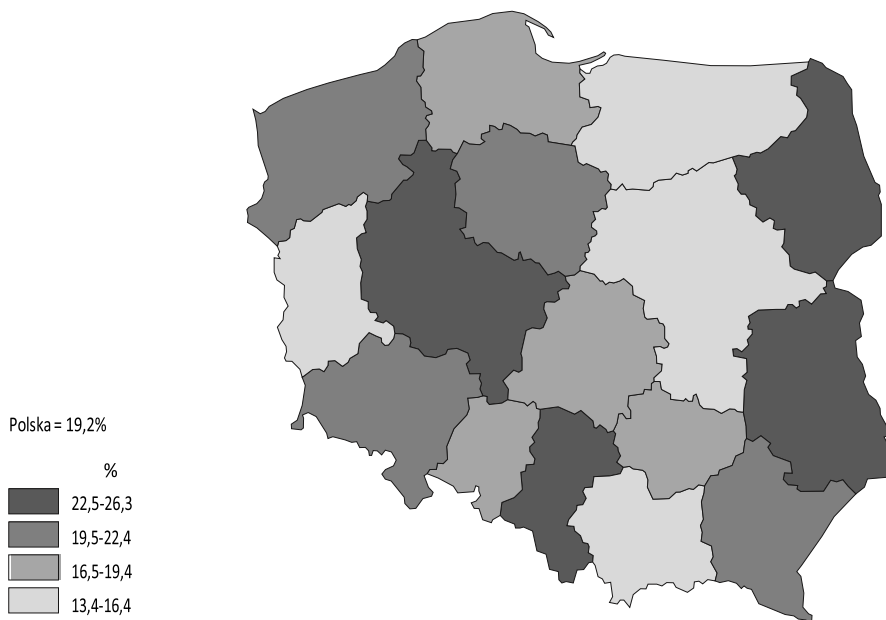


Rysunek 3. Jednostki administracji publicznej z szerokopasmowym dostępem do Internetu poprzez stałe łącze

Źródło: Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2020 roku, pod kier. M. Wegner, Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Szczecinie, Warszawa–Szczecin 2020, s. 45, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-w-2020-roku,1,14.html> (dostęp: 20.07.2021).

Istotnym elementem składającym się na rozwiązania inteligentnych miast jest udostępnianie danych publicznych. Otwarte dane publiczne (Open Data) to dane instytucji i urzędów, z których każdy może korzystać. Na bazie otwartych danych publicznych na świecie powstaje coraz więcej nowoczesnych produktów i usług. Są one źródłem realnych oszczędności środków finansowych i czasu. Odbiorcy mogą korzystać z zasobów danych publicznych realizując własne cele, rozwijając działalność gospodarczą, społeczną oraz prowadząc badania. W 2019 roku w porównaniu z 2018 roku udział jednostek administracji publicznej posiadających politykę lub strategię otwartych danych publicznych wzrósł o 3,6 p. proc. Analiza wyników wskazuje na duże zróżnicowanie odsetka jednostek udostępniających otwarte dane publiczne między województwami oraz między jednostkami administracji rządowej i samorządowej. W ujęciu terytorialnym w 2019 roku najwyższą wartość tego wskaźnika odnotowano w województwie lubuskim (25,3%), a najmniejszą – w województwie śląskim (13,4%)⁴⁰. Rysunek 4 prezentuje udział procentowy jednostek administracji publicznej posiadających politykę lub strategię udostępniania danych otwartych danych publicznych w 2019 roku.

⁴⁰ Ibid.



Rysunek 4. Udział procentowy jednostek administracji publicznej posiadających politykę lub strategię udostępniania otwartych danych publicznych w 2019 roku

Źródło: Ibid., s. 55.

Nie tylko same powiązania w ramach systemu transportu lub gospodarki miejskiej powodują, że systemy informatyczne, rozwiązania i technologie mają szerszy zakres i nie zamykają się w obszarze transportu. Są one częścią programów rozwoju infrastruktury informatycznej i procesów cyfryzacji, mających nie tylko miejski, ale w wielu przypadkach także wymiar – krajowy i światowy. Szerokopasmowy Internet, łączność bezprzewodowa, upowszechnienie się urządzeń mobilnych, ich dostępność oraz rosnąca funkcjonalność oprogramowania, które obejmuje i wspomaga wiele sfer życia, tworzą nowe możliwości nie tylko w zakresie komunikacji i dostępu do informacji, ale także uczestnictwa w życiu społecznym, rozwoju zainteresowań, edukacji, pracy, nabywania usług lub produktów. Korzystanie z rozwiązań informatycznych to dla konsumentów globalne rynki, możliwość porównywania ofert oraz zakupów produktów najatrakcyjniejszych według sformułowanych kryteriów. Obecne rozwiązania informatyczne to możliwość dla samych zainteresowanych, jak i różnych podmiotów, pozyskiwania i gromadzenia wielu informacji, tych z czujników i kamer umieszczonych w prywatnych domach i pojazdach, a także zakładach pracy i przestrzeniach publicznych, dane z płatności realizowanych poprzez Internet, kartami płatniczymi lub aplikacjami zainstalowanymi na urządzeniach mobilnych oraz aplika-

cji udostępnianych przez sieci handlowe i wiele innych podmiotów. Rozwiązania informatyczne wykorzystywane w transporcie zbiorowym, ale również w innych sektorach tworzą w znacznym zakresie ludzie, wydrukujący środki finansowe na szerokopasmowy Internet w miejscu zamieszkania, tworzący w lokalach mieszkalnych i domach lokalne sieci komputerowe, nabywający urządzenia oraz oprogramowanie, a w szczególności urządzenia mobilne z dostępem do Internetu. Społeczeństwo, instalując i korzystając z oferowanych systemów i aplikacji, poznaje ich funkcjonalności, podnosi poziom i doskonali swoje umiejętności, tym samym współuczestnicząc w ogólnej informatyzacji życia.

W Polsce udział gospodarstw domowych posiadających w domu łącze internetowe systematycznie rośnie. W 2020 roku dostęp do Internetu w domu miało 90,4% gospodarstw domowych (tabela 3). Poziom tego wskaźnika był zróżnicowany w zależności od typu gospodarstwa, klasy i stopnia urbanizacji miejsca zamieszkania oraz obszaru Polski. Dostęp do Internetu w domu częściej posiadały gospodarstwa domowe na obszarach o wysokim stopniu zurbanizowania oraz w dużych miastach niż na pozostałych obszarach. W porównaniu z 2016 roku największy wzrost tego wskaźnika odnotowano na obszarach wiejskich (o 11,5 p. proc.) oraz na terenach o średnim stopniu zurbanizowania (o 10,8 p. proc.). Biorąc pod uwagę stopień urbanizacji poszczególnych obszarów Polski, różnice w poziomie dostępu gospodarstw domowych do Internetu w domu stają się mniej widoczne. W 2020 roku najwyższy udział gospodarstw posiadających w domu dostęp do Internetu obserwowano na terenach o wysokim stopniu zurbanizowania na terenach Polski zachodniej (93,4%). Najmniejszy udział takich gospodarstw wystąpił na obszarach o niskim stopniu zurbanizowania we wschodniej części kraju (87,3%)⁴¹.

Tabela 3. Gospodarstwa domowe posiadające dostęp do Internetu w domu

Wyszczególnienie Specification	2016	2017	2018	2019	2020
	w % ogółu gospodarstw danej grupy in % of total households in a group				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Ogółem Total	80,4	81,9	84,2	86,7	90,4
Typ gospodarstwa domowego Household type					
Gospodarstwa z dziećmi Households with children	97,7	98,8	99,2	99,3	99,5
Gospodarstwa bez dzieci Households without children	71,9	73,3	77,0	80,4	85,9
Miejsce zamieszkania Domicile					
Duże miasta Large cities	82,9	85,6	87,8	90,0	92,1
Mniejsze miasta Small cities	80,6	81,4	82,7	85,6	89,7
Obszary wiejskie Rural areas	77,8	78,6	82,0	84,6	89,3

⁴¹ Ibid.

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5	6
Stopień urbanizacji Degree of urbanization					
Niski Thinly populated	79,0	79,0	81,6	83,5	88,9
Średni Intermediate density	79,6	81,5	82,7	86,3	90,4
Wysoki Densely populated	82,2	84,8	87,2	89,5	91,6
Obszary Areas					
Polska wschodnia Eastern Poland	78,0	80,0	81,3	85,1	88,9
Polska centralna Central Poland	81,2	82,9	85,3	87,1	90,8
Polska zachodnia Western Poland	81,0	81,3	84,1	87,4	90,6

Źródło: Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2020 roku, pod kier. M. Wegner, Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Szczecinie, Warszawa, Szczecin 2020, s. 133, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-w-2020-roku,1,14.html> (dostęp: 20.07.2021).

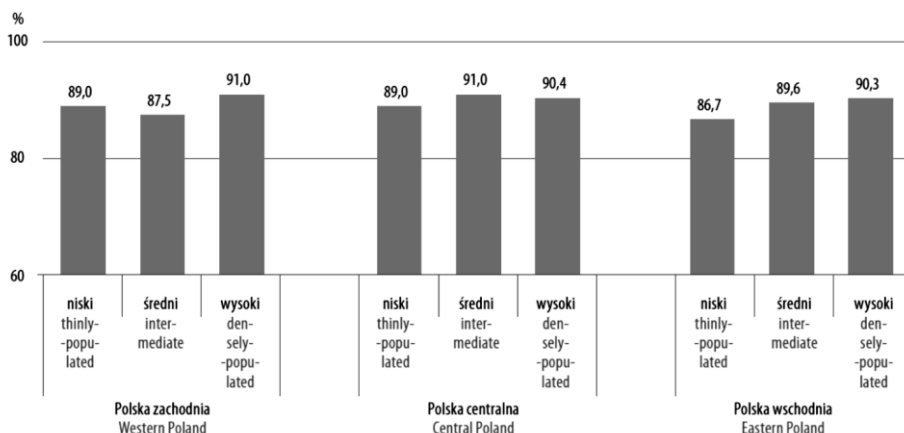
W 2020 roku w Polsce 89,6% ogółu gospodarstw domowych miało w domu szerokopasmowy dostęp do Internetu, co oznacza wzrost tego wskaźnika w skali roku o 6,3 p. proc., a w porównaniu z 2016 roku – o 13,9 p. proc. (tabela 4). Spośród ogółu gospodarstw domowych posiadających dostęp do Internetu – 99,1% korzystało z łączy szerokopasmowych.

Tabela 4. Gospodarstwa domowe posiadające szerokopasmowy dostęp do Internetu w domu

Wyszczególnienie Specification	2016	2017	2018	2019	2020
	w % ogółu gospodarstw danej grupy in % of total households in a group				
Ogółem Total	75,7	77,6	79,3	83,3	89,6
Typ gospodarstwa domowego Household type					
Gospodarstwa z dziećmi Households with children	92,8	94,9	95,0	95,9	99,1
Gospodarstwa bez dzieci Households without children	67,2	68,8	71,8	77,0	84,9
Miejsce zamieszkania Domicile					
Duże miasta Large cities	79,1	81,5	83,4	87,1	91,0
Mniejsze miasta Small cities	76,6	77,2	78,2	81,9	89,1
Obszary wiejskie Rural areas	71,3	74,1	76,2	80,7	88,7
Stopień urbanizacji Degree of urbanization					
Niski Thinly populated	73,3	74,5	75,7	79,0	88,3
Średni Intermediate density	74,3	76,9	78,0	83,3	89,7
Wysoki Densely populated	78,7	81,0	83,0	86,5	90,5
Obszary Areas					
Polska wschodnia Eastern Poland	74,8	76,7	77,3	82,9	88,4
Polska centralna Central Poland	75,9	77,9	80,4	83,4	90,1
Polska zachodnia Western Poland	76,0	77,9	78,8	83,4	89,2

Źródło: Ibid., s. 136.

W 2020 roku na wszystkich obszarach Polski o wysokim stopniu zurbanizowania odsetek gospodarstw domowych posiadających szerokopasmowe łącza internetowe w domu przekraczał 90% (najwyższy odnotowano w Polsce zachodniej – 91,0%). Najmniejszy udział gospodarstw domowych wyposażonych w szerokopasmowy dostęp do Internetu zaobserwowano na terenach o niskim stopniu urbanizacji w Polsce wschodniej – 86,7%⁴². Prezentuje to rysunek 5.



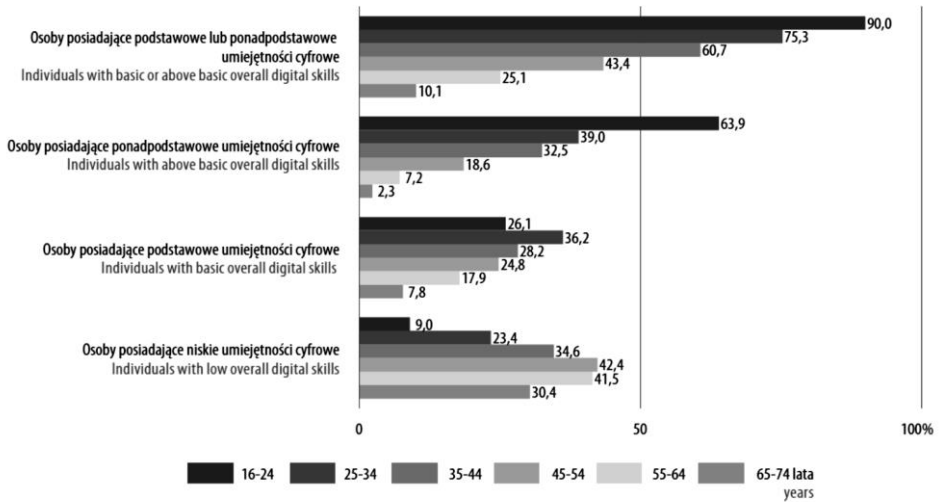
Rysunek 5. Gospodarstwa domowe z szerokopasmowym dostępem do Internetu według stopnia urbanizacji i obszarów Polski w 2020 roku

Źródło: Ibid., s. 133.

Poziom posiadanych ogólnych umiejętności cyfrowych jest mocno zróżnicowany w podziale na grupy wieku ludności (rysunek 6). Najwyższy odsetek osób z podstawowymi lub ponadpodstawowymi umiejętnościami cyfrowymi odnotowano wśród osób z najmłodszych grup wieku. Ponad 60% osób w wieku 16-24 korzystających z Internetu deklarowało ponadpodstawowy poziom takich umiejętności⁴³.

⁴² Ibid.

⁴³ Ibid.



Rysunek 6. Osoby posiadające ogólne umiejętności cyfrowe według ich poziomu i grup wieku w 2020 roku

Źródło: Ibid., s. 157.

Prezentowane dane dotyczące dostępności do Internetu, a tym samym wielu aplikacji i rozwiązań informatycznych, a także danych publicznych wskazują, że miejsce zamieszkania lub lokalizacji podmiotu nie ma kluczowego znaczenia. Technologie i rozwiązania informatyczne są dostępne poza miastami, w dużym stopniu uniezależniają od konieczności mieszkania w miastach i tym samym w bliskiej odległości od miejsca pracy lub wielu usług. W rezultacie można przyjąć, że technologie informatyczne, obok powszechnej motoryzacji indywidualnej, są czynnikiem procesów suburbanizacyjnych, a zatem lokalizacji zabudowy mieszkaniowej oraz różnego typu działalności gospodarczej i usług poza ścisłymi centrami miast lub ich granicami administracyjnymi. Oczywiście poza zasięgiem pozostają miejsca i tereny, których charakter zagospodarowania przestrzennego nie wskazuje na większe zapotrzebowanie na tego typu usługi. Jednak dostępne technologie pozwalają w praktyce uniezależnić się także od tradycyjnych już dostawców Internetu przewodowego lub bezprzewodowego, np. Starlink, umożliwiają uzyskanie połączenia z dowolnego miejsca w Internecie w krajach objętych tą usługą, bardziej na przeszkodzie mogą być ograniczenia regulacyjne, niż techniczne możliwości korzystania z tej usługi.

Miasta to usługi miejskie, instytucje i podmioty komunalne, budynki i przestrzenie publiczne. Jednak jest to tylko część środowiska miejskiego, to materialne tworzą również obiekty handlowe i usługowe, podmioty gospodarcze oraz obiekty mieszkalne – jest to w znacznej części własność prywatna, w której roz-

wiązania i innowacje wdrażane są przez zarządzających lub właścicieli. Obecnie, wraz z upowszechnianiem się rozwiązań z zakresu Internetu rzeczy, automatyzacji wielu procesów, tworzenia i wykorzystywania wielkich zbiorów danych, przesyłu danych w czasie rzeczywistym, zaawansowanych systemów informatycznych, łańcuchów dostaw oraz różnych systemów integracji procesów współpracujących podmiotów, systemów symulacji i prognozowania, można mówić w przypadku podmiotów o przemyśle 4.0. Wdrożenia te zorientowane są na wzrost wydajności, jakości produktów i usług, wyeliminowania pracy ciężkiej pracy fizycznej i zastąpienia jej przez różnego typu automaty i roboty, zwiększenie bezpieczeństwa oraz ochrony środowiska. Wdrażanie rozwiązań informatycznych w podmiotach produkcyjnych i usługowych jest jednym z czynników rozwoju społeczeństwa 4.0 lub jak się przewiduje w kolejnych latach – 5.0. Społeczeństwo, w którym rozwój technologii i rozwiązań informatycznych ograniczy problemy ubóstwa, bezrobocia, zanieczyszczenia środowiska naturalnego, w którym kluczowa będzie nauka, wiedza, nowe technologie i innowacje, a wiele spraw rozwiązywanych będzie wykorzystując systemy informatyczne. Społeczeństwo skupiające się wokół rozwoju społecznego, ale jednocześnie posiadające wysokie kompetencje w korzystaniu z rozwiązań informatycznych.

Już obecnie można wymienić wiele różnych systemów wspomagających i umożliwiających korzystanie z różnych usług czy też innego typu działalności, dostarczane nie tylko przez miasta, ale również podmioty publiczne skupione w ramach administracji rządowej, instytucje i podmioty prywatne. Wykorzystując witryny internetowe i/lub odpowiednie aplikacje, można korzystać z wielu różnych usług lub nabywać dobra, są to m.in.:

- usługi świadczone przez banki, ubezpieczalnie oraz instytucje finansowe – sektor prywatny lub Skarb Państwa; rozwiązania mają wymiar krajowy lub międzynarodowy;
- odczyty wielkości zużycia oraz płatności za dostawy wody, gazu lub energii elektrycznej – podmioty komunalne lub spółki Skarbu Państwa;
- podatki, różnego typu zgody, e-obywatel, geoportale, księgi wieczyste, informacje – administracja rządowa lub samorządowa;
- e-pacjent, usługi lecznicze, rejestracja, recepty – administracja rządowa, podmioty publiczne lub prywatne o różnej formie prawnej oraz własności;
- praca zdalne, wspomaganie – pracodawcy różnych sektorów, publiczni i prywatni;
- edukacja – szkoły, uczelnie – różne podmioty w większości publiczne, ale również prywatne świadczące usługi edukacyjne;
- planowanie podróży miejskich, płatności za usługi transportu zbiorowego lub za parkowanie – miasta lub miejskie podmioty komunalne, ale również podmioty prywatne;

- transport kolejowy, transport lotniczy, oferta połączeń, rezerwacje, zakup biletów, rozwiązania dostarczane przez przewoźników różnych form własności;
- e-commerce, sklepy internetowe, portale aukcyjne, programy lojalnościowe realizowane z wykorzystaniem aplikacji instalowanych na urządzeniach mobilnych – przede wszystkim sektor prywatny;
- media społecznościowe, komunikatory, grupy dyskusyjne, spotkania zdalne – rozwiązania o zasięgu światowym, sektora prywatnego;
- pakiety biurowe – dostawca sektor prywatny;
- muzyka, filmy – dostawca sektor prywatny;
- portale informacyjne, prasa – sektor publiczny i prywatny.

Uzupełniają to rozwiązania wdrażane przez samych zainteresowanych, dotyczą np. inteligentnych mieszkań, budynków lub innych obiektów, a zatem zbierania i przetwarzania danych dotyczących funkcjonowania miejsca zamieszkania, monitoringu, zużycia energii, wody czy też stanów innych wskazanych urządzeń. Innym obszarem jest korzystanie z urządzeń mobilnych z włączonymi funkcjami lokalizacyjnymi. Pozwala to zbierać dane o podróżach z metkami lokalizacji czasu. Oczywiście systemy pomiarowe oraz zbieranie i przetwarzanie danych to przede wszystkim obszar wdrażany przez podmioty, pomiar i monitoring ruchu pojazdów oraz pieszych, zajętości parkingów, stanu środowiska, składników pogody (temperatura, wiatr, wilgotność i innych czynników atmosferycznych) oraz wielu innych wielkości pozwala na monitorowanie jakości świadczonych usług, poprawę bezpieczeństwa oraz wdrażanie rozwiązań w zakresie nowoczesnych systemów taryfowych i zarządzania ruchem. Wszystko to w celu poprawy lub zwiększenia wykorzystania posiadanych zasobów, wzrostu jakości i wydajności. Rozwiązania informatyczne to także zbiory danych do planowania oraz zarządzania, i to zarówno w podmiotach gospodarczych, jak też w jednostkach miejskich oraz całym miastem.

Na tej podstawie widoczne jest, że systemy i technologie informatyczne wykorzystywane przez podmioty oraz korzystających z usług transportu zbiorowego są jedynie niewielką częścią całego procesu nabywania umiejętności i korzystania z rozwiązań cyfrowych przez społeczeństwo. Rozwiązania są wdrażane i oferowane przez podmioty działające w różnych sektorach, zarówno publiczne, jak i prywatne, instytucje i stowarzyszenia, szkoły uczelnie, wdrażając systemy informatyczne, umożliwiające i ułatwiające nabywanie dóbr, korzystanie z usług oraz wiele różnych czynności. Istotne miejsce mają tu także duże podmioty sektora informatyki i telekomunikacji, tworzące i rozwijające innowacyjne rozwiązania, finansowane w różnych modelach i z różnych źródeł, nie tylko z opłat wnoszonych z tytułu korzystania z oprogramowania lub innych usług, ale również poprzez podmioty zainteresowane takimi wdrożeniami lub reklamodawców.

Wszystko to tworzy inteligentne miasta, ale równoległe inteligentne rozwiązania w sferze przemysłu oraz inteligentne społeczeństwa i inteligentne państwa. Zwraca się uwagę na udział, partycypację w życiu społecznym. Nie powinno odnosić się to i ograniczać tylko do życia społecznego i uczestnictwa w nim w miastach, ale także do kolejnych szczebli, jak w regionie czy państwie. Wiele rozwiązań wdrażanych i spotykanych w miastach to efekt działalności nie tylko administracji miejskiej, ale w szerszym zakresie – państwa, Unii Europejskiej czy też podmiotów o zasięgu światowym.

1.4. Rozwiązania informatyczne jako czynnik zmian zasad wynagradzania operatorów świadczących usługi przewozowe

Istnieje kilka podstawowych rodzajów umów na świadczenie usług w miejskim transporcie zbiorowym⁴⁴, jednak przyjmując jako kryterium klasyfikacji sposób publicznego finansowania i umiejscowienia ryzyka związanego z wielkością popytu na usługi i wielkością dochodów ze sprzedaży usług, pomiędzy władzą publiczną i organizatorami oraz podmiotami wykonującymi przewozy, wymienić można dwa najczęściej spotykane rodzaje umów, tzw. umowy kosztów brutto oraz umowy kosztów netto⁴⁵. Oczywiście w wielu przypadkach oprócz umów samofinansowanie miejskiego transportu zbiorowego może być i jest bardziej złożone⁴⁶, a środki mogą pochodzić również z innych – niż dochody ze sprzedaży i dotacje związane ze świadczeniem usług – źródeł i być przeznaczane nie tylko na eksploatację, ale również na inwestycje, jednak koncentrując się na wielkości popytu oraz motywacji do wzrostu wielkości przewozów, kluczowe staje się zagadnienie przyporządkowania ryzyka popytu.

Jednym z mechanizmów mogących poprawić efektywność funkcjonowania miejskiego transportu zbiorowego są postanowienia w umowach, w szczególności określające sposób wynagradzania operatorów z tytułu świadczenia usług. Umowy zawierane przez władzę publiczną odpowiedzialną za zapewnienie miejskie-

⁴⁴ The Online BRT Planning Guide, 13.2BRT Operating Contract Types, Institute for Transportation & Development Policy, <https://brtguide.itdp.org/branch/master/guide/business-structure/brt-operating-contract-types> (dostęp: 27.01.2023).

⁴⁵ M. Poliak, Š. Semanova, A. Poliakova, Risk Allocation in Transport Public Service Contracts, "Ekonomski Pregled" 2015, Vol. 66, Issue 4, s. 384-403, <https://hrcak.srce.hr/file/217461>

⁴⁶ Komentarz do: M. Randelhoff, Die Finanzierung des öffentlichen Verkehrs in Deutschland: Struktur, Probleme und Alternativen "Zukunft Mobilität" 2013 (2018), <https://www.zukunft-mobilitaet.net/28179/analyse/finanzierung-des-oepevn-in-deutschland/#comments> (dostęp: 27.01.2023).

go transportu zbiorowego z podmiotami świadczącymi usługi można usystematyzować, w zależności od stopnia ingerencji władzy publicznej, od świadczenia usług na zasadach rynkowych do systemów silnie regulowanych. W dużych miastach w państwach Unii Europejskiej powszechne jest zarządzania systemami transportu zbiorowego przez organizatorów oraz model umowy z operatorami w tzw. formule kosztów brutto. Pomimo wielu zalet takiego rozwiązania – jego wadą jest to, że wynagradzanie operatorów nie jest zależne bezpośrednio od wielkości przewozów pasażerskich, co osłabia efektywność systemu. Operator wykonuje pracę eksploatacyjną zgodnie z rozkładami jazdy przygotowanymi przez organizatora, wykonana praca eksploatacyjna jest też podstawowym parametrem w zależności od którego nalicza się wynagrodzenie. W rezultacie operator oczekuje rozkładów jazdy wygodnych z punktu widzenia samej organizacji przewozów i minimalizacji ich kosztów, a nie takich, które przede wszystkim ukierunkowane są na maksymalizację wielkości przewozów. Problem ten nie dotyczy umów w tzw. formule kosztów netto, gdyż w tych przewoźnik bezpośrednio uzyskuje dochody ze sprzedaży biletów, a finansowanie publiczne ma formę dotacji. Jednak umowy te m.in. ze względu na trudności w integracji biletowej w większości stosowane są w miastach, w których występuje jeden lub niewielka liczba przewoźników, a zatem w miastach małych lub średniej wielkości.

Brak zainteresowania operatorów wykonujących przewozy działaniami mającymi na celu zwiększanie uzyskiwanych dochodów w rozwiązaniach z umowami kosztów brutto jest wynikiem przyjętych formuł wynagradzania – od wielkości wykonanej pracy eksploatacyjnej lub liczby wozogodzin pracy taboru, co przy danym poziomie średniej prędkości eksploatacyjnej nie czyni większej różnicy. Ten model zapłaty ukształtował się dziesiątki lat temu, gdy nie było narzędzi i rozwiązań pozwalających na automatyzację monitorowania pracy pojazdu oraz wielkości przewozów. Brak uzależnienia, choć jedynie w przyjętym pewnym stopniu wielkości wynagrodzenia operatorów, od wielkości przewozów i wynikających z tego dochodów ze sprzedaży usług, nie jest dobrym rozwiązaniem, mając na względzie, że dochody ze sprzedaży usług są jednym z istotnych źródeł finansowania transportu, a poza tym odzwierciedlają również dostosowanie usług do oczekiwań korzystających. Tę sytuację można zmienić modyfikując zasadę wynagradzania operatora z tytułu świadczenia usług przewozowych – w rezultacie będzie można mówić o umowach kosztów brutto z systemami motywacji lub tzw. umowach hybrydowych⁴⁷. Zmiana polega na współ-

⁴⁷ D. van de Velde, A. Beck, J.-C. van Elburg, K.-H. Terschüren, Contracting in Urban Public Transport, European Commission – DG TREN, January 2008, <https://civcity.de/en/publications/contracting-in-urban-public-transport/>; J. Walters, Potential Cost Implications of Contracting Risks – the View of Bus Operators in South Africa, “Research in Transportation Economics” 2018, Vol. 69(C), s. 235-244, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0739885917302044?via%3Dihub>;

dzieleniu ryzyka uzyskania odpowiednich dochodów ze sprzedaży biletów przez organizatora i wykonującego przewozy. Przyjmuje się wówczas, że podmiot prowadzący obsługę danej linii posiada wiedzę o bieżącym wykorzystaniu linii, co pozwala mu proponować organizatorowi zmiany rozkładów jazdy, tak aby lepiej dopasować je do potrzeb pasażerów i tym samym zwiększyć popyt na usługi. Od podmiotu wykonującego przewóz, a w szczególności kierowcy w istotnym stopniu również zależy część parametrów związanych jakością świadczonych usług, np. czystość wnętrza pojazdu, punktualność, sposób prowadzenia pojazdu oraz ewentualne udzielanie informacji m.in. o trasie przejazdu. Ważne jest również zaangażowanie kierowcy – jeśli jest to przewidziane – w sprzedaży i kontrole biletowe, jak również sama współpraca kierowców ze służbami kontrolerskimi. Ma to wpływ zarówno na postrzeganie usług transportu zbiorowego, jak i wielkość uzyskiwanych dochodów ze sprzedaży biletów.

Koncepcja umów z systemami motywacji lub inaczej hybrydowych nie jest nowa – umożliwiają one uzyskanie korzyści nie tylko w zakresie efektywności usług, ale również w wymiarze społecznym⁴⁸. Wskazuje się przy tym na różną efektywność takich umów, uzależnioną m.in. od wysokości elementów motywacyjnych, jak i kondycji ekonomicznej samego operatora⁴⁹. Umowy takie stosowane są również w regionalnym transporcie zbiorowym, a podstawowym celem ich wprowadzenia było do oczekiwane wzrostu wielkości przewozów⁵⁰. Wady i zalety takiej umowy przedstawia tabela 5.

Tabela 5. Podstawowe zalety i wady tzw. umów hybrydowych, tj. z elementami motywacji

Rodzaj umowy zawartej pomiędzy organizatorem i operatorem	Podstawowe zalety i wady umów kosztów brutto, hybrydowych oraz kosztów netto
1	2
Umowa hybrydowa, tj. umowa z elementami motywacji	<p>Zalety:</p> <ul style="list-style-type: none"> – wprowadzenie rozwiązania, w którym operator może uzyskać dodatkowe wynagrodzenie w przypadku propozycji oraz współuczestniczenia w rozwiązaniach skutkujących wzrostem popytu na usługi, a zatem wzrostem efektywności systemu transportu zbiorowego; – powiązanie wynagrodzenia operatora z wielkością przewozów i uzyskiwanymi dochodami ze sprzedaży usług, co będzie prowadziło do podejmowania działań na rzecz wzrostu wielkości przewozów

⁴⁸ D.A. Hensher, J. Stanley, Performance-Based Quality Contracts in Bus Service Provision, Working Paper, ITS-WP-02-11, The University of Sydney, June 2002, <https://core.ac.uk/download/pdf/212694904.pdf> (dostęp: 27.04.2022).

⁴⁹ Ph. Gagnepain, M. Ivaldi, Contract Efficiency in Public Transport Services, 2019, [https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/gagnepain-philippe/ch0000_un-102_gagnepain-18-oct-2019\(1\).pdf](https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/gagnepain-philippe/ch0000_un-102_gagnepain-18-oct-2019(1).pdf) (dostęp: 27.04.2022).

⁵⁰ G. Alexandersson, S. Hultén, J.J. Jardón, Hybrid Markets in Public Transport – Contract Design, “Performance and Conflicts, Research in Transportation Economics” 2020, Vol. 83, 100897, <https://hdl.handle.net/2123/27131>

cd. tabeli 5

1	2
	<p>Wady:</p> <ul style="list-style-type: none"> – popyt na usługi transportu zbiorowego zależy od przynajmniej kilku różnych czynników zachodzących często równocześnie, stąd trudno jest określić wpływ zmian na wielkość popytu zgłoszonych i wdrożonych przy współdziałaniu operatora na wynik finansowy i dokonać rozliczeń w tym zakresie, – bardziej złożone algorytmy obliczania wynagrodzenia, niepewność operatora co do ostatecznej wielkości wynagrodzenia

Dążąc do wydajniejszych i efektywniejszych systemów transportu zbiorowego – w umowach zawarte powinny być postanowienia, w myśl których uwzględnia się propozycje i sugestie wykonawcy, a tym samym z tego tytułu ma swój udział w uzyskanych dodatkowo, powyżej założonego poziomu, dochodach ze sprzedaży biletów. Ewentualnie uzyskane dodatkowe dochody nie będą wówczas zasilaty wyłącznie organizatora, ale będą dzielone pomiędzy organizatora (jednostkę publiczną) oraz operatora⁵¹. Jednocześnie należy rozważyć sytuację, w której dochody ze sprzedaży biletów spadną poniżej założonego poziomu, jaki wpływ miała na to bierność, czy przyczyna jest związana ze świadczeniem usług przewozowych, czy też np. wpływ na to miały zdarzenia od niego niezależne. W sytuacji, gdy jest to związane z jakością usług, może też w części następować obniżka wynagrodzenia z tytułu świadczonych usług. Zasady premiowania operatorów za utrzymanie lub wzrost przewozów mogą być różne – wręcz do określonego kwotowego dodatkowego wynagrodzenia za każdego przewiezionego pasażera, ponad liczbę pasażerów obliczoną dla pierwszego roku realizacji umowy. Jednak w systemach tych operator musi mieć merytoryczny wkład podczas planowania i rozwoju usług, gdyż jedynie wówczas można mówić o udziale operatora w zwiększaniu wielkości przewozów⁵². Stosując system zachęt i finansowego premiowania w umowach organizator musi tak określić ich poziom, aby uzyskiwana przez operatora premia była niższa, niż uzyskiwane efekty w wyniku stosowania tych zachęt⁵³, a zatem np. porównując dochody i wydatki, aby wypłacane operatorowi kwoty za przewóz dodatkowego pasażera nie były wyższe niż uzyskiwane przychody z tytułu opłacenia przez pasażera opłaty za przejazd. Do tego dochodzą kwestie społeczne usług miejskiego transportu zbiorowego, co powoduje, że mechanizm premiowania musi być bardziej złożony, uwzględniać powinien również przewozy osób uprawnionych do przejazdów bezpłatnych. Umiejscowienie ryzyka w umowach hybrydowych przedstawiono w tabeli 6.

⁵¹ J. Walters, Potential Cost Implications..., op. cit.

⁵² D. van de Velde, A. Beck, J.-C. van Elburg, K.-H. Terschüren, Contracting in Urban Public Transport, op. cit.

⁵³ Ibid.

Tabela 6. Alokacja ryzyka pomiędzy organizatorem i operatorem w umowach hybrydowych

Rodzaj umowy zawartej pomiędzy organizatorem i operatorem	Podmiot ponoszący dane ryzyka	Opis ryzyka
Umowa hybrydowa, tj. umowa kosztów brutto z elementami motywacji	Ryzyka organizatora	Ryzyka, jak w przypadku umów kosztów brutto, przy czym współdzieli się z operatorem ryzyko wielkości popytu, a w rezultacie założonych dochodów ze sprzedaży biletów
	Ryzyka operatora	Analogiczne jak w przypadku umów kosztów brutto oraz dodatkowo ryzyko obniżenia wynagrodzenia w przypadku niższego popytu i tym samym niższych niż przyjęto dochodów ze sprzedaży biletów
	Ryzyka wspólne	<ul style="list-style-type: none"> – ryzyko wielkości popytu, a w rezultacie uzyskania założonych dochodów ze sprzedaży usług, – ryzyko właściwego rozliczenia, a w szczególności wpływu propozycji operatora w zakresie obsługi komunikacyjnej na popyt i tym samym dodatkowe dochody ze sprzedaży usług

Stosowanie rozwiązań, w których wynagrodzenie operatora jest powiązanie z jego zaangażowaniem i działaniami na rzecz wzrostu popytu na usługi przewozowe, wymaga stworzenia stosownego systemu pomiaru. Systemy takie występują w wielu przypadkach, jednak ich wykorzystanie ogranicza się do badania wielkości przewozów na rzecz zmian w ofercie przewozowej. Oczywiście wykorzystanie danych jako jednego z elementów naliczania wynagrodzenia operatorów wiąże się m.in. z koniecznością wykonywania pomiarów w sposób ciągły, dokonywania stosownych przeliczeń w przypadku różnych systemów pomiarowych na liniach czy grupach linii, a także uwzględnienia faktu, że na zmianę liczby przewożonych pasażerów wpływ mają nie tylko działania danego operatora. W systemach transportowych bowiem, w ich otoczeniu oraz zachowaniach komunikacyjnych mieszkańców cały czas zachodzą różnorodne zmiany. Zmieniają się ceny usług transportowych, ceny paliw i opłat za parkowanie, co wpływa na zakres korzystania z indywidualnych środków transportowych, powstają w nowych lokalizacjach miejsca pracy i zamieszkania, realizowane są różne inwestycje transportowe, uruchamiane są parkingi w systemach park & ride oraz nowe połączenia linie i zmienia się wiele rozkładów jazdy, dopasowując ofertę do potrzeb. Ciągłość i wielość zmian zachodzących w miastach powoduje, że nawet stosując metody analizy czynnikowych, trudno jest dokonać precyzyjnej oceny wpływu różnych czynników, na np. wielkość przewozów. Zawsze są to dane przybliżone i obciążone możliwymi niedokładnościami. Nie wyklucza to jednak możliwości wdrażania tych rozwiązań oraz określania przyczyn i skutków w oparciu o podstawową wiedzę ekonomiczną związaną z kształtowaniem się popytu w zależności od ceny, atrakcyjności usługi oraz substytutów. Innym

narzędziem są systemy modelowania i prognozowania ruchu, w których tworzone są modele, a później symulacji i prognozy ruchu w zależności od różnych czynników i zmiennych wpływających właśnie na ruch. Oznacza to konieczność odseparowania innych czynników, a zatem także budowy i korzystania z bardziej złożonych modeli w wyliczeniach, jednak korzystając z wiedzy w zakresie czynników wpływających na ruch oraz narzędzi informatycznych jest to wykonalne i korzystne.

1.5. Rozwiązania informatyczne jako czynnik zmian zasad publicznego finansowania miejskiego transportu zbiorowego

Miejski transport zbiorowy jest finansowany ze środków publicznych, w Polsce przede wszystkim ze środków gminnych. Finansowanie może być zapewnione również z innych źródeł, zwrotnych lub bezzwrotnych, jednak koncentrują się one na przedsięwzięciach inwestycyjnych obejmujących zarówno infrastrukturę, jak i tabor, które ukierunkowane są na ochronę środowiska i obniżenie wielkości emisji szkodliwych związków oraz CO₂. Publiczne finansowanie świadczenia usług w miejskim transporcie zbiorowym wymaga nie tylko określenia ich wysokości, ale również przyjęcia zasad, według których będą przekazywane środki, w szczególności co będzie podstawą – nośnikiem rozliczeń. Ponadto w przypadku linii miejskiego transportu zbiorowego, których trasa przebiega przez kilka jednostek administracyjnych, np. linii prowadzących z obszarów podmiejskich do miast lub w dużych obszarach zurbanizowanych, składających się z większej liczby jednostek administracyjnych, konieczne jest określenie zasad według których poszczególne jednostki będą partycypowały w ich finansowaniu.

Na przestrzeni lat stosowane były różne rozwiązania, a przyjmowane mierniki według których wyliczano wielkość środków wnoszonych przez miasta, niekoniecznie wprost wiązały się z wielkością ponoszonych kosztów, czy też wielkością realizowanych przewozów. Można było spotkać rozwiązania, w których dopłatę wyliczano według liczby mieszkańców. Ten miernik zapewnia co prawda jednakową dopłatę poszczególnych miast w przeliczeniu na mieszkańca, jednak oderwany jest zupełnie od wielkości oferty przewozowej, a tym samym kosztów lub liczby osób korzystających z usług, co czyni to rozwiązanie trudnym do akceptacji w dłuższym okresie.

Innym stosowanym elementem było kryterium dochodu gminy, zgodnie z którym gminy mające większe dochody płać więcej. Uzasadnieniem tego podej-

ścia jest argumentacja wykorzystywana przy progresywnych skalach podatkowych podatku dochodowego. Wskazuje się na łatwiejszą absorpcję zobowiązań – ci, którzy zarabiają więcej powinni płacić wyższy odsetek, ponieważ łatwiej jest im zaakceptować poniesione dodatkowe wydatki⁵⁴. Tradycyjnym uzasadnieniem progresywnego opodatkowania jest jego rola w wyrównywaniu różnic w dochodach i dobrobycie, będących ubocznym efektem funkcjonowania systemu rynkowego. Zgodnie z tym uzasadnieniem, progresywny podatek dochodowy jest mechanizmem korygującym, potrzebnym społeczeństwu do redukcji nierówności. To, na ile powyższy argument jest przekonujący, zależy oczywiście od tego, na ile system podatkowy rzeczywiście przyczynia się do ograniczenia nierówności⁵⁵. Innym uzasadnieniem może być pogląd, że system transportowy ma wpływ na kreowanie wyższych dochodów własnych, umożliwia dojazdy do pracy lub miejsc innych aktywności, z których później generowane są dochody w postaci podatków. System transportowy oraz dostępność wpływa również na atrakcyjność gruntów i ułatwia rozwój przestrzenny miast. Na zależności te zwrócono uwagę już około 100 lat temu, wówczas władze komunalne w niektórych miastach przejmowały w drodze wykupu przedsiębiorstwa transportu miejskiego, widząc w świadczeniu ich usług istotny czynnik rozwoju przestrzennego miasta. Jednak w przypadku przyjęcia dochodu gminy jako jednego z kryteriów określania wielkości udziałów/środków na transport zbiorowy brakuje powiązania wielkości wnoszonych środków z ofertą przewozową i tym samym kosztami, co prowadzić może również do krzyżowych przepływów środków. Pomimo potrzeby solidaryzmu i wspólnego finansowania przedsięwzięć, co podkreślają miasta, zasady finansowania powinny być inne, ewentualnie waga tego kryterium nie powinna być decydująca.

Z punktu widzenia efektywności wydatkowanych środków konieczne jest stosowanie systemu współfinansowania zależnego od wielkości świadczonych usług, przy czym nie sugeruje się wielkości oferowanych, ale rzeczywiście wykonanych. Zatem nie powinny to być wielkość pracy eksploatacyjnej w wozokilometrach lub oferowane miejscokilometry, ale rzeczywista liczba przewiezionych pasażerów mierzone liczbą pasażerokilometrów. Należy przyjąć wyliczanie kosztów oraz wykonanej pracy przewozowej dla poszczególnych linii komunikacyjnych, będą tu bowiem znaczące różnice. Stosowanie tych zasad oznacza konieczność pomiaru liczby pasażerokilometrów, a zatem stosowania systemów pomiaru w oparciu o liczenie wsiadających i wysiadających na kolejnych przystankach trasy danego pojazdu. Nie są tu wystarczające systemy biletów elektro-

⁵⁴ H.P. Young, *Sprawiedliwy podział*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2003.

⁵⁵ *Ibid.*, s. 147-148.

nicznych oparte o karty elektroniczne lub aplikacje instalowane na urządzeniach mobilnych. Wynika to z faktu, że w przypadku biletów elektronicznych konieczne jest rejestrowanie – czytywanie również biletów okresowych bez limitów przejazdów, co budzi niezrozumienie i tym samym niechęć osób, których to dotyczy. Trudno jest im bowiem pogodzić się z tą dodatkową czynnością tylko dlatego, że organizator i wykonawca usługi chcą uwzględnić to przy wzajemnych rozliczeniach. W celu określenia liczby wykonanych pasażerokilometrów, konieczne byłoby również wprowadzenie zasady check-in, check-out, a zatem pojawia się kolejna dodatkowa czynność, która dla pasażerów nie ma uzasadnienia, stąd też trudna do akceptacji, w szczególności w przypadku wysiadania z pojazdów. Kolejnym problemem w przypadku korzystania wyłącznie z danych w oparciu o bilety jest rejestracja i tym samym uwzględnienie w przewozach osób posiadających uprawnienia do bezpłatnych przejazdów. Aby dokonać rejestracji tych przewozów poprzez system biletowy, konieczne jest wprowadzenie tzw. biletów zerowych, a zatem pobierania bezpłatnych biletów i ich odznaczania podczas przejazdów. To rozwiązanie również prowadzi do dodatkowych czynności, które mieliby wykonywać korzystający z usług miejskiego transportu zbiorowego, co oznacza niechęć i brak akceptacji wspomnianych osób. Dlatego też, aby system pomiarowy był niezależny od czynności związanych z korzystaniem z biletów, a także aby uwzględniał również osoby, które korzystają z przejazdów nie płacąc za bilety, tworzy się niezależne systemy pomiaru liczby przewożonych pasażerów.

Należy również zwrócić uwagę na ciągle zmiany w systemach pomiarowych, a także zmiany w systemach rozliczeń i wielkościach, które będą w nich uwzględniane. Pojazd z zabudowanym systemem pomiarowym eksploatowany jest około 10 lat w przypadku autobusów oraz znacznie dłużej w przypadku pojazdów szynowych. Dostawy nowego taboru realizowane są sukcesywnie, a to oznacza, że co kilka lat pojawiają się nowe generacje systemów pomiarowych. Ponadto mogą zmieniać się producenci i dostawcy tych systemów, nabywanie tych urządzeń następuje bowiem w drodze otwartych i konkurencyjnych postępowań przetargowych. Również mogą pojawiać się nowe oczekiwania w zakresie zbieranych danych, co wynika ze zmieniającego się w perspektywie czasu podejścia do zadań publicznych i zasad ich finansowania. Wymaga to przeliczania wielkości uzyskiwanych w systemach różnych producentów oraz dostarczanych w różnych okresach czasu i mających różne parametry, tak aby uzyskać porównywalne dane.

W transporcie zbiorowym wybrane grupy społeczne posiadają uprawnienia do przejazdów ulgowych i bezpłatnych. Wynikają one z regulacji ustawowych lub też ich nadawanie jest w kompetencji lokalnych organów stanowiących taryfę.

Uprawnienie dla niektórych grup społecznych przyznane były dziesiątki lat temu, jeszcze w ramach innych realiów gospodarczych i społeczno-politycznych, jednak ich modyfikacja, a tym bardziej ograniczanie, nie należą do decyzji łatwych i pozytywnie odbieranych społecznie. Jednocześnie jest wiele wystąpień i oczekiwań poszerzenia uprawnień do ulgowych przejazdów, a najdalej posunięty jest pogląd zmierzający do wprowadzenia bezpłatnego miejskiego transportu zbiorowego dla wszystkich korzystających z jego usług.

W przypadku uprawnień do przejazdów ulgowych i bezpłatnych właściwa powinna być stosowana zasada rekompensowania podmiotowi utraconych dochodów z tytułu ich wprowadzenia. Jedynie wówczas nie będzie dochodziło do przenoszenia kosztów takich rozwiązań na podmioty trzecie, co niestety występuje. Podobnie jak wcześniej, wprowadzenie takich rozliczeń wymaga stosowania rozwiązań wykorzystujących technologie informatyczne, zatem gromadzenie danych o wielkości przewozów, rodzajach biletów, a też przynależności do określonej uprawnionej do ulgi grupy społecznej. To deklarowane lub dokumentowane jest podczas np. rejestracji w systemie sprzedażowym, nabywania danego rodzaju biletu lub podczas kontroli biletowych. Gromadzenie danych dotyczących korzystających z usług ma szersze zastosowanie, w szczególności podczas stanowienia cen, a przede wszystkim ich różnicowania oraz w systemach promocji.

1.6. Informatyczne wspomaganie rozliczeń integracji taryfowej miejskiego transportu zbiorowego

Rozwiązania w zakresie integracji miejskiego transportu zbiorowego mają długą historię. Powoływanie instytucji, zawieranie umów w celu integracji taryfowej oraz oferty przewozowej, rozpowszechniły się zwłaszcza w latach 60. i 70. ubiegłego wieku. Rozliczenia wiążące się ze wspólnymi przedsięwzięciami opierały się o różne mierniki, np. wielkość sprzedaży biletów przez każdy z podmiotów na swoim obszarze lub mierniki charakteryzujące wkład uczestników w ogólną ofertę przewozową. Stosowane zasady rozliczeń nie spełniały jednak oczekiwań, przede wszystkim w zakresie powiązania nośnika rozliczeń z wielkością sprzedaży usług lub wielkości przewozów, a także wymaganej dokładności rozliczeń. Przez wiele lat możliwe było stosowanie przybliżonych rozliczeń i kluczy, które nie spełniają stawianych wymagań, gdyż mimo że rozliczenia odbywały się pomiędzy różnymi podmiotami – najczęściej wszyscy uczestnicy rozliczeń należeli do sektora publicznego, często nawet tego samego szczebla administracji. Właściciel akceptował przepływy pomiędzy podmiotami, jednocześnie współfinan-

sował bowiem działalność tych podmiotów. Zatem w przypadku przesunięć podczas podziału dochodów ze sprzedaży – wynikających ze stosowania obciążonych różnego typu niedokładnościami kluczy rozliczeń – nie było sytuacji nieuprawnionego transferu środków pomiędzy sektorem publicznym i prywatnym, a skutki prędzej czy później kompensowane były dotacjami. W wielu przypadkach brak akceptowanych przez partnerów zasad rozliczeń w związku z wdrożeniem i sprzedażą biletów wspólnych ważnych w środkach przewozowych różnych podmiotów powodował niechęć do wdrażania takich przedsięwzięć, a w przypadku wdrożenia – ich nietrwałość. Nie były rzadkimi sytuacje, gdy po kilku latach systemu wspólnego biletu strony, zamiast go rozwijać na kolejne obszary, rezygnowały z dalszej współpracy w tym zakresie.

Dopiero wdrożenia technologii informatycznych umożliwiły uzyskiwanie w sposób ciągły danych pozwalających na prowadzenie rozliczeń z stosowania biletów wspólnych w sposób akceptowalny przez uczestników. Ważny jest tu także pomiar automatyczny i ciągły, unika się bowiem ewentualnych różnych poglądów co do okresu, w którym mają być pomiary wykonywane oraz w przypadku pomiarów wykonywanych przez obserwatorów, obaw o dokładność czy też wręcz stronniczość w rejestracji wyników pomiarów. Kluczowym staje się identyfikacja korzystania z biletu w pojazdach różnych podmiotów, w przypadku systemów elektronicznych możliwe jest także rozwiązanie, w którym jeden nośnik (karta elektroniczna) lub jedna aplikacja, umożliwiają dokonywanie płatności za usługi różnych podmiotów. Karty elektroniczne lub aplikacje, mogą umożliwiać również płatności za inne usługi związane z przemieszczaniem się w mieście, np. korzystanie w ramach krótkoterminowego najmu z różnego rodzaju jednośladów (hulajnogi, rowery, skutery elektryczne), przy czym w założeniu nie wymaga to rejestracji i pozyskiwania kart różnych wydawców lub instalowania aplikacji udostępnianych przez różne podmioty, ale realizowane jest to w ramach jednej karty lub jednej aplikacji. Możliwe jest również korzystanie z takiego systemu płatności w innych miastach w kraju, a zatem takie rozwiązanie pozwala na stworzenie systemu jednego biletu w chociażby największych miastach lub przynajmniej w grupie dużych miast, do których relatywnie często realizowane są podróże. Przykładem mogą być większe miasta wojewódzkie.

1.7. Dynamiczne zarządzanie ofertą przewozową

W miejskim transporcie zbiorowym występuje relatywnie duża zmienność zapotrzebowania na usługi, w zależności od godzin, dni tygodnia, ale również i okresów w roku. Nakładają się na to również różne wydarzenia o oddziaływaniu miejskim lub lokalnym, w dzielnicach miast, przykładem są imprezy sportowe,

kulturalne, targi, jarmarki, giełdy handlowe i inne o charakterze cyklicznym lub które są wydarzeniami sporadycznymi. Spory wpływ mają również harmonogramy nauki w szkołach średnich i wyższych. Wolne od nauki dni przed i po okresach świątecznych, przerwy międzysemestralne, sesje egzaminacyjne czy matury powodują duże zmiany w liczbie pasażerów korzystających z danej linii komunikacyjnej, nawet w grupie dni roboczych, sobót lub dni świątecznych. Na liczbę pasażerów miejskiego transportu zbiorowego wpływ ma także pora roku, z reguły w okresie zimowym ograniczane są przejścia piesze, korzystanie z jednośladów, a także często w przypadku bardzo niekorzystnych warunków na drogach również z samochodów osobowych, wzrasta wówczas liczba korzystających z transportu zbiorowego, podobnie w przypadku dni deszczowych.

Wdrożenie systemów ciągłych pomiarów liczby pasażerów korzystających z linii pozwala gromadzić dane o wielkości zapotrzebowania na usługi na poszczególnych liniach, a to w powiązaniu z danymi dotyczącymi różnego rodzaju imprez, harmonogramów nauki w szkołach i uczelniach, prognoz pogody, pozwala uwzględniając również inne czynniki wpływające na wielkość ruchu osobowego, tworzyć krótkoterminowe prognozy obciążenia pojazdów i w rezultacie dynamiczny przydział taboru do obsługi linii. Chodzi tu przede wszystkim o korekty uwzględniające zróżnicowane pojemności taboru.

Dotychczas rozkłady jazdy układane są w sposób, w którym rodzaje taboru przydzielane są na stałe do poszczególnych obiegów w zależności od dni roboczych, sobót oraz niedziel i dni świątecznych. Jest to praktyka z przeszłości, gdy w dyspozycji nie było danych dotyczących szczegółowych napełnień, a także posiadane systemy informatyczne nie umożliwiały krótkookresowego prognozowania oferty przewozowej czy też wykonywania podobnych symulacji. W założeniu nie powinna się zmienić liczba pojazdów, zmiana nie powinna też podlegać struktura taboru według pojemności, chodzi tutaj przede wszystkim o poprawę komfortu podróży, tak aby tabor uwzględniał w danym dniu prognozowaną liczbę osób, które zamierzają skorzystać z przejazdu. Zakłada się, że wydarzenia zwiększające zapotrzebowanie nie występują w tym samym czasie na wielu liniach. Również w tym kontekście należy rozważyć, na ile na przystankach powinno się publikować szczegółowe rozkłady jazdy, a na ile powinny one być ramowe z kodami macierzowymi i odniesieniem do witryn internetowych. Możliwe jest wówczas podawanie bardziej szczegółowych informacji.

W tym kontekście należy również rozważyć sposoby działania linii łączących miasto z portem lotniczym. W przypadku kursów, z których korzystają przede wszystkim pracownicy portu, zmiany nie będą tak częste, jak w przypadku tych, z których korzystają pasażerowie samolotów. Rozkłady lotów charakteryzuje dość duża dynamika zmian, którą należałoby uwzględnić przy decyzjach

dotyczących oferty przewozowej; tu możliwe byłoby dostosowanie się w pewnym zakresie do zgłaszanego zapotrzebowania na przejazd. Podobnie jest w przypadku linii nocnych, zapotrzebowanie na przejazdy znacząco różni się w zależności od dni tygodnia, co powinno być również uwzględniane.

2



Technologie informatyczne w sprzedaży usług miejskiego transportu zbiorowego

2.1. Elektroniczne karty miejskie oraz karty płatnicze

Wśród stosowanych nośników informacji potwierdzających zakup usług transportu zbiorowego wymienić można bilety papierowe, bilety z paskiem magnetycznym oraz karty elektroniczne, a także coraz częściej, różne urządzenia mobilne⁵⁶, w których instalowane są odpowiednie aplikacje umożliwiające płatności zdalne lub zbliżeniowe.

Bilety papierowe, mimo rozwoju nowoczesnych technologii, są nadal, chociaż już w dość ograniczonym zakresie, stosowane w systemach miejskiego transportu zbiorowego. Podstawowe wymogi stawiane tym biletom to zabezpieczenie przed możliwością druku przez osoby trzecie oraz nanoszeniem na nich zmian, np. przez gumowanie lub wywabianie kodów kasownika czy też innych oznaczeń decydujących o ważności biletu. Ważna jest także ogólna estetyka biletu oraz czytelność zawartych na nim informacji. Na przestrzeni lat w produkcji biletów dokonały się zmiany. Dostępne są różne rodzaje papieru, zarówno pod względem gramatury, jak i kolorystyki, z różnymi elementami zabezpieczeń (znak wodny, włókna bawełniane widoczne w świetle dziennym lub widoczne jedynie w promieniach UV, zabezpieczenia chemiczne). Powszechnie stosowany jest druk kolorowy, umieszcza się też różne dodatkowe elementy zabezpieczające, np. hologramy, mikrodruk, elementy o skomplikowanym wzornictwie, które trudno odwzorować, jeżeli nie posiada się oryginalnych matryc. Uzupełniają to nadruki wykonane przy pomocy farby termoczułej, sekretnej (widocznej tylko

⁵⁶ G. Dydkowski, R. Tomanek, A. Urbanek, Taryfy i systemy poboru opłat w miejskim transporcie zbiorowym, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2018.

w promieniach UV) lub farby dodatkowo świecącej w promieniach UV. Druk biletów papierowych jest stosunkowo tani. Przy właściwym zabezpieczeniu samego biletu, procesu produkcyjnego (rozliczanie papieru i zabezpieczenie procesu druku) oraz przewozu i magazynowania biletów, można uzyskać wystarczający poziom zabezpieczeń. Bilety papierowe najczęściej są nieczytelne dla kasowników – układy sterowania kasownikami rejestrują tylko liczbę skasowań, bez identyfikacji nominałów. Dlatego też bilety papierowe nie są dostosowane do bardziej złożonych wymagań, aczkolwiek pewnym rozwiązaniem może być stosowanie kodów kreskowych⁵⁷. W wielu miastach w ostatnich latach wdrożono nowocześniejsze systemy pobierania opłat – z wykorzystaniem kart elektronicznych oraz aplikacji instalowanych w urządzeniach mobilnych. Jednak w ograniczonym zakresie – wybrane nominały lub sposób sprzedaży – np. przez kierowców, dalej utrzymuje się sprzedaż biletów papierowych, jest ona przede wszystkim dla osób sporadycznie korzystających z usług transportu miejskiego lub przyjezdnych, które nie chcą w celu tylko jednego lub kilku przejazdów nabywać karty elektronicznej lub instalować stosownych aplikacji.

Postępem w zakresie nośników – w porównaniu do biletów papierowych – było wprowadzenie biletów z paskiem magnetycznym. Bilety z paskiem magnetycznym są wykonywane zazwyczaj z grubszego papieru lub materiałów opierających się na plastiku i mają naniesiony jeden lub kilka pasków magnetycznych. Na papierze lub plastiku zapisane są niezbędne informacje, takie jak nazwa organizatora lub przewoźnika, zakres uprawnień oraz w przypadku biletów imiennych – imię i nazwisko pasażera. Relację lub strefę oraz wysokość należności w przypadku biletów elektronicznych zapisuje się w pamięci elektronicznej biletu. Pasek magnetyczny zawiera wówczas zakodowane dane przeznaczone do odczytywania przez stosowne urządzenia, sprawdzana jest wówczas ważność lub pomniejszana wartość zapisana na bilecie. Informacje zapisane na pasku magnetycznym mogą być też wykorzystywane do uruchamiania urządzeń umożliwiających wejście na stację lub przystanek. Po określonej liczbie przejazdów lub po określonym czasie – bilety tracą ważność. Istnieje możliwość uniemożliwienia przejazdu – nie otwarcie stosownej bramki – w przypadku braku ważnego biletu. Pasek magnetyczny jako nośnik informacji jest niezawodny i bezpieczny w zamkniętych, niskowartościowych transakcjach, stąd też jest jeszcze stosowany w przypadku biletów jednorazowych lub krótkookresowych, a zatem tych o niskich nominałach. Nośnik magnetyczny ma niewielką pojemność pa-

⁵⁷ G. Dydkowski, Wykorzystanie nowoczesnych technologii w sprzedaży usług transportu zbiorowego [w:] Nowoczesne produkty na rynku usług transportowo-logistyczno-spedycyjnym, pod red. B. Kos, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2003, s. 55-73.

mięci, nie jest odporny na zakłócenia zewnętrzne oraz charakteryzuje się niską trwałością zapisu⁵⁸, stąd też obecnie nie jest powszechnie stosowany.

Kolejnym rozwiązaniem jest system biletowy wykorzystujący karty elektroniczne – stało się to możliwe w wyniku rozwoju technologii informatycznych, zwłaszcza w zakresie samego wytwarzania oraz cenowej dostępności kart elektronicznych oraz rozwoju technologii bezprzewodowego przesyłania danych. Ponadto z systemami kart elektronicznych wiążą się znaczne ilości gromadzonych i przetwarzanych danych, co wymaga zapewnienia odpowiednich centrów przetwarzania danych. Karty elektroniczne, ze względu na możliwość przetwarzania informacji, dzielą się na karty pamięciowe i mikroprocesorowe. Karty pamięciowe (bez mikroprocesora) są najprostszymi i jednocześnie najtańszymi kartami elektronicznymi. Nie posiadają one zaawansowanych zabezpieczeń przed odczytem i zmianą stanu ich pamięci. Karty mikroprocesorowe, czyli inteligentne (ang. *smart cards*), oprócz pamięci zawierają mikroprocesor z możliwością przetwarzania danych. Zastosowanie układów scalonych znacząco poszerza ich możliwości, posiadają dużą pojemność zapisu danych, zdolność przetwarzania danych, dobre zabezpieczenie, skomplikowane algorytmy w celu zaszyfrowania danych transakcji, możliwość ponownego wprowadzanie danych oraz możliwość stosowania w usługach wielostronnych. Karty te są droższe od magnetycznych, ale rekompensują to o wiele większe możliwości i lepsze zabezpieczenia. Są też wygodniejsze, trwalsze, mają dużą odporność na zewnętrzne zakłócenia oraz wymaganą trwałość zapisu i samej karty⁵⁹.

Pod względem komunikowania się z układami zewnętrznymi różnią się karty stykowe i bezstykowe – o zróżnicowanym zasięgu – od kilku centymetrów do 2 metrów i nawet w przypadku kart o ultradużym zasięgu powyżej 2 metrów. Karty stykowe wymagają umieszczenia w czytniku i fizycznego zetknięcia się styków umieszczonych na karcie z odpowiadającymi im końcówkami czytnika. Ogranicza to zastosowanie karty ze względu niezbędny dodatkowy czas podczas odczytu/zapisu danych, związany z umieszczeniem karty w czytniku. Karty bezstykowe – zbliżeniowe, wymagają jedynie zbliżenia do czytnika, są zatem stosowane, gdy operacja odczytania karty musi odbyć się bardzo szybko. Obecnie wydawane karty umożliwiają komunikację – wnoszenie płatności, zarówno w formie stykowej – wymagającej umieszczenia karty w czytniku, jak i w formie zbliżeniowej. Uwzględniając niską kwotę opłaty za przejazd oraz ograniczony czas, w miejskim transporcie zbiorowym podczas płatności kartami elektronicznymi w praktyce stosuje się formę płatności zbliżeniowych.

⁵⁸ Ibid.

⁵⁹ Ibid.

Wykorzystywanie do pobierania opłat w miejskim transporcie zbiorowym kart elektronicznych dało, w stosunku do systemów biletów papierowych lub biletów z paskami magnetycznymi, znacząco większe możliwości gromadzenia i przetwarzania danych o przejazdach transportem miejskim. Dane te można wykorzystać podczas zarządzania ofertą przewozową, najogólniej bieżącego dopasowywania jej do potrzeb i tym samym do poprawy jakości świadczonych usług. Umożliwiło ono ponadto rozszerzenie zakresu różnicowania cen, zwiększenie liczby rodzajów biletów, dopasowywanie cen do rzeczywistej ilości usługi, z której korzystają pasażerowie, a także wdrażanie różnych programów lojalnościowych. Możliwe stało się również: szybka zmiana cen oraz wprowadzanie np. różnego rodzaju promocji, a w ich ramach również wydłużanie czasu biletów okresowych. Takie działania nie byłyby możliwe bez systemów elektronicznych, bilety papierowe były drukowane z wyprzedzeniem, a zmiana cen wymagała każdorazowo wycofania dotychczasowych nominałów z sieci sprzedaży oraz wprowadzenia nowych. W tabelach 7 i 8 przedstawiono wdrożenia systemów elektronicznych poboru opłat w wybranych miastach na świecie i w Polsce.

Tabela 7. Przykłady największych w świecie systemów elektronicznego poboru opłat w transporcie zbiorowym

Miasto	Karta miejska	Rok wdrożenia	Zakres usług
Londyn	Oyster Card	2003	Publiczny transport zbiorowy
Hong Kong	Octopus Card	1997	Publiczny transport zbiorowy, sieć sklepów, dostęp do budynków, potwierdzanie obecności w szkołach, w miejscu pracy, taxi, karta turystyczna, opłaty parkingowe, placówki kulturalne i rekreacyjne (kina, teatry, baseny), automaty sprzedające słodycze, napoje itp.
Seul	T-Money	2004	Publiczny transport zbiorowy, placówki kulturalne i rekreacyjne (kina, teatry, baseny), sieć sklepów i restauracji, taxi, opłaty parkingowe, automaty sprzedające słodycze, napoje itp.
Singapur	EZ Link	2001/2002	Publiczny transport zbiorowy, taxi, placówki kulturalne i rekreacyjne (kina, teatry, baseny), sieć sklepów i restauracji, prywatne autobusy i autokary, opłaty parkingowe, opłaty drogowe, potwierdzanie obecności w szkołach, w miejscu pracy, automaty sprzedające słodycze, napoje itp.

Źródło: G. Dydkowski, R. Tomanek, A. Urbanek, Taryfy i systemy poboru opłat w miejskim transporcie zbiorowym, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2018, s. 103.

Tabela 8. Systemy biletu elektronicznego u największych organizatorów miejskiego transportu zbiorowego w Polsce

Lp.	Miasto/Organizator	Karta miejska	Zakres usług
1	Warszawa	Warszawska Karta Miejska (od 2001 r.)	miejski transport zbiorowy (bilety okresowe), parkingi
2	Kraków	Krakowska Karta Miejska (od 2005 r.)	miejski transport zbiorowy (bilety okresowe), parkingi, przedpłacona karta płatnicza (mikropłatności)
3	KZK GOP	Śląska Karta Usług Publicznych (od 2015 r.)	Miejski transport zbiorowy (przejazdy jednorazowe i bilety okresowe), parkingi, usługi gminne, płatności w placówkach kultury, bibliotekach, rekreacyjno-sportowych, podpis elektroniczny, funkcja elektronicznej portmonetki w transporcie zbiorowym
4	Łódź	Migawka (od 2011 r.)	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe)
5	Wrocław	Wrocławska Karta Miejska URBANcard (od 2010 r.)	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe), parkingi, placówki kultury i rekreacyjno-sportowe, przedpłacona karta płatnicza (mikropłatności)
6	Poznań	Poznańska Elektroniczna Karta Miejska PEKA (od 2014 r.)	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe i jednorazowe), parkingi, biblioteki, podpis elektroniczny, przedpłacona karta płatnicza (mikropłatności)
7	MZK ZG w Trójmieście	Bilet (2008 r.)	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe)
8	Szczecin	Szczecińska Karta Aglomeracyjna (od 2011 r.)	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe), parkowanie
9	Bydgoszcz	Bydgoska Karta Miejska	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe)
10	Lublin	Karta Biletu Elektronicznego (od 2008 r.)	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe i jednorazowe)
11	Białystok	Białostocka Karta Miejska (od 2011 r.)	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe i jednorazowe), funkcja elektronicznej portmonetki
12	Częstochowa	Częstochowska Karta Miejska (od 2007 r.)	Miejski transport zbiorowy (bilety okresowe i jednorazowe), funkcja elektronicznej portmonetki

Źródło: J. Kos-Łabędowicz, A. Urbanek, Korzystanie z płatności bezgotówkowych w miejskim transporcie zbiorowym przez młodych konsumentów w świetle badań ankietowych, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach” 2017, nr 316, s. 129, za: G. Dydkowski, R. Tomanek, A. Urbanek, op. cit., s. 103-104.

Należy zwrócić uwagę również na fakt, że karta elektroniczna umożliwia wnoszenie płatności za usługi świadczone przez różne podmioty publiczne, w tym podmioty transportu zbiorowego, staje się istotnym narzędziem integracji taryfowej transportu. Istotna jest tu łatwość rejestrowania danych o usługach, z których się korzysta, w szczególności dokładne dane o przejazdach są w systemach check-in check-out, tj. pobieranie/zapisywanie danych z karty podczas wejścia i wyjścia z pojazdu. W Polsce na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat podjęto wiele przedsięwzięć w zakresie integracji transportu, w tym też w zakresie integracji taryfowej, z których część charakteryzuje trwałość i są rozwiązaniami nadal funkcjonującymi, część z nich jednak nie przetrwała próby czasu. Rozwiązanie umów i zaprzestanie sprzedaży biletów wspólnych, a tym samym barierą integracji wynikało z tytułu braku przekonania co do prawidłowości prowadzonych

rozliczeń, a w szczególności podziału dochodów z biletów ważnych na liniach różnych organizatorów/przewoźników⁶⁰. Zapewnienie możliwości korzystania z karty w różnych podmiotach powoduje, że wdrażane według tych reguł systemy poboru opłat muszą w szczególności uwzględniać wymogi określone ustawami o elektronicznych instrumentach płatniczych⁶¹ oraz o usługach płatniczych⁶².

Rozwiązania organizacyjne w zakresie przyjmowania płatności za usługi miejskiego transportu zbiorowego z wykorzystaniem kart elektronicznych mogą być różne. Może to być system zamknięty, ograniczony wyłącznie do płatności za usługi transportu zbiorowego i to też często organizowanego przez jeden podmiot. Innym – szerszym rozwiązaniem jest wdrożenie systemu otwartego, obejmującego wielu organizatorów/przewoźników transportu zbiorowego, ale również opłaty i płatności wnoszone na rzecz jednostek publicznych, np. za parkowanie, usługi rekreacyjno-sportowe, biblioteczne oraz różnego typu podatki lub opłaty wnoszone w urzędach.

Prostsze i dlatego też o wiele częściej wdrażane w przeszłości w miastach, było ograniczenie funkcjonalności karty do płatności za usługi miejskiego transportu zbiorowego⁶³. Uzasadniał to również fakt, że wpływy z tytułu korzystania z usług miejskiego transportu zbiorowego w danym obszarze są przynajmniej o rząd wyższe od dochodów z innych usług – np. parkowania, wstępów na baseny, muzeów, teatrów⁶⁴. Zatem system ten, pomimo ograniczonego zakresu, pozwala objąć płatnościami elektronicznymi istotną część płatności wnoszonych za usługi publiczne. Dotyczy to również opłat za parkowanie – płatności bezgotówkowe to rozwiązanie preferowane w miastach w Polsce i na świecie⁶⁵.

Bardziej skomplikowanym, przede wszystkim pod względem organizacyjnym i prawnym, jest rozwiązanie, w którym wdrażany system poboru płatności z wykorzystaniem kart elektronicznych ma obejmować całość płatności wnoszonych na rzecz sektora publicznego. Komplikuje to jeszcze sytuacja, w której

⁶⁰ G. Dydkowski, *Integracja transportu miejskiego*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2009.

⁶¹ Ustawa z dnia 12 września 2002 roku o elektronicznych instrumentach płatniczych, Dz. U. z 2012 roku, poz. 1232 – Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 13 września 2012 w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy z dnia 12 września 2002 o elektronicznych instrumentach płatniczych, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20120001232>

⁶² Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 o usługach płatniczych, t.j. Dz. U. z 2020 roku, poz. 794, 1639, z 2021 roku, poz. 355.

⁶³ P. Krukowski, *Warszawska Karta Miejska na tle innych systemów karty miejskiej i biletu elektronicznego w Polsce*. Prezentacja, Biuro Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m.st. Warszawy, Warszawa 2008.

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ K. Hebel, *Polityka parkingowa w kształtowaniu zachowań transportowych mieszkańców miast*, „Zeszyty Naukowe Wydziału Ekonomicznego Uniwersytetu Gdańskiego” 2015, nr 57: *Ekonomika transportu i logistyka*, s. 173-191, <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171409813>

karta ma uprawniać do płatności w różnych podmiotach prawnych, np. w różnych miastach, na rzecz różnych podmiotów organizujących transport zbiorowy. Taka sytuacja ma obecnie miejsce nie tylko w dużych aglomeracjach czy konurbacjach. Codzienne dojazdy do pracy czy nauki, nie zamykają się w granicach administracyjnych miast, stąd użyteczność karty, za pośrednictwem której dokonuje się płatności, rośnie w sytuacji, gdy nie ogranicza się ona do obszaru miasta lub jednej usługi. W efekcie, dążąc do rozszerzenia funkcji karty, należy rozważyć możliwość poszerzania usług i opłat, za które płatności można wносить kartą. Warunkiem upowszechnienia karty, a tym samym też obniżenia kosztów jednostkowych jej wdrożenia, jest maksymalne poszerzenie jej funkcjonalności. Jednak należy zwrócić uwagę, że sektor publiczny nie może realizować zadań wykraczających poza ustawowo określony katalog zadań własnych, zadań, które powinny być przedmiotem realizacji przez podmioty pozapubliczne i być regulowane procesami rynkowymi. Oznacza to w praktyce ograniczanie funkcjonalności kart miejskich emitowanych przez jednostki sektora publicznego do płatności za usługi lub daniny publiczne – przy pomocy tego typu kart nie można dokonywać płatności poza sektorem publicznym. Oznacza to, że karty te są komplementarne do kart płatniczych, np. systemów MasterCard lub Visa, oferowanych przez banki, i uzupełniają lukę, jaka się wytworzyła w zakresie płatności bezgotówkowych w jednostkach publicznych.

Możliwe i obecnie coraz częściej stosowane są rozwiązania, w których płatność za usługi miejskiego transportu zbiorowego – wnoszona w pojazdach – jest za pomocą kart płatniczych, w ramach powszechnych systemów MasterCard PayPass lub Visa payWave. Należy zwrócić uwagę, że jeszcze pod koniec XX wieku i w pierwszych latach XXI wieku, a zatem gdy miasta i organizatorzy miejskiego transportu zbiorowego projektowali i wdrażali zamknięte płatności kartami elektronicznymi, wnoszenie płatności zbliżeniowych kartami płatniczymi w praktyce nie było możliwe – w Polsce karty z funkcją płatności zbliżeniowej pojawiły się w roku 2007. Poza tym opłata za przejazd jednorazowy w pojazdach miejskich jest stosunkowo niewielka (kilka złotych), w porównaniu do średniej pojedynczej płatności bezgotówkowej kartą, która w pierwszym kwartale 2021 wyniosła 67 zł⁶⁶, a to powodowało wówczas niewielkie zainteresowanie ze strony agentów rozliczeniowych lub innych podmiotów funkcjonujących w sektorze płatności kartowych wdrażaniem tych rozwiązań. Z czasem uległo to zmianie. Innym powodem jest ograniczona funkcjonalność systemów wnoszenia płatności zbliżeniowych kartami płatniczymi do płatności za dany przejazd. Płatności za wiele przejazdów lub za dłuższe okresy wymagają generowania do

⁶⁶ ANA, Nowe dane NBP. Spadła wartość płatności kartami, 2021, <https://www.money.pl/pieniadze/nowe-dane-nbp-spadla-wartosc-platnosci-kartami-6657977236838976a.html> (dostęp: 19.07.2021).

tych celów stosownych potwierżeń, co uwzględniając oczekiwania standaryzacji i wymogów w zakresie zabezpieczeń stawianych biletom i dokumentom uprawniającym do przejazdów, niezbyt często jest wdrażane.

Wdrażane rozwiązania wykorzystujące płatności kartami płatniczymi mogą się różnić, w zależności od biletów dostępnych w tym systemie. W przypadku taryfy jednolitej możliwa jest bowiem zapłata z góry za przejazd jednorazowy, wybierając jedynie, czy ma to być bilet normalny, czy też ulgowy. Możliwe są też rozwiązania uzależniające wysokość opłaty od odległości lub czasu przejazdu. W rozwiązaniu zastosowanym w Łodzi po wejściu do pojazdu wybiera się na terminalu rodzaj biletu i zbliża do czytnika urządzenia swoją kartę płatniczą. Na ekranie pojawia się potwierdzenie transakcji, później przed samym opuszczeniem pojazdu konieczne jest ponownie zbliżenie karty do terminala, wyświetli się wówczas informacja o prawidłowo przeprowadzonej operacji, co będzie równoznaczne z zakończeniem przejazdu i rozliczeniem płatności. Podczas kontroli biletowej nie są konieczne papierowe bilety – wystarczy przyłożenie karty płatniczej do czytnika kontrolerskiego⁶⁷.

Wdrażanie systemu poboru opłat w oparciu o karty elektroniczne, jak to ma miejsce w przypadku wdrażania systemów informatycznych⁶⁸, to przedsięwzięcie związane z znaczącymi nakładami i to zarówno w okresie inwestycyjnym, jak też w okresie utrzymania systemu. Dlatego też szczególnego znaczenia nabiera wykorzystanie możliwości i korzyści, które można uzyskać w wyniku wdrożenia rozwiązania. Najogólniej w wyniku wdrożenia płatności w oparciu o karty elektroniczne oczekuje się korzyści w postaci⁶⁹:

- oszczędności wydatków na przewozy w wyniku efektywniejszego zarządzania ofertą przewozową,
- obniżenia wydatków związanych z drukowaniem biletów papierowych i wykonaniem pieczętek do biletów okresowych,
- zmniejszenia wydatków związanych z badaniami nappełnień, w wyniku pozyskiwania danych do analiz z systemu,
- wzrostu dochodów z tytułu sprzedaży biletów w wyniku lepszego zarządzania cenami.

⁶⁷ P. Dziubak, Łódzka komunikacja otwiera nowy rozdział w swojej historii. Od teraz bilety na tramwaj nie będą już potrzebne, 2017, <https://www.cashless.pl/3053-lodzka-komunikacja-otwiera-nowy-rozdzial-w-swojej-historii-od-teraz-bilety-na-tramwaj-nie-beda-juz-potrzebne> (dostęp: 20.07.2021).

⁶⁸ G. Dydkowski, Effectiveness of the Urban Services Electronic Payment Systems on the Example of Silesian Card of Public Services, "Archives of Transport System Telematics" November 2014, Vol. 7, Issue 4, s. 3-8, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-b80abb0f-bc1a-46e9-832c-a05754067c7f>

⁶⁹ Por. G. Dydkowski, Koszty i korzyści wynikające z wprowadzania elektronicznych systemów pobierania opłat za usługi miejskie, „Zeszytu Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki” 2010, nr 602(12), s. 29-42.

Niezależnie od korzyści odnoszonych przez same podmioty, oczekuje się korzyści zewnętrznych m.in. w postaci⁷⁰:

- korzyści związane ze zmniejszeniem kwot płatności gotówkowych i zastąpienie ich bezgotówkowymi; korzyści te związane są przede wszystkim ze zmniejszeniem wydatków na sortowanie, liczenie i sprawdzanie autentyczności gotówki, ochronę, przewóz do banku; a na szczeblu państwa korzyści te to m.in. zmniejszenie kosztów produkcji bilonu i druku banknotów w celu wymiany tych zniszczonych, ograniczenie możliwości wprowadzania do obiegu sfałszowanych banknotów lub bilonu;
- narzędzie optymalizacji oferty przewozowej – korzyści dla środowiska w związku z zapewnieniem dotychczasowej jakości usług – przy mniejszej pracy eksploatacyjnej;
- pozyskanie danych w postaci elektronicznej, co ułatwia ich przetwarzanie i wykorzystanie do bieżącego zarządzania usługami.

Obserwując dotychczasowe wdrożenia w kraju można stwierdzić, że nie zawsze w pełni wykorzystuje się możliwości, które stwarzają technologie kart elektronicznych. Dotyczy to zwłaszcza różnicowania cen, w wielu przypadkach też nie jest identyfikowana liczba przejazdów, odległości, na które są wykonywane, czy wykonana praca przewozowa. Ponadto możliwe stały się rozwiązania dynamicznego naliczania opłat za przejazdy – wyboru takiej taryfy dla pasażera w zależności np. od liczby i odległości zrealizowanych przejazdów (tabela 9). Różne są też funkcjonalności w zakresie sposobu naliczania opłat, stosowanych taryf oraz biletów i płatności za przejazdy jednorazowe (tabela 10). Karty elektroniczne często też wykorzystywane są wyłącznie do płatności za usługi miejskiego transportu zbiorowego. W przypadku rozwiązań umożliwiających wnoszenie płatności za inne usługi, często nie odbywa się to ze wspólnej puli środków na karcie, a wymaga odrębnego wcześniejszego zakupu tych usług.

Tabela 9. Przykłady elektronicznych systemów poboru opłat opartych o dynamiczne naliczanie opłat

Nazwa	Oyster Card	Octopus Card	T-Money	EZ Link
Miasto	Londyn	Hong Kong	Seul	Singapur
Stosowany system taryfowy	Taryfa strefowa różnicowana ze względu na dzień tygodnia, porę dnia i środek transportu. Naliczanie najkorzystniejszej opłaty dziennie i tygodniowo	Taryfa odległościowa we wszystkich gałęziach transportu	Taryfa odległościowa we wszystkich gałęziach transportu	Taryfa odległościowa we wszystkich gałęziach transportu

Źródło: G. Dydkowski, R. Tomanek, A. Urbanek, Taryfy i systemy poboru opłat..., op. cit., s. 148, na podstawie witryn internetowych: <https://eng.t-money.co.kr/>, <https://oyster.tfl.gov.uk/>, <https://www.octopus.com.hk>, <https://ezlink.sg/> (dostęp: 20.08.2017).

⁷⁰ Ibid.

Tabela 10. Porównanie wybranych elementów taryf w systemach kart miejskich wdrożonych przez wybranych organizatorów publicznego transportu zbiorowego w Polsce

Wyszczególnienie	Poznańska Elektroniczna Karta Aglomeracyjna (PEKA)	Warszawska Karta Miejska (WKM)	UrbanCard Wrocław	Krakowska Karta Miejska (KKM)	Śląska Karta Usług Publicznych (ŚKUP)	Karta Miejska w Tczewie
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Rok wdrożenia	2014	2001	2010	2005	2015	2009
Dynamiczne rozliczanie kosztów	Tak Taryfa odcinkowa opłata naliczana za każdy przystanek System umożliwia przesiadki, jeśli są dokonane w czasie do 20 min.	Nie	Nie	Nie	Tak Taryfa odległościowa Nie ma możliwości przesiadki	Tak Taryfa odcinkowa – opłata uzależniona od: – liczby przystanków, – wpłaconej na elektroniczną portmonetkę kwoty, – pory przejazdu (dienne lub nocne). System umożliwia przesiadki, jeśli dokonane są w czasie do 15 min.
Naliczanie najlepszej opłaty w jednostce czasu (tzw. best fare policy)	Tak Naliczenie opłaty w maksymalnej wysokości ceny biletu 24-godzinnego	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie
Zakup biletów jednorazowe/krótkookresowych w porędzie na kartę miejską	Tak T-portmonetka (środki pieniężne przeliczane są na punkty – opłata w taryfie odcinkowej)	Nie Na karcie nie można zakodować biletów jednorazowych	Nie Na karcie nie można zakodować biletów jednorazowych	Nie Na karcie nie można zakodować biletów jednorazowych	Tak Elektroniczna portmonetka/pieniądz elektroniczny – bilety jednorazowe/krótkookresowe i opłata w taryfie odległościowej)	Tak Elektroniczna portmonetka (pieniądz elektroniczny – opłaty w taryfie odcinkowej)

cd. tabeli 10

1	2	3	4	5	6	7
Bilety okresowe na karcie miejskiej	Taryfa strefowo-czasowa (3 strefy) lub bilety okresowe na konkretną liczbę przystanków. Dowolny okres ważności biletu okresowego (minimum to 14 dni) wyrażony w dniach.	Taryfa strefowo-czasowa (2 strefy), wyłącznie długookresowe bilety w taryfie stałej o ściśle określonym czasie ważności (30 i 90 dniowe lub roczne)	Brak stref, ceny różnicowane ze względu na rodzaj linii, bilety o ściśle określonym czasie ważności (np. 7 lub 90 dni)	Różnicowanie ze względu na liczbę i rodzaj linii, strefy (2 strefy), czas ważności dowolny wyrażony w miesiącach (od 1-12 miesięcy)	Taryfa strefowo-czasowa, różnicowanie ze względu na limit przejazdów lub jego brak	Brak biletów okresowych
Sposób rejestracji/kasowania biletu	W przypadku taryfy odległościowej check in wymagany, check out – rozliczenie kosztu podróży	Nie wymaga się rejestracji przejazdów	Nie wymaga się rejestracji przejazdów	Nie wymaga się rejestracji przejazdów	Check in obowiązkowy w każdym przypadku, check out – wymagany w taryfie odległościowej w systemie dynamicznego rozliczenia kosztów lub w przypadku przesiadki dla biletu jednorazowego strefowo-czasowego	W taryfie odcinkowej obowiązkowy check in oraz check out – rozliczenie liczby przejechanych przystanków i kosztu podróży
Możliwość opłacenia podróży innej osobie z jednej karty	Tak	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak

Źródło: G. Dydkowski, R. Tomanek, A. Urbanek, Taryfy i systemy poboru opłat..., op. cit., s. 150-151 na podstawie witryn internetowych: <https://www.peka.poznan.pl>, <https://www.urbanecard.pl/>, <https://www.kzkgop.com.pl>, <https://www.mpk.krakow.pl/>, <http://www.ztm.waw.pl/?c=557>, <https://um.wrotaczewa.pl/tzew-karta-miejska> (dostęp: 20.10.2017).

Sytuacje, w których nie osiągnięto pełnej funkcjonalności systemów poboru opłat z wykorzystaniem kart elektronicznych, najczęściej nie wynikają z warunkowań technologicznych, ale organizacyjnych, prawnych lub względów ekonomicznych. Korzystanie z jednej karty elektronicznej w systemach transportu zbiorowego, w których uczestniczy wiele podmiotów o różnych regulacjach taryfowych, wymaga stosownych rozwiązań instytucjonalnych lub korzystania z uprawnionych podmiotów zewnętrznych do emisji kart i rozliczeń. W tym kontekście niezbędna jest konsekwencja podczas wdrażania systemu płatności z wykorzystaniem kart elektronicznych, tak aby jednak wdrożyć nie tylko funkcje związane z samym systemem płatności, ale również pozwalające zarządzać znaczną bazą danych uzyskiwanych w wyniku takiego sposobu pobierania opłat. Jest to o tyle istotne, gdyż niestety w praktyce podczas wielu wdrożeń, z różnych względów ograniczane są funkcje komplementarne do podstawowych, co znacząco ogranicza możliwość uzyskania zakładanych efektów w wyniku wdrażania systemu.

Systemy biletów elektronicznych wymagają stworzenia odpowiedniej infrastruktury, konieczna jest instalacja odpowiednich urządzeń – czytników kart w pojazdach, transmisji danych z pojazdów do centrów przetwarzania danych, stworzenie sieci – punktów personalizacji i wydawania kart, sprzedaży biletów elektronicznych oraz zasilania kart środkami. Konieczne jest również wyposażenie kontrolerów w odpowiednie urządzenia pozwalające na sprawdzenie ważności biletów elektronicznych, a także zapewnienie dostępności samych kart elektronicznych. W rezultacie są to systemy charakteryzujące się wysokimi kosztami podczas wdrożenia oraz utrzymania. Znaczące upowszechnianie w drugiej dekadzie XXI wieku urządzeń mobilnych, a zwłaszcza smartfonów stworzyło możliwość wprowadzania kolejnych rozwiązań w zakresie sprzedaży biletów – wykorzystujących możliwości urządzeń mobilnych. Rozwiązania te, oprócz szerszej funkcjonalności, mają również tę zaletę, że wykorzystuje się urządzenia posiadane przez pasażerów, ponadto samodzielnie wykonują oni znaczną część czynności związanych z uiszczeniem opłaty, co pozwala tym samym obniżyć koszty po stronie organizatorów i przewoźników związanych z funkcjonowaniem systemów płatności za usługi przewozowe. Pasażerowie samodzielnie pobierają i instalują aplikacje na swoich urządzeniach, dokonują zdalnie płatności, ponoszą również koszty dostępu do Internetu, ogranicza to po stronie organizatorów i przewoźników koszty samej obsługi i sprzedaży, a też koniecznej do zapewnienia przez nich infrastruktury związanej z przyjmowaniem płatności drogą elektroniczną.

2.2. Aplikacje na urządzeniach mobilnych

Aplikacja mobilna (*mobile software/application*) to oprogramowanie funkcjonujące na różnych platformach, tworzone za pomocą różnych języków programowania na urządzenia przenośne, głównie telefony komórkowe, palmtopy, smartfony oraz phablety i tablety⁷¹. Pomimo wielu różnych rodzajów urządzeń rynek mobilnych w 2021 roku zdominowany jest przez dwie podstawowe kategorie urządzeń, tj. tablety i smartfony.

W kontekście zmian w usługach transportu miejskiego kluczowe staje się powszechne posiadanie i korzystanie ze smartfonów. Jak wynika z badań przeprowadzonych w grudniu 2018 roku przez Urząd Komunikacji Elektronicznej – w Polsce 74,8% respondentów stwierdziło, że używa na co dzień smartfonu⁷², z innych – późniejszych badań – wynika, że w Polsce smartfony posiada prawie 80% osób, a niemal co trzeci użytkownik na co dzień korzysta z co najmniej dwóch takich urządzeń⁷³. W praktyce oznacza to – zwłaszcza w miastach – bieżący dostęp do Internetu oraz możliwość korzystania z usług i aplikacji związanych z lokalizacją, co jest ważne w przypadku aplikacji ułatwiających i wspomagających mobilność. Ponadto stale wzrasta wykorzystanie Internetu w urządzeniach mobilnych – według GUS w 2020 roku szerokopasmowe łącza mobilne posiadało 66,7% gospodarstw domowych, podczas gdy wskaźnik ten w 2016 roku był na poziomie 36,1%. Oznacza to w ciągu 4 lat blisko dwukrotny wzrost nasycenia urządzeniami mobilnymi z szerokopasmowym dostępem do Internetu⁷⁴.

Za kluczowy moment z punktu widzenia wykorzystania urządzeń, a tym samym i aplikacji mobilnych można uznać 9 stycznia 2007 roku, dzień, w którym przedstawiony został inteligentny telefon iPhone. Telefony smart i proste aplikacje istniały już przed wymienioną datą, jednak trudno było mówić o znaczącym rynku aplikacji mobilnych⁷⁵. W 2008 roku Apple uruchomiła usługę AppStore, która rozszerzała funkcjonalność iTunes Store o możliwość zakupu

⁷¹ W. Chmielarz, Uwarunkowania technologii aplikacji mobilnych [w:] Mobilne aspekty technologii informacyjnych, pod red. W. Chmielarza, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2016, s. 51-64, http://www.wz.uw.edu.pl/portaleFiles/6133-wydawnictwo-/Mobilne_aspekty_ebook.pdf

⁷² Polacy a smartfony. Poznaj statystyki! Ciekawostki, 2021, <https://trybawaryjny.pl/polacy-smartfony-statystyki/> (dostęp: 20.07.2021).

⁷³ M. Laurisz, Wydajemy coraz więcej, wymieniamy coraz częściej! Digital Care przedstawiło wyniki badania „Smart Barometr, czyli Polacy i ich smartfony” dotyczącego korzystania ze smartfonów w Polsce, 2020, <https://itreseller.com.pl/wydajemy-coraz-wiecej-wymieniamy-coraz-czesciej-digital-care-przedstawilo-wyniki-badania-smart-barometr-czyli-polacy-i-ich-smartfony-dotyczacego-korzystania-ze-smartfonow-w-polsce/> (dostęp: 20.07.2021).

⁷⁴ Społeczeństwo informacyjne w Polsce w 2020 roku, op. cit.

⁷⁵ M. Ratalewska, Rozwój rynku aplikacji mobilnych, Prace Naukowe, nr 487, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2017.

aplikacji. Aplikacje mogły być instalowane na iPod Touch (najpopularniejszym w tym czasie odtwarzaczu muzyki). Zewnętrzni deweloperzy mogli zamieszczać w AppStore swoje programy za prowizję od ich sprzedaży. Brak klawiatury w iPhone i nowatorski interfejs dotykowy, obsługiwany palcem i gestami, pozwoliły stworzyć nową jakość z zupełnie inną filozofią obsługi i wyglądem⁷⁶. Równolegle na rynku systemów operacyjnych dedykowanych dla smartfonów w 2008 roku pojawiła się pierwsza wersja systemu pod nazwą Android 1.0. Nieco później, bo dopiero w 2010 roku pojawił się Windows Phone, jego ostateczną formę system uzyskał w 2012 roku, kiedy zadebiutowała Windows Phone v. 8 (razem z Windows 8 PC), przy czym wersja systemu przeznaczona do smartfonów miała rozszerzoną funkcjonalność⁷⁷. Od tego czasu pojawiają się kolejne wersje systemu iOS oraz Androida. W kolejnych wydaniach systemu dostosowuje się środowisko do obsługi coraz nowszych urządzeń, zwiększa wydajność systemu, projektuje przyjaźniejszy interfejs o większych możliwościach personalizacji oraz co kluczowe – dodawane są kolejne funkcje. Niestety mimo starań Microsoftu Windows Phone nie uzyskał istotnego udziału rynkowego, stąd pod koniec 2016 roku zaprzestano produkcji i później sprzedaży smartfonów pod marką Microsoft Lumia⁷⁸, a dostępne w kolejnych latach smartfony Nokii pracują z wykorzystaniem systemu Android. Na rynku były również inne podmioty, m.in. BlackBerry z linią smartfonów i tabletów wprowadzoną w 1999 roku, charakteryzującym się klawiaturą i posiadającym system operacyjny BlackBerry OS oraz smartfony różnych producentów z systemem Symbian. Jednak w miarę upływu czasu spadała sprzedaż i tym samym udział w rynku urządzeń konsumenckich z systemem Windows, BlackBerry oraz Symbian (rysunek 7).

Obecnie dostępne na rynku smartfony oferowane są z systemem iOS lub Android. Wraz z rozwojem sprzętu mobilnego oraz systemów operacyjnych, pozwalających na nowoczesną, łatwą, szybką i przyjemną komunikację ekranową, cały czas rozwijały się sklepy z aplikacjami mobilnymi, ugruntowującymi jednocześnie pozycję firm przodujących na tym rynku⁷⁹. Obecnie sklepy z aplikacjami oferują setki tysięcy lub miliony aplikacji. W pierwszym kwartale 2021 roku użytkownicy Androida mogli wybierać spośród 3,48 miliona aplikacji, podobny poziom prezentuje liczba aplikacji oferowanych w Apple App Store⁸⁰. Liczba

⁷⁶ W. Chmielarz, *Uwarunkowania technologii...*, op. cit.

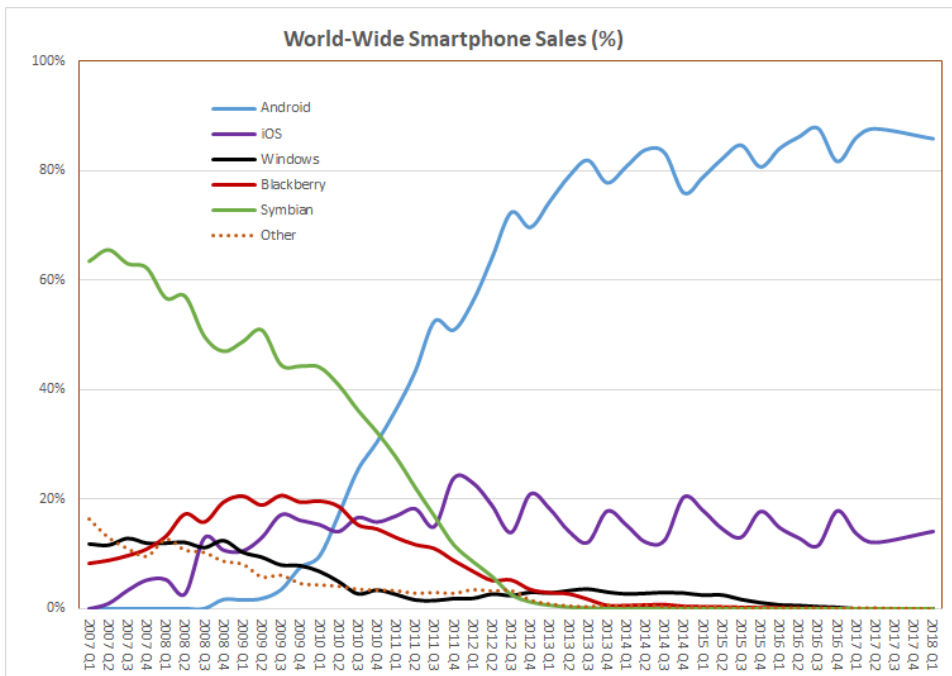
⁷⁷ Ibid.

⁷⁸ ps, Microsoft chce zrezygnować z marki Lumia, koniec sprzedaży telefonów w grudniu 2016 roku, 2016, <https://www.wirtualnemedi.pl/artykul/microsoft-chce-zrezygnowac-z-marki-lumia-koniec-sprzedazy-telefonow-w-grudniu-2016-roku> (dostęp: 20.07.2021).

⁷⁹ W. Chmielarz, *Uwarunkowania technologii aplikacji mobilnych*, op. cit.

⁸⁰ Por. L. Ceci, Number of active apps from the Apple App Store 2008-2022, 2023, <https://www.statista.com/statistics/268251/number-of-apps-in-the-itunes-app-store-since-2008/>

aplikacji cały czas rośnie, mimo że Apple i Google regularnie usuwają aplikacje cieszące się niewielkim zainteresowaniem lub niespełniające nakładanych wymogów. Poza Apple i Google są też inne podmioty, np. Amazon Appstore oferuje około 460 000 aplikacji na Androida dla odbiorców na całym świecie⁸¹. Najpopularniejsze kategorie aplikacji w Amazon Appstore to aplikacje do gier, edukacji oraz narzędzia. Istnieją również inne sklepy z aplikacjami na Androida, a np. w Chinach, Tencent Appstore z ponad 43 840 dostępnymi aplikacjami⁸². Aplikacje przynoszą korzyści i generują dochody w różny sposób, zarówno dla sklepów z aplikacjami, jak też podmiotów, które dostarczają produkty i usługi reklamowane lub nabywane poprzez aplikacje.



Rysunek 7. Udział sprzedaży smartfonów z różnymi systemami operacyjnymi w latach 2007 do I kwartału 2018

Źródło: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/World_Wide_Smartphone_Sales_Share.png

(dostęp: 30.07.2021); L. Ceci, Number of apps available in leading app stores Q3 2022, 2022, <https://www.statista.com/statistics/276623/number-of-apps-available-in-leading-app-stores/> (dostęp: 30.07.2021).

⁸¹ App Store – to sklep Apple z aplikacjami dla urządzeń z systemem iOS, Appstore to sklep z aplikacjami firmy Amazon – A. Nowak, Nikt nie pomyli App Store z Appstore? A może jednak..., 2013, <https://komorkomania.pl/4740,nikt-nie-pomyli-app-store-z-appstore-a-moze-jednak> (dostęp: 30.07.2021).

⁸² L. Ceci, Number of apps..., op. cit.

Większość urządzeń mobilnych sprzedawana jest już z różnymi preinstalowanymi aplikacjami na życzenie producenta lub operatora sieci, mogą to być np. przeglądarka internetowa, poczta elektroniczna, kalendarz, mapy, aplikacje do kupowania muzyki, wersje testowe płatnych aplikacji. Kolejne są dla użytkownika dostępne i można je pobrać z platform nazywanych sklepami z aplikacjami. Tu pojawia się wyzwanie przekonania potencjalnych użytkowników do pobrania i zainstalowania aplikacji oraz użyteczności i przyjazności samej aplikacji. Jest to kluczowe, znaczny odsetek użytkowników urządzeń mobilnych nie lubi bowiem ściągać aplikacji, uważając, że zaśmiecają jego telefon. Dane dotyczące zachowań użytkowników względem aplikacji mobilnych przedstawia tabela 11.

Tabela 11. Zachowanie użytkowników wobec aplikacji (w %)

Zachowanie względem aplikacji	Odsetek użytkowników
Nie lubię ściągać aplikacji – zaśmiecają mój telefon	73
Pobieram tylko darmowe aplikacje	76
Często ściągam aplikacje, których przestaję używać po kilku tygodniach	46
Kasuję aplikacje, jeśli okaże się, że nie są przydatne, zajmujące	75

Próba: użytkownicy aplikacji mobilnych, $N = 169$.

Źródło: M. Mikowska, Polska. Jest. Mobi 2015, Trzecia edycja raportu „Marketing mobilny w Polsce” w nowej formule, TNS, <https://docplayer.pl/708830-Polska-j-est-mobi-trzecia-edycja-raportu-marketing-mobilny-w-polsce-w-nowej-formule-wydawca-raportu.html> (dostęp 27.04.2023), za: S. Sobolewska, Aplikacje mobilne w procesie przepływu informacji między przedsiębiorstwem a klientem, „Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych” 2017, nr 44: Uwarunkowania funkcjonowania gospodarki cyfrowej, s. 101, <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171496346>

Aplikacje mobilne stają się ważne, ponieważ – w odróżnieniu od stron internetowych – zapewniają interaktywność w każdym czasie i miejscu. Stąd też obecnie większość podmiotów jest aktywnie zaangażowana w tworzenie strategii mobilnych i aktywnie tworzy portfolio aplikacji na smartfony. Powodów jest wiele, wymienić można łatwe dostarczanie interesujących klientów informacji, ułatwienie późniejszych zakupów lub korzystania z oferowanych usług, budowanie tożsamości marki poprzez nazwę aplikacji, obecność logo lub ikony, a także poprzez doświadczenie użytkownika⁸³. Aplikacje umożliwiają również nabywanie wybranych produktów oraz płacenie za usługi.

Podczas korzystania z aplikacji mobilnych ważną kwestią jest wymiana informacji pomiędzy podmiotami oferującymi aplikacje oraz użytkownikami, któ-

⁸³ S. Sobolewska, Aplikacje mobilne w procesie przepływu informacji między przedsiębiorstwem a klientem, Roczniki „Kolegium Analiz Ekonomicznych” 2017, nr 44: Uwarunkowania funkcjonowania gospodarki cyfrowej, s. 99-109, <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171496346>

rzy z nich korzystają⁸⁴. Problem ten stał się kluczowy w przypadku smartfonów, które gromadzą wiele danych dotyczących użytkownika. Warto zwrócić uwagę, że są to urządzenia bardzo osobiste, praktycznie może poza sytuacjami, gdy są telefonami służbowymi, nie są przekazywane innym osobom⁸⁵. Pobierając aplikacje, najczęściej podaje się swój adres e-mail oraz imię i nazwisko. Zwykle też zainstalowana aplikacja pozwala na zbieranie danych geolokalizacyjnych, które należą do bardzo użytecznych informacji z punktu widzenia działań marketingowych przedsiębiorstwa, ponieważ pozwalają na dotarcie z odpowiednią informacją w odpowiednim miejscu i czasie do klienta⁸⁶. W smartfonie znajdują się także informacje oraz możliwość dostępu do kamery, mikrofonu, kontaktów (imiona, nazwiska i numery telefonów), listy zrealizowanych wcześniej połączeń, historii odwiedzanych witryn internetowych, logowania na różnych kontach, wiadomości sms, wykonanych zdjęć i zapisów wideo, kalendarza oraz prowadzonej korespondencji mailowej. Nie zawsze użytkownicy zdają sobie z tego sprawę, często automatycznie wyrażają zgodę na dostęp do danych, pobierając i instalując aplikacje. Niestety zgody te nie są selektywne, a brak wyrażenia zgody w wielu przypadkach oznacza niemożliwość zainstalowania aplikacji, a nie ograniczenie jej funkcjonalności.

Wykorzystując urządzenia mobilne możliwy jest bezpośredni zakup towarów lub usług oraz przekazywanie środków pieniężnych pomiędzy rachunkami nabywcy oraz sprzedawcy. Płatności mobilne są to zatem płatności bezgotówkowe, umożliwiające zakup towarów lub usług oraz przekazywanie środków finansowych pomiędzy rachunkami bankowymi uczestników transakcji, przeprowadzane za pomocą urządzenia przenośnego (smartfonu, tabletu, telefonu komórkowego), wspomaganego technologiami mobilnymi w sieciach telekomunikacyjnych (np. GSM, Internet)⁸⁷. Czynniki wpływające na rozwój rynku płatności mobilnych to dynamiczny wzrost liczby urządzeń mobilnych – zwłaszcza smartfonów i tabletów oraz coraz dostępniejsza cenowo oferta szybkiej, bezprzewodowej transmisji danych. Przesłanki te sprawiają, że zainteresowane rozwojem mobilnych płatności w wymiarze biznesowym są nie tylko organizacje płatnicze lub banki, ale również podmioty spoza sektora finansowego, tj. opera-

⁸⁴ Ibid.

⁸⁵ Ibid.

⁸⁶ Ibid.

⁸⁷ W. Chmielarz, K. Łuczak, Systemy mobilnych płatności w Polsce – analiza preferencji klientów [w:] Mobilne aspekty technologii informacyjnych, pod red. W. Chmielarz, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2016, s. 211-227, http://www.wz.uw.edu.pl/portaleFiles/6133-wydawnictwo-/Mobilne_aspekty_ebook.pdf

torzy telekomunikacyjni, producenci urządzeń elektronicznych oraz sami dostawcy usług⁸⁸. Poza tym zwiększa się dostępność danych produktów i usług.

Obecnie w miejskim transporcie zbiorowym wyróżnia się trzy główne rozwiązania, dzięki którym można zakupić bilet elektroniczny – wnieść opłatę za przejazd⁸⁹:

- premium SMS, użytkownik opłaca przejazd w ramach kolejnego rachunku telefonicznego lub ze środków dostępnych na swojej karcie prepaid i otrzymuje wiadomością sms potwierdzenie zakupu biletu,
- w technologii optycznego rozpoznawania znaków (OCR), gdy użytkownik otrzymuje specjalny kod, np. kod kreskowy lub kod QR, który zawiera wszystkie niezbędne informacje dotyczące przejazdu, pasażer opłaca przejazd z konta prepaid lub za pośrednictwem aplikacji, która łączy się z kontem bankowym zarejestrowanego użytkownika,
- za pomocą technologii wymiany danych Near Field Communication (NFC) – proces jest bardzo podobny do technologii OCR, jednak w przypadku NFC informacje są przechowywane w pamięci NFC urządzenia, np. smartfonu.

Technologie OCR, a w szczególności z wykorzystaniem kodów QR oraz NFC stają się coraz bardziej popularne, ma to związek z powszechnym wykorzystaniem smartfonów i aplikacji dostępnych na te urządzenia. Za ich pomocą pasażer ma możliwość zakupu biletu wybranego organizatora publicznego transportu zbiorowego i zapłacenia za niego bezgotówkowo za pomocą wirtualnej karty płatniczej, którą użytkownik przypisuje do swojego indywidualnego konta. Smartfon może być zatem nośnikiem nie tylko biletu okresowego, ale również – pieniądza elektronicznego. Niezależnie od samej płatności, może być on też wykorzystany do uzyskania informacji o rozkładach jazdy i planowania podróży, informacji czasu rzeczywistego o czasach odjazdów pojazdów z przystanków oraz informacji taryfowych.

Kody QR mogą przechowywać do 200 razy więcej danych niż tradycyjny kod kreskowy. Dodatkowo kod dwuwymiarowy zawiera znaczniki pozycjonujące kod w obrazie odczytywanym przez skaner. Są to wyróżniające się większe kwadraty umieszczone w trzech rogach kodu. Dzięki zastosowaniu tego elementu kod może być skanowany pod każdym kątem w płaszczyźnie poziomej⁹⁰.

⁸⁸ Ibid.

⁸⁹ Por. G. Dydkowski, R. Tomanek, A. Urbanek, Taryfy i systemy poboru opłat..., op. cit.; Integrated Urban e-Ticketing for Public Transport and Touristic Sites. Final report on application concepts and the role of involved stakeholders, Science and Technology Options Assessment, European Parliamentary Research Service, Brussels 2014, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0beb1338-a991-4612-91df-528721b55e0e/language-en> (dostęp: 20.07.2021).

⁹⁰ Y. Liu, M. Liu, Automatic Recognition Algorithm of Quick Response Code Based on Embedded System [w:] Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Systems De-

Czytnik sam zlokalizuje odpowiednie elementy kodu, zlokalizuje „górze” i „dół”, następnie prawidłowo odczyta zapisane dane⁹¹. Kody QR zostały ustandaryzowane i w 2006 roku opisane w standardzie ISO/IEC 18004. Oprócz standaryzacji ogólnego wyglądu i umiejscowienia poszczególnych obszarów odpowiadających m.in. za funkcjonalność, przechowywanie danych czy korekcję błędów, zostały również zdefiniowane wersje kodów, które określają ich fizyczny rozmiar oraz maksymalną pojemność na zapisanie danych⁹². Szybkość oraz poprawność konwersji danych z obrazu graficznego do formy elektronicznej sprawiają, że użycie kodu QR w dowolnym procesie biznesowym powoduje skrócenie czasu realizacji części czynności oraz zmniejszenie zaangażowania osób odpowiedzialnych za ich wykonanie⁹³. W rezultacie rosnąca popularność mobilnych płatności, np. za bilety miejskiego transportu zbiorowego, wynika przede wszystkim z wygody i szybkości operacji zakupu. Zakup biletów przez urządzenie mobilne jest możliwy w każdej chwili, trwa kilkanaście sekund i ogranicza się do uruchomienia i wykonania kilku poleceń w stosownej aplikacji zainstalowanej w danym urządzeniu, zaś koszty dodatkowe zakupu (transmisja danych, koszt połączenia) są znikome. Użytkownicy mobilnych form zakupu biletów nie tracą czasu na znalezienie stacjonarnego punktu sprzedaży i dokonanie w nim zakupu, które może wiązać się z oczekiwaniem w kolejce, nie muszą też posiadać przy sobie gotówki, ani obawiać się braku dostępności biletów u kierowcy.

Usługi sprzedaży biletów miejskiego transportu zbiorowego za pośrednictwem urządzeń mobilnych świadczy w Polsce kilka różnych podmiotów. Na przykład na koniec 2020 roku osoby korzystające z miejskiego transportu zbiorowego w Warszawie mogły kupować bilety wykorzystując siedem różnych aplikacji⁹⁴. Operatorzy mają podpisane umowy z wieloma miastami lub organizatorami miejskiego transportu zbiorowego, co sprawia, że dany telefon komórkowy lub smartfon są urządzeniami, za pomocą których można nabyć bilety w różnych miastach. Oznacza to, że prywatne podmioty, jakimi są operatorzy

sign and Applications (IS DA '06), IEEE, 2006, s. 783-788, <https://ieeexplore.ieee.org/document/4021764>, za: G. Szyjewski, Wykorzystanie dwuwymiarowych kodów QR (Quick Response) w procedurach automatyzacji, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług” 2013, nr 781(106), s. 77-87, <http://bazekon.icm.edu.pl/bazekon/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171260337>

⁹¹ J. Sansweet, Introducing the QR Code – the Reality & the Magic, Proof-readNZ, New Zealand 2011, za: G. Szyjewski, Wykorzystanie dwuwymiarowych kodów..., op. cit.

⁹² <https://www.qrcode.com/en/about/version.html> (dostęp: 15.03.2022).

⁹³ G. Szyjewski, Wykorzystanie dwuwymiarowych kodów..., op. cit.

⁹⁴ C. Skiba, Bilety na transport miejski z kodem QR? Zmiany od przyszłego roku, 2020, <https://www.rdc.pl/informacje/bilety-na-transport-miejski-z-kodem-qr-zmiany-od-2021/> (dostęp: 20.07.2021).

prowadzący sprzedaż biletów za pomocą telefonów komórkowych lub smartfonów, zapewniają oprócz samej sprzedaży również integrację w obszarze sprzedaży biletów – za pomocą jednego urządzenia można nabyć bilety w różnych miastach oraz dodatkowo również na inne niż miejski transport zbiorowy usługi. Oprócz biletów miejskiego transportu zbiorowego – oferują również bilety na przewozy kolejowe, pobieranie opłat za parkowanie, sprzedaż biletów do kina i inne.

Ogólnie proponowane systemy i aplikacje różnią się w zakresie szczegółów, dostępnymi opcjami oraz rozwiązaniami technicznymi. Generalnie jednak każdy z systemów wymaga zainstalowania na urządzeniu mobilnym aplikacji oraz posiadania dostępu do Internetu, ewentualnie wystarczy możliwość nawiązania zwykłego połączenia telefonicznego. Ten drugi sposób zakupu jest skierowany do osób, które nie posiadają dostępu do Internetu w telefonie, bądź które nie chcą ponosić dodatkowych kosztów za połączenie z Internetem. W przypadku zakupu biletu poprzez połączenie telefoniczne pobierana jest opłata za wykonanie połączenia, które trwa z reguły kilka bądź kilkanaście sekund. Dostępne są wówczas różne numery telefonów, odpowiadające poszczególnym rodzajom biletów.

W przypadku sprzedaży biletów za pośrednictwem odpowiedniej aplikacji mobilnej, wymagany jest dostęp do Internetu, jednak transfer danych odbywa się tylko w momencie zakupu i jest bardzo mały (około 1 KB). Płatność za bilety realizowana jest z wcześniej zasilonego przez użytkownika konta lub bezpośrednio z karty płatniczej przypisanej wcześniej przez użytkownika do konta. Należy dodać, że płatności rozliczane są przez zewnętrznego agenta rozliczeniowego lub też dany podmiot może spełniać odpowiednie wymagania i posiadać taki status.

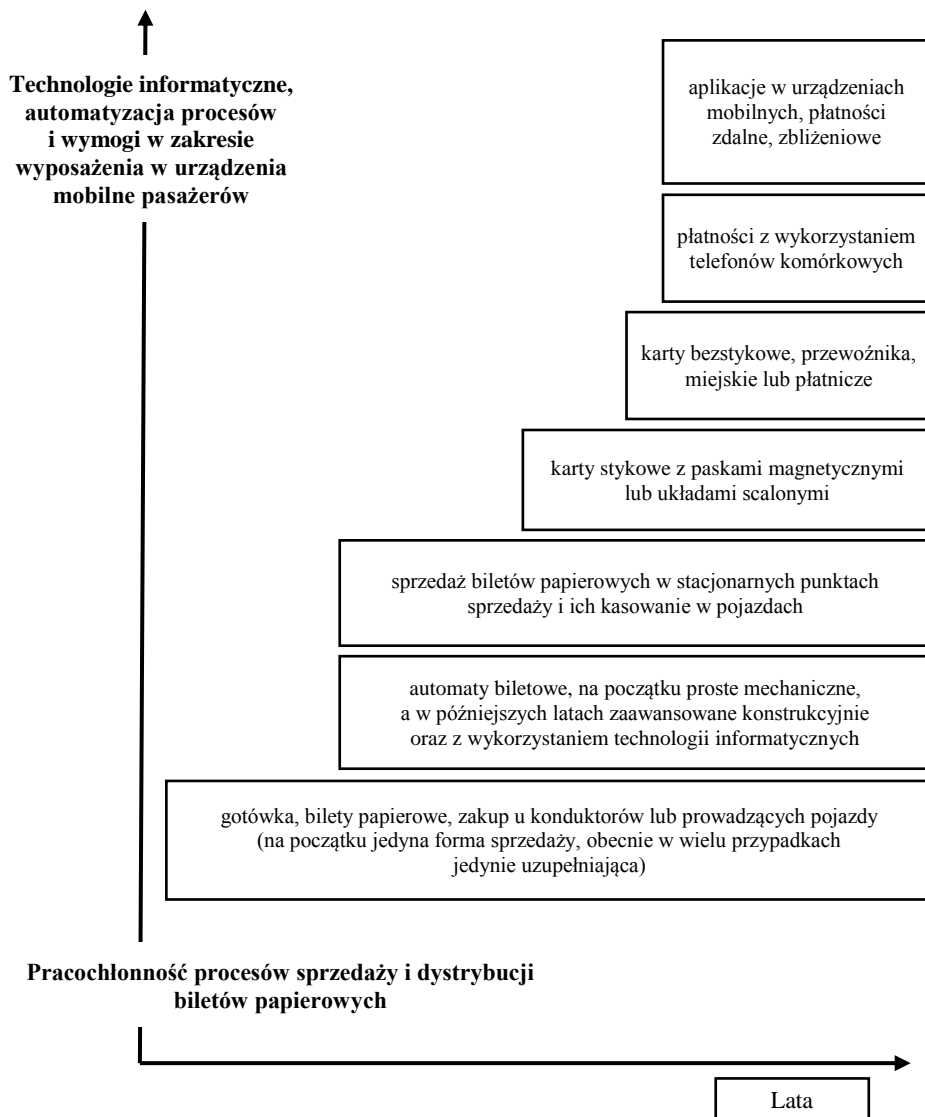
Zakup biletu – opłatę za usługę przewozu miejskiego transportu zbiorowego wnosi się bezpośrednio przed rozpoczęciem danego przejazdu lub w przypadku biletów na dany okres, przed jego rozpoczęciem. Są również rozwiązania, w których większą liczbę różnych rodzajów biletów można zakupić wcześniej, a przed rozpoczęciem danego przejazdu skasować ten, który z punktu widzenia rozwiązań taryfowych i samego pasażera jest najlepszy. Na przykładzie rozwiązania wdrożonego w kwietniu 2021 roku skasowanie biletu następuje po zeskanowaniu urządzeniem mobilnym odpowiedniego kodu QR, umieszczonego w pojeździe lub przy bramkach wejściowych do strefy, w której należy posiadać ważny bilet. Przez minutę po skasowaniu biletu na ekranie aplikacji będzie się na czerwono wyświetlał licznik upływającego czasu, a na trzy minuty przed końcem ważności biletu pasażer zostanie o tym fakcie powiadomiony przez aplikację. Jeśli jednak pasażer nie zamierza jeszcze wysiadać, to może wtedy dokupić drugi bilet lub wykorzystać bilet kupiony wcześniej, który automatycznie się aktywuje po zakończeniu ważności pierwszego biletu. Skorzystanie z funkcji

przedłużenia biletu oznacza, że nie trzeba skanować kodu w celu aktywacji nowego biletu⁹⁵. Inne zastosowanie kodów QR wdrożone w kwietniu 2020 roku w Warszawie to umieszczenie naklejek z kodami QR na przystankach miejskiego transportu zbiorowego. Kod ten po przeczytaniu przez urządzenie mobilne z włączoną funkcją aparatu fotograficznego przenosi na stronę internetową organizatora transportu zbiorowego z rozkładem jazdy dla danego przystanku. Pasażer może łatwo zorientować się, który autobus przyjedzie najszybciej, czy też, o której będzie ten, na który czeka, bez konieczności przeglądania wielu rozkładów w gablocie przystankowej lub odszukiwania danego przystanku w witrynie internetowej⁹⁶. Kody QR można wykorzystać również w celu ułatwienia odszukania w Internecie innych informacji umieszczanych w pojazdach lub na przystankach, mogą to być np. informacje taryfowe oraz o czasowych zmianach dotyczących tras lub godzin odjazdów. Ewolucję w sposobach wnoszenia płatności prezentuje rysunek 8.

Systematycznie przygotowywane są nowe rozwiązania mające poszerzyć funkcji i możliwości oferowane w ramach aplikacji oraz ułatwić samo nabywanie biletów. Przykładem może być łączenie funkcje planowania podróży z funkcją nawigacji oraz możliwości zakupu biletu. Użytkownik może zaplanować swoją podróż środkami transportu zbiorowego w określonej relacji, pozyskać informacje o przejazdach (często dane te prezentowane są w czasie rzeczywistym), rozkładzie jazdy, a także znaleźć swoje położenie na mapie. Oczywiście do prawidłowej pracy aplikacji niezbędne jest stałe połączenie z Internetem, a w przypadku korzystania z nawigacji, również włączenie funkcji lokalizacji w telefonie.

⁹⁵ Kasujemy bilety kupione przez komórkę, Archiwum, Zarząd Transportu Miejskiego w Warszawie, <https://www.wtp.waw.pl/newsy/2021/03/04/skasujemy-bilety-kupione-przez-komorke/> (dostęp: 20.07.2021).

⁹⁶ Kod QR na przystanku ułatwi sprawdzenie rozkładu jazdy, Archiwum newsów, Warszawski Transport Publiczny, <https://www.wtp.waw.pl/newsy/2020/04/17/kod-qr-na-przystanku-ulatwi-sprawdzenie-rozkladu-jazdy/> (dostęp: 20.07.2021).



Rysunek 8. Zmiany w sposobach wnoszenia płatności za usługi transportu zbiorowego

Inne innowacyjne rozwiązanie polega na montażu w pojazdach lub na przystankach dodatkowych urządzeń – beaconów. Beacons, czyli małe nadajniki sygnału radiowego, które mogą komunikować się z aplikacjami na smartfonach wykorzystując technologię BLE (*Bluetooth Low Energy*). Oznacza to, że gdy osoba posiadająca urządzenie mobilne z aktywnym Bluetooth znajduje się w ich pobliżu, nastąpi interakcja ze stosowną aplikacją, co pozwala ułatwić i zautomatyzować system zakupu biletów lub przekazywania informacji. Urządzenia zasi-

lane są bateriami, które ze względu na niski pobór prądu, mają dwa lub więcej lat żywotności, są też stosunkowo niedrogie⁹⁷. W przypadku sprzedaży biletów możliwe jest wówczas zautomatyzowanie tej czynności i rozpoczęcie jej bez udziału pasażera w momencie wejścia do pojazdów. Opłata za przejazd pobierana będzie automatycznie z rachunku karty podpiętej do aplikacji lub połączonego z nią konta. Korzystając z tego rozwiązania pasażerowie nie muszą znać regulacji taryfowych oraz wiedzieć, jaki bilet na daną trasę powinni wybrać – dzieje się to automatycznie. Potwierdzeniem wniesienia opłaty za przejazd jest wówczas kod QR generowany przez serwer i wysyłany na smartfon. Zakup biletu z wykorzystaniem aplikacji będzie uwzględniał zdefiniowanego przez użytkownika profil, a więc z uwzględnieniem wszelkich ulg. System może obsługiwać także przesiadki albo wcześniejszą rezygnację z podróży⁹⁸. Oczywiście wówczas wymaga to zmiany przyzwyczajenia użytkowników smartfonów i przed rozpoczęciem podróży włączenie również łącza Bluetooth⁹⁹. Rozwiązania wykorzystujące beacons zaczynają być znane również z innych dziedzin życia, chociaż nie są to urządzenia emitujące ultradźwięki, lecz beacons wysyłające fale radiowe, komunikujące się z urządzeniami mobilnymi za pomocą złącza Bluetooth. Tego typu beacons znalazły już zastosowanie np. w muzeach, do przekazywania zwiedzającym na ekranie ich smartfonów informacji o konkretnych ekspozycjach¹⁰⁰. W 2014 roku rozpoczęto także stołeczny projekt „Virtualna Warszawa”, polegający na użyciu beaconów w systemie informacji miejskiej i nawigacji w Warszawie¹⁰¹.

Innym rozwiązaniem jest montaż w pojazdach urządzeń emitujących sekwencję ultradźwięków niesłyszalnych dla ucha ludzkiego, ale odbieranych przez urządzenia mobilne osób podróżujących danym pojazdem. Gdy osoba posiadająca urządzenie mobilne z zainstalowaną odpowiednią aplikacją znajdzie się w zasięgu urządzenia, następuje stosowna komunikacja z urządzeniem i wywołanie odpowiedniej usługi – w tym przypadku dotyczącej biletów, których zakup pasażer potwierdza jedynie poprzez akceptację.

Możliwe jest również korzystanie z technologii NFC w płatnościach mobilnych, tj. radiowej komunikacji umożliwiającej bezprzewodową wymianę danych

⁹⁷ UTU, Beacons na gdyńskich przystankach ZKM, 2017, <https://www.mobilnagdynia.pl/transport-publiczny/429-beacons-na-gdynskich-przystankach-zkm> (dostęp: 20.07.2021).

⁹⁸ J. Uryniuk, JustTravel. Ta aplikacja odmieni podróż komunikacją miejską. Jest jednak jedno „ale”, 2016, <https://www.cashless.pl/1349-justtravel-ta-aplikacja-odmieni-podroz-komunikacja-miejska-jest-jednak-jedno-ale> (dostęp: 20.07.2021).

⁹⁹ Ibid.

¹⁰⁰ E. Lalik, O co chodzi z tymi Beaconami? To kolejna rewolucja technologiczna czy następny niewypał? 2014, <http://www.spidersweb.pl/2014/01/beacon.html> (dostęp: 19.7.2021).

¹⁰¹ <https://www.focus.pl/artykul/beacons-juz-wkrotce-w-warszawskich-urzedach> (dostęp: 20.07.2021).

na odległość do około 20 cm. Daje to możliwość szybkiego zakupu biletów miejskiego transportu zbiorowego poprzez zbliżenie telefonu obsługującego NFC do umieszczonej w środku transportu naklejki z fotokodem, odpowiadającej konkretnemu rodzajowi biletu. Kod naklejki można również zeskanować za pomocą przeznaczonych do tego aplikacji.

U większości dużych miast w Polsce użytkownicy telefonów komórkowych oraz smartfonów mają do wyboru co najmniej kilka systemów sprzedaży. W kwestii stosowanych sposobów zakupu można natomiast stwierdzić, że przeważają rozwiązania oparte na wykorzystaniu aplikacji mobilnych, chociaż spotykane są także rozwiązania przyjazne dla osób, które nie korzystają z Internetu – połączenia telefoniczne na wskazany numer lub zwykły sms. W części miast sprzedawane są nie tylko bilety jednorazowe, ale również okresowe, w tym bilety miesięczne. Warto dodać, że zawężenie do wybranych rodzajów sprzedawanych biletów nie wynika z uwarunkowań technicznych czy technologicznych systemów mobilnych, a z decyzji organizatorów miejskiego transportu zbiorowego. Wiązać się to może z faktem, że są to systemy sprzedaży poza bezpośrednim nadzorem organizatora – systemy firm zewnętrznych i przez nie prowadzone.

2.3. Automaty biletowe jako bezobsługowa sprzedaż na przystankach lub w pojazdach

Obok tablic, na których zamieszczane są informacje związane z ruchem środków przewozowych na dworcach i przystankach umieszczane są również inne urządzenia, związane z systemem transportu zbiorowego, wymienić można w szczególności automaty do sprzedaży biletów, różne systemy bramek umożliwiających wejście na perony lub przystanki, multimedialne kioski informacyjne oraz systemy monitoringu wizyjnego.

Historia automatów, z wykorzystaniem których prowadzi się sprzedaż, jest bardzo odległa, sięga starożytnego Egiptu – jak podają źródła jeden z pierwszych automatów po wrzuceniu monety dozował/sprzedawał wodę święconą, a powodem jego instalacji było ograniczenie pobierania dużych ilości wody przez odwiedzających świątynię. Rozwiązanie było proste, polegało na wykorzystaniu dźwigni i masy monety do otwarcia zaworu naczynia, z którego nalewała się woda, a zawór samoczynnie po chwili wracał do pierwotnego położenia¹⁰².

¹⁰² K. Segrave, *Vending Machines. An American Social History*, McFarland & Company, Jefferson, North Carolina – London 2002; Y. Higuchi, *History of the Development of Beverage Vending Machine Technology in Japan*, National Museum of Nature and Science: Survey Reports on the Systemization of Technologies, Vol. 7, March 2007, http://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/026_e.pdf (dostęp: 14.07.2021).

W różnych krajach inne były przyczyny rozwoju rynku automatów, początkowo często instalowano je w zakładach pracy, przyjmując, że pracownik musi podczas przerwy w pracy coś zjeść, zawierały żywność, napoje, w przeszłości papierosy. W automatach sprzedawano i sprzedaje się ponadto gazety, znaczki, koperty i wiele innych produktów, w praktyce to, na co jest zapotrzebowanie w danym miejscu. Automaty to nie tylko sprzedaż produktów materialnych, to także różnego rodzaju usługi, np. rozmienniania pieniędzy, przechowywanie bagażu za opłatą, wagi, automaty telefoniczne i wiele innych. Sama sprzedaż lub dostarczanie różnych usług z wykorzystaniem automatów odbywa się bez udziału obsługi, jednak urządzenia te nie działają bez wsparcia ludzi, konieczne jest bieżące dowożenie i uzupełnianie sprzedawanych produktów, wybór utargu, serwis, promocja czy chociażby również podłączenie samego automatu do źródła energii elektrycznej i zawarcie umowy z właścicielem danego miejsca (w budynku lub na zewnątrz) na możliwość korzystania z niego.

W Polsce pierwszym automatem, z wykorzystaniem którego prowadzona była sprzedaż biletów w miejskim transporcie zbiorowym, był montowany w pojazdach w latach 60. i 70. ubiegłego wieku automat KRAB (skrót od krajowa bileterka), sprzedający bilety jednonprzejazdowe normalne oraz ulgowe, początkowo w cenach 0,20 zł i 0,50 zł, a później 0,50 zł i 1 zł. Wówczas były to urządzenia mechaniczne i nie wymagały zasilania energią elektryczną, przez to też miały bardzo ograniczoną funkcjonalność. Działanie automatu KRAB montowanego w pojazdach było następujące – wrzucało się monetę, która opadała do zasobnika pod własnym ciężarem, następnie konieczne było naciśnięcie przycisku o dość dużym skoku, który powodował odwiniecie jednego biletu z umieszczonej wewnątrz automatu rolki papierowej z nadrukowanymi biletami. Bilet wysuwał się przez wykonaną w tym celu szczelinę – wówczas należało go odebrać. Urządzenie cechowała ograniczona funkcjonalność – możliwa sprzedaż jedynie dwóch rodzajów biletów za wskazaną kwotę – kupujący musiał posiadać monety stosownego nominału, gdyż automat nie miał możliwości wydawania reszty. Było też bardzo zwodne, co skutkowało stopniową rezygnacją z tych urządzeń, tym bardziej że nie były dostępne inne ich konstrukcje.

Rozwój technologii informatycznych, elektronika i automatyzacji znalazły zastosowanie również w automatach, w tym już w nowych generacjach automatów wykorzystywanych do pobierania opłat za usługi transportu zbiorowego. Systematycznie poszerzała się ich funkcjonalność, w przypadku sprzedaży biletów papierowych – w wyniku zastosowania drukarek wzrosła liczba rodzajów biletów – w automacie umieszczone są rolki papieru i to urządzenia sterujące drukarkami generują dany rodzaj biletu o określonym nominale, w zależności od wyboru przez kupującego oraz wniesionej opłaty. Kolejna ważna dla kupujących

funkcjonalność to wydawanie reszty, spowodowało to m.in. konieczność umieszczenia w automatach zasobników z monetami do wydawania reszty. Rozwój czytników identyfikujących banknoty pozwolił na przyjmowanie płatności nie tylko bilonem, ale również banknotami.

Kolejny etap rozwoju i poszerzenia funkcjonalności automatów wiąże się z płatnościami elektronicznymi oraz możliwością podłączenia automatu do Internetu, czy to wykorzystując połączenie przewodowe, czy co występuje częściej – bezprzewodowe w technologii GSM. W rezultacie automaty mogą również przyjmować płatności wnoszone kartami płatniczymi, ponadto w przypadku stosowania płatności lub biletów umieszczanych na kartach elektronicznych, karty te można stosownie zasilić lub zapisać na nie zakupione bilety w automatach. Łączność poprzez Internet umożliwia również bieżące monitorowanie pracy automatu, m.in. prowadzenie sprzedaży, ewentualnych usterek, w tym też rodzaju usterki, potrzebie wykonania określonej czynności, np. uzupełnienie zasobnika z monetami do wydawania reszty czy też papieru, wielkości sprzedaży i wielu innych. Również zmiany cen biletów nie wymagają, jak to miało miejsce wcześniej, dokonania zmian w automacie poprzez wymianę lub przeprogramowanie odpowiednich modułów pamięci – teraz wykonuje się to zdalnie.

Przyjmowanie płatności kartami płatniczymi znacząco zmniejszyło pracochłonność czynności związanych z obsługą automatów. Sprzedaż biletów z funkcją jedynie płatności gotówkowych wymaga wykonywania wielu czynności, które trudno jest też poddać automatyzacji. Konieczny jest systematyczny przywóz utargu z automatów, następnie sprawdzenie, czy nie ma banknotów lub bilonu fałszywego, sortowanie i liczenie – tu wykorzystuje się specjalne urządzenia – oraz przewóz do banku. Niestety płatność monetami czasami skłaniała do nieuczciwości poprzez wrzucanie monet wykorzystywanych w innych krajach – podobne wielkością i masą, jak polskie, jednak mniejszej wartości lub różnych metalowych krążków odpowiadających rozmiarem i wagą monetom polskim. Odróżnienie monet oraz banknotów prawdziwych od różnego typu fałszywych jest w automatach pewnym wyzwaniem. Wymaga to okresowej kalibracji czytników, jednak precyzyjne przyjęcie parametrów wzorców powoduje, że np. część monet będących w obiegu niekoniecznie będzie przez automat przyjęta. Wiąże się to z tym, że będące w obiegu banknoty i monety zużywają się – tracąc stopniowo niektóre cechy i właściwości. Najszybciej swoje walory użytkowe tracą te pełniące przede wszystkim funkcje transakcyjne, które częściej zmieniają właściciela, czyli te o najniższych nominałach¹⁰³. W szczególno-

¹⁰³ Trwałość banknotów i monet jest ograniczona, 2020, <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Trwalosc-banknotow-i-monet-jest-ograniczona-7821688.html> (dostęp: 14.07.2021).

ści w przypadku monet ich zużycie polega na wytarciu, przez co z czasem zmienia się średnica, jak i masa monety. Powodem nieprzyjęcia monety może być jej zabrudzenie w postaci nalotu, co z kolei może zwiększać jej masę, lub fakt, że moneta jest np. mokra. W automatach stosuje się również rozwiązanie, w którym ta sama wrzucona moneta po ewentualnej rezygnacji z zakupu podlega zwrotowi, nie wędruje do zasobnika i nie dokonuje się zwrotu spośród monet będących w zasobniku.

Płatności elektroniczne eliminują czynności związane z przewozem, sortowaniem i liczeniem utargu oraz monet do wydawania reszty. Oczywiście część przyjmowanych monet można wykorzystać do wydawania reszty, jednak należy też mieć na uwadze możliwą sytuację, w której automat wcześniej przyjął np. podrobioną monetę, a nie jest dobrym rozwiązaniem z punktu widzenia wizerunku organizatora transportu, jeśli miałyby być ona wydana jako reszta innemu pasażerowi. Poza tym trudno zbilansować nominały, w których wnoszone są płatności z tymi niezbędnymi do wydawania reszty, powoduje to konieczność z jednej strony wyboru monet, a z drugiej uzupełniania wybranych nominałów do wydawania reszty. Płatności elektroniczne eliminują problemy zarówno z wydawaniem reszty, jak i możliwego przyjęcia możliwych podrobionych monet lub banknotów, czy też trudności z przyjęciem prawdziwych. Ponadto w przypadku płatności elektronicznych w automacie znajduje się mniejsza ilość gotówki lub w przypadku przyjmowani wyłącznie płatności elektronicznych, automat nie gromadzi gotówki. Zmniejsza to ryzyko dewastacji urządzenia, gdyż jedną z przyczyn zniszczeń jest chęć zagarnięcia środków pieniężnych. W praktyce dewastacja i zniszczenie automatu skutkują jego demontażem i czasochłonną (konieczność zamawiania części) oraz często też kosztowną naprawą.

Nowoczesne automaty wyposażone w ciekłokrystaliczne ekrany często oprócz funkcji sprzedaży biletów mogą być również elementem systemu informacji pasażerskiej – przede wszystkim o taryfie i sieci połączeń, ale również godzinach odjazdu w czasie rzeczywistym. Tu ograniczeniem może być to, na ile czas potrzebny na uzyskanie takiej informacji, w którym uniemożliwia się innym osobom dokonanie zakupu biletów, nie będzie powodował konfliktów z tymi osobami.

Z wykorzystaniem automatów biletowych możliwe jest zapewnienie w wybranych miejscach sprzedaży biletów przez 24 godziny na dobę i 7 dni w tygodniu. Stanowią one zatem uzupełnienie tradycyjnej stacjonarnej sprzedaży biletów i zapewniają sprzedaż w godzinach i dniach, gdy punkty stacjonarne nie są czynne. Należy jednak mieć na uwadze, że są to obecnie drogie urządzenia, ich cena związana jest ze znacznym zaawansowaniem technologicznym, wpływ na nią ma również to, że występują w wielu konfiguracjach – w zależności od po-

trzeb sformułowanych przez zamawiającego, co powoduje, że w praktyce produkowane są pod konkretne zawarte umowy. Wysokie ceny zakupu automatów umożliwiających wniesienie płatności gotówkowej lub kartą płatniczą, nabycie biletu papierowego lub elektronicznego, powodują, że z reguły jest ich mniej niż liczba miejsc, w których dobrze byłoby zlokalizować taki automat. Pojawia się często problem wyboru lokalizacji automatu, nie budzi dyskusji lokalizacja automatów na dworcach oraz w ważniejszych punktach przesiadkowych lub ruchotwórczych w miastach. W przypadku pozostałych miejsc pojawia się pytanie, na ile kryterium ma być osiągnięta w danym miejscu wielkość sprzedaży, a na ile lokalizować automaty w miejscach, w których wielkość sprzedaży jest mniejsza, jednak nie ma w sąsiedztwie jakichkolwiek innych punktów, w których można zakupić bilet, a jest to miejsce istotne dla danej dzielnicy lub z punktu widzenia liczby rozpoczynanych podróży. Do rozważenia jest inna strategia, polegająca na ograniczeniu funkcjonalności, np. w zakresie przyjmowania płatności gotówkowych oraz wydawania reszty, i tym samym obniżeniu cen nabywanych automatów, co umożliwi zwiększenie ich liczby, a więc też dostępności. Obniży się również znacząco koszty obsługi automatów. Można przyjąć, że zmiany będą dalej idące, bilety elektroniczne mają postać niematerialną, stąd nie jest konieczny automat, jak w przypadku sprzedaży żywności lub napojów. A zatem upowszechnianie możliwości zakupu biletów poprzez witryny internetowe oraz aplikacje w smartfonach, jest i będą alternatywnymi sposobami zakupu, atrakcyjnymi również dla samego organizatora transportu. W przypadku automatów koszt ich nabycia oraz później całej obsługi obciąża sprzedającego, natomiast w przypadku smartfonów są one kupowane przez ich użytkowników i to oni ponoszą ryzyko poprawnego ich działania, a także koszt połączenia z Internetem. Zatem urządzenia wykorzystywane do zakupu biletów w przypadku Internetu lub aplikacji na urządzenia mobilne obciążają kupujących. Różnice w kosztach widoczne są podczas porównanie warunków – dla operatorów zewnętrznych – sprzedaży biletów miejskiego transportu zbiorowego za pośrednictwem telefonów komórkowych oraz warunków sprzedaży biletów z wykorzystaniem automatów biletowych. W przypadku sprzedaży za pośrednictwem telefonów komórkowych uzyskuje się upust w wysokości ok. 3,5%, natomiast w przypadku stacjonarnych automatów biletowych upust w wysokości ok. 6,8%, czyli blisko dwa razy większy¹⁰⁴. W miejskim transporcie zbiorowym w Polsce do rzadkości

¹⁰⁴ Wymagania dla podmiotów zainteresowanych sprzedażą biletów komunikacji miejskiej w Warszawie za pośrednictwem telefonów komórkowych, Zarząd Transportu Miejskiego w Warszawie, <https://www.ztm.waw.pl/wspolpraca-sprzedaz-biletow/wymagania-dla-podmiotow-zainteresowanych-sprzedaza-biletow-komunikacji-miejskiej-w-warszawie-za-posrednictwem-telefonow-komorkowych/> (dostęp: 14.7.2021).

należy model, w którym sprzedają poprzez automaty zajmują się podmioty zewnętrzne, co w przypadku sprzedaży przez automaty innych dóbr jest powszechne. W Polsce najczęściej to organizatorzy transportu kupują automaty i później zapewniają ich obsługę. Zlecenia zewnętrzne najczęściej wiążą się z naprawami uszkodzeń oraz wyborem i przewozem kaset z gotówką.

2.4. Mobilność jako usługa kierunkiem zmian w systemach transportu miejskiego

2.4.1. Przesłanki wdrażania zintegrowanej usługi mobilności

W ostatnich kilkunastu latach na szerszą skalę rozwinęła się w miastach infrastruktura oraz usługi różnych sposobów przemieszczeń, uzupełniających systemy transportu zbiorowego oraz przemieszczeń indywidualnych prywatnymi samochodami osobowymi. Wymienić można przemieszczanie w formule krótkoterminowego najmu samochodów osobowych (car-sharing), systemy car-poolingu, możliwość korzystania ze skuterów, hulajnóg czy rowerów miejskich. Uzupełniają to tradycyjne taksówki lub nowoczesne rozwiązania w tym zakresie, takie jak Uber, Bolt czy FREENOW. W części są to usługi prywatne, świadczone przez różnych operatorów, a niektóre z nich, jak chociażby systemy rowerów miejskich, to przedsięwzięcia miast. W większości przypadków nowe usługi nie są zintegrowane i zarządzane wspólnie z transportem zbiorowym, pomimo że świadczenie usług odbywa się w tym samym obszarze, a nowe usługi mogłyby pełnić rolę komplementarnych w stosunku do usług transportu zbiorowego i w ten sposób prowadzić do zrównoważenia mobilności miejskiej.

Stworzenie alternatywy dla przemieszczeń prywatnymi samochodami osobowymi wymaga zaoferowanie całościowych usług przemieszczeń – od drzwi do drzwi, tak jak to przebiega podczas przemieszczeń samochodami osobowymi. Usługi świadczone przez podmioty zarządzające miejskim transportem zbiorowym powinny być tak kształtowane, aby możliwe było skorzystanie ze środka przewozowego jak najbliżej miejsca zamieszkania czy innego miejsca rozpoczęcia podróży. Nie powinno się liczyć na dojście pasażerów do przystanków, zwłaszcza w obszarach o niskiej zabudowie i niezbyt dobrej dostępności przestrzennej transportu zbiorowego. Powinno się również w strategiach rozwoju usług uwzględnić coraz większą złożoność i wielość wzorców podróży, co powoduje, że rozwiązania z przeszłości, oparte na powtarzalnych każdego dnia podróżach z wykorzystaniem biletów miesięcznych, stały się przeszłością.

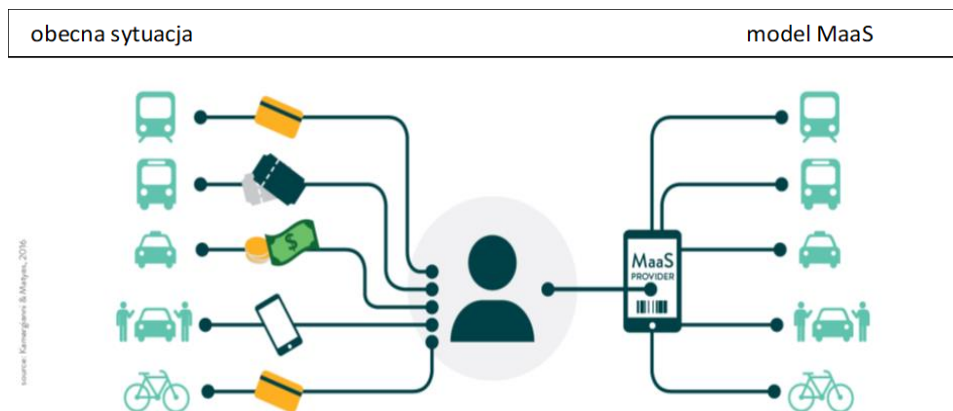
Jako jedno ze wskazywanych w raportach i publikacjach w ostatnich kilku latach rozwiązań jest podejście do transportu miejskiego w sposób uwzględniający i integrujący wszystkie formy przemieszczania się, również te opierające się na współdzieleniu środków transportowych¹⁰⁵, podejście polegające na zintegrowaniu różnych form przemieszczania – Mobility as a Service (MaaS). Jest to podejście nowe, nieliczne rozwiązania są w fazach pilotażowych, wymagające jeszcze dalszej dyskusji, wymiany doświadczeń i dopracowania, zwłaszcza w zakresie zasad i modeli współpracy uczestników tych rozwiązań. U źródeł przemawiających za tym modelem usług świadczonych w miastach jest dostępność zaawansowanych technologii informatycznych oraz cyfryzacja społeczeństwa, co jest kluczowym czynnikiem nowego rozwiązania. Przewiduje się bowiem integrację różnych usług przewozowych w ramach platform i systemów informatycznych. Uzupełnia to przykładanie mniejszej wagi do własności samochodu oraz akceptacja przez młodsze pokolenia rozwiązań opartych o współdzielenie.

Rozszerzenie funkcjonalności dotychczasowych systemów informacji oraz sprzedaży usług transportowych o środki transportu oferowanych w ramach krótkoterminowego najmu (car sharing, rowery miejskie, rowery i skutery elektryczne) oznacza poszerzenie integracji transportu¹⁰⁶, przejście od najczęściej spotykanego obecnie podstawowego zakresu integracji, do integracji pełnej, zaawansowanej. Integracja podstawowa w obszarze sprzedaży to możliwość zakupu biletu umożliwiającego przejazdu miejskim transportem zbiorowym organizowanym przez dane miasto lub grupę miast oraz transportem kolejowym. Czasami rozwiązania mają postać sprzedaży łącznie biletu miejskiego transportu zbiorowego i kolejowego – udziela się wówczas rabatu. Integrację podstawową w sferze sprzedaży uzupełniała integracja informacji, koordynacja rozkładów jazdy oraz powiązanie z transportem indywidualnym w systemach parkingów

¹⁰⁵ M. Kamargianni, M. Matyas, W. Li, A. Schäfer, Feasibility Study for “Mobility as a Service” Concept in London. FS-MaaS Project – Final Deliverable, UCL Energy Institute, Department for Transport, London 2015, <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/energy/sites/bartlett/files/fs-maas-compress-final.pdf>; L. Signor, P. Karjalainen, M. Kamargianni, M. Matyas, I. Pagoni, T. Stefanelli, G. Galli, P. Malgieri, Y. Bousse, V. Mizaras, G. Aifadopoulou, S. Hoadley, M. De Roeck, K. Kishchenko, T. Geier, Mobility as a Service (MaaS) and Sustainable Urban Mobility Planning, ERTICO – ITS Europe, European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans, Brussels 2019, https://www.eltis.org/sites/default/files/mobility_as_a_service_maas_and_sustainable_urban_mobility_planning.pdf (dostęp: 21.08.2021); A. Laine, T. Lampikoski, T. Rautiainen, M. Bröckl, C. Bang, N. Stokkendal Poulsen, A. Kofoed-Wiuff, Mobility as a Service and Greener Transportation Systems in a Nordic Context, Report „Mobility as a Service”, Nordic Council of Ministers, ThemaNord, Copenhagen 2019, <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1267951/FULLTEXT01.pdf> (dostęp: 21.08.2021).

¹⁰⁶ A. Koźlak, Mobility-as-a-Service jako postęp w integracji transportu, „Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG” 2020, nr 23(5), s. 7-17, [https://www.ejournals.eu/PKGKPTG/2020/23\(5\)/art/18648/](https://www.ejournals.eu/PKGKPTG/2020/23(5)/art/18648/)

park and ride. Integracja pełna – zaawansowana, usługa mobilności (rysunek 9), to poszerzenie integracji podstawowej i stworzenie systemu wraz z informacją o możliwości przemieszczeń pomiędzy wskazanymi punktami, z wykorzystaniem wszystkich dostępnych (z wyłączeniem prywatnego samochodu osobowego) w mieście sposobów przemieszczeń, od taksówki przez różne środki w systemach najmu z uwzględnieniem multimodalności i transportu zbiorowego. W systemie tym powinna być możliwość nabycia abonamentu na pełen zakres usług lub też zakres podstawowy z dopłatami za niektóre z nich.



Rysunek 9. Sposoby płatności – obecna sytuacja oraz w modelu mobilności jako usługi (MaaS)

Źródło: M. Kamargianni, M. Matyas, *The Business Ecosystem of Mobility as a Service*, 96th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, Washington, D.C., 8-12 January 2017, s. 5, https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10037890/1/a2135d_445259f704474f0f8116ccb625bdf7f8.pdf

Dopiero łatwy dostęp do informacji o różnych możliwościach przemieszczenia, czasie ich trwania i kosztach daje osobie zamierzającej się przemieścić informacje o kompletnej usłudze przemieszczenia i realny wybór, np. w przypadku transportu zbiorowego – dostęp do informacji o możliwych sposobach dotarcia do przystanku początkowego oraz później z przystanku do miejsca docelowego, zwłaszcza gdy najbliższy przystanek jest dość odległy od źródła lub celu podróży. Jest to istotna zmiana, dotychczas bowiem tylko sposób, w jaki przebiegnie podróż w przypadku użycia prywatnego samochodu osobowego był znany, natomiast bez integracji i wdrożenia stosownych systemów informatycznych nie są znane możliwe opcje i sam przebieg przemieszczenia w sytuacjach, w których korzysta się częściowo z transportu zbiorowego, a na części trasy (najczęściej początkowej lub końcowej) ze środków transportowych w ramach krótkoterminowego najmu. Wdrożenie będzie polegało na stworzeniu platformy

integrującej usługi różnych podmiotów oraz oferującej zintegrowane opłaty za korzystanie z nich.

Rozwiązania, w których zakłada się integrację różnych sposobów przemieszczania się w ramach jednej platformy – usługi (MaaS), są rozwiązaniami nowymi, będącymi w fazach badań i koncepcji, a jeśli już sprawdzanymi, to często w ograniczonym zakresie i na zasadach pilotażu. Należy jednak zwrócić uwagę, że zainteresowanie tymi rozwiązaniami występuje w różnych miastach na różnych kontynentach i pokłada się w nim duże nadzieje dla usprawnienia mobilności w miastach, a też ograniczenia negatywnych skutków przemieszczeń dla środowiska. Na obecnym etapie przygotowań i prac zauważa się brak doświadczeń i ukształtowanych rozwiązań, zwłaszcza w zakresie modeli biznesowych rozwiązania. Zakłada się bowiem znaczny zakres współpracy z podmiotami sektora prywatnego, zarówno w samym stworzeniu platformy, jak i w świadczeniu usług najmu środków przewozowych czy wykonywania przewozów. Przyjmuje się uczestnictwo wielu podmiotów, z możliwością dołączania kolejnych, bez nadmiernych i znaczących kosztów wejścia do tych systemów. Ograniczenie kosztów wejścia wiąże się również z tym, że część z nich to podmioty małe, nie dysponujące takimi zasobami finansowymi, jak duzi publiczni operatorzy i przewoźnicy transportu zbiorowego. Poza tym ceny usług w rozwiązaniu MaaS muszą być konkurencyjne do kosztów przemieszczeń samochodami osobowymi, a wysokie koszty wejścia ograniczą dołączanie kolejnych podmiotów oraz przełożą się na koszt funkcjonowania całego systemu. Wymaga to wypracowania przejrzystych, niedyskryminujących i obiektywnych kryteriów dołączania do systemu, a w sytuacji finansowania ze środków publicznych, procedur udzielania zamówienia poprzedzających zawarcie umowy, tak aby było to realizowane zgodnie z regulacjami prawnymi w tym zakresie.

Kolejnym wyzwaniem jest stworzenie reguł pozyskiwania i przetwarzania danych, zwłaszcza że ze względu na płatności dane wiążąc się będą z identyfikacją osób korzystających z systemu, numerów kart płatniczych, a także danymi lokalizacyjnymi. Zapewnienie bezpieczeństwa przetwarzania danych w rozwiązaniach, w których uczestniczy wiele podmiotów, jest obarczone większym ryzykiem. Również wyzwaniem jest i będzie zapewnienie realnej interoperacyjności systemu, co wymaga niemałych wcześniejszych prac planistycznych dla takich systemów, a później dyscypliny podczas wdrożenia i odbiorów.

Usługi przewozowe świadczone dotychczas poza systemami miejskiego transportu zbiorowego – w przypadku ich świadczenia przez podmioty prywatne – świadczone są w taki sposób, aby zapewnić ich rentowność. Wpływa to na zakres i miejsce świadczenia usług, najczęściej nie są one świadczone w dzielnicach o niskiej zabudowie i tym samym niewielkiej liczbie mieszkańców i miejsc

pracy. Wdrożenie MaaS będzie oznaczało konieczność zapewnienia dostępności do tych usług, a to z kolei poszerzenie czy powstanie nierentowności.

MaaS jest rozwiązaniem innowacyjnym mającym zwiększyć wykorzystanie transportu zbiorowego oraz zapewnić wysoką jakość świadczonych usług. Wdrażanie takich rozwiązań to z jednej strony przełamanie barier, którymi są zawsze istniejące rozwiązania i struktury oraz naturalna niechęć do zmian. To wszystko dzieje się w dynamicznie zmieniającym się środowisku miejskim, zmieniającym się nastawieniu i oczekiwaniach formułowanych pod adresem sektora publicznego oraz usług publicznych. Pomimo wielu barier i ograniczeń, wdrażając nowe innowacyjne rozwiązanie, konieczne jest odpowiednie podejście, posiadanie strategii zmian, sformułowanych celów, motywacji wdrażania zmian i rozwoju, otwartości na dyskusje i decyzyjności w ramach struktur organizacyjnych, a także elastycznych umów z podmiotami zewnętrznymi. Należy przewidzieć różne sytuacje, możliwości zmian i sposoby finansowania. Można dodać, że podczas wdrażania innowacji częste są sytuacje, w których mogą występować zadania i tym samym koszty, które trudno było przewidzieć podczas przygotowywania przedsięwzięcia.

2.4.2. MaaS jako rozwiązanie informatyczne, integracja systemów oraz aplikacji związanych z mobilnością

Wdrożenie usługi MaaS jest wyzwaniem wymagającym takich rozwiązań organizacyjnych i ekonomicznych, aby dla uczestniczących podmiotów, zwłaszcza podmiotów prywatnych oferujących obecnie różne usługi przemieszczeń, generowało korzyści wymierne finansowo, z kolei dla miasta oraz organizatora miejskiego transportu zbiorowego – korzyści związane z wzrostem udziału przemieszczeń realizowanych transportem zbiorowym oraz korzyści środowiskowe. Zakłada się bowiem, że podmioty o kapitałach prywatnych, w szczególności oferujące usługi krótkoterminowego najmu jednośladów lub samochodów osobowych, taksówki oraz podmioty dostarczające różnego typu aplikacje (płatności bezgotówkowe, sprzedaż biletów i wnoszenie opłat, planery przejazdów), będą uczestniczyły w systemie MaaS na zasadzie dobrowolności. System powinien być otwarty, podmioty te będą mogły z niego wyjść, a inne – wejść.

Niezależnie od samych rozwiązań związanych z cenami, dopłatami publicznymi oraz zasadami podziału środków ze sprzedaży usług, system MaaS to rozwiązanie wykorzystujące technologie informatyczne oraz związane z zagadnieniami prawnymi. Wdrożenie tego systemu wymaga integracji funkcjonujących obecnie aplikacji – można jednocześnie przypuszczać, że w części przy-

padków konieczne będzie również stworzenie aplikacji nowych. Integracja systemów informatycznych, a w ich ramach różnych aplikacji, nie jest obecnie czymś nowym i niewykonalnym. Integruje się różne moduły w ramach podmiotu i/lub systemy różnych podmiotów. Na zasadzie analogi można wskazać, że sklepy prowadzące handel internetowy różnymi dobrami korzystają z systemów sprzedażowych, w ramach których integruje się dane, aplikacje różnych działalności i różnych podmiotów.

Obecnie używane przez pasażerów aplikacje w większości przypadków nie są własnością organizatorów, prawa posiadają do nich różne podmioty prywatne, rozwijane były w różnych technologiach i okresach, można również przypuszczać, że podczas ich tworzenia w części przypadków przewidziano w przyszłości integrację, np. z wykorzystaniem interfejsu programowania aplikacji API (ang. *Application Program Interface*), w części niestety nie. Integrację może również utrudniać brak aktualnej dokumentacji do tych aplikacji, a wraz z rozwojem aplikacji czasami zaniedbuje się też tworzenie stosownej dokumentacji, czasami jest ona celowo zbyt ogólna, co może z kolei wynikać z niechęci udostępniania informacji o tworzonym oprogramowaniu, ponadto tworzy monopol dotychczasowego dostawcy oprogramowania na dalsze prace nad nim – zwiększa koszty przy zmianie podmiotu na inny. Zadbanie o właściwe rozwiązania wymaga zespołów o profesjonalnych kompetencjach po stronie zamawiającego, tak aby podmiot wykonujący zamówienie wykonał je w sposób spełniający nie tylko oczekiwania pod względem realizowanych funkcji, ale również interoperacyjne i by nie wymagało ono nadmiernych kosztów podczas integracji.

Zarówno w podmiotach transportu zbiorowego, jak i podmiotach oferujących środki przewozowe w ramach krótkoterminowego najmu, są już wdrożone różne informatyczne systemy zarządzania usługami, powszechnie korzysta się z systemów płatności elektronicznych oraz usług lokalizacji i przesyłania informacji o położeniu środków przewozowych. Również rozwinięte są systemy informacji internetowej o dostępnych usługach. Stąd przedsięwzięcie MaaS – oprócz wypracowania zasad przepływów finansowych oraz podziału ryzyka – będzie skupiało się przede wszystkim na integracji lub stworzeniu nowego systemu oferowanego przez operatora MaaS. Należy stwierdzić, że jest to konieczne również z innych względów. Obecnie planując podróż miejskim transportem zbiorowym pasażerowie korzystają z różnych aplikacji w zakresie płatności za usługę czy też zaplanowania podróży, o których informacja jest w witrynie organizatora. Jednak brakuje deklaracji lub oświadczenia organizatora w zakresie bieżącej aktualizacji danych o świadczonych usługach. Na ile to organizator przyjmuje na siebie odpowiedzialność za nieaktualne dane w planach połączeń lub niemożność dokonania np. przed wejściem do pojazdu zakupu biletu z apli-

kacji mobilnej pomimo posiadania środków na koncie, połączenia z Internetem oraz postępowania zgodnie z instrukcją. Dla korzystających ważne są także informacje dotyczące ochrony danych osobowych. Nie można wykluczyć również luk w zabezpieczeniach, co może być groźne z uwagi na przetwarzanie danych osobowych istotnych dla pasażera. Obecnie w przypadku korzystania z kilku aplikacji, konieczne jest ich pobranie, często też mają różne interfejsy, co nie ułatwia korzystania z nich, ponadto dane osobowe przetwarzane są przez różne podmioty, co zwiększa obawy korzystających z usług w zakresie nieuprawnionego dostępu do danych osobowych.

Istotnym będzie również takie zaprojektowanie interfejsów użytkownika, aby uwzględnić różne grupy społeczne z ich oczekiwaniami i możliwościami korzystania z danych rozwiązań. Konieczne jest tu łączenie wiedzy informatycznej z wiedzą psychologiczną i społeczną o przetwarzaniu informacji oraz funkcjonalnościami aplikacji. Szczególnie ważna jest intuicyjność rozwiązań. Konieczne będzie także zapewnienie interoperacyjności systemu, tak aby kolejne – nowe – podmioty mogły bez większych problemów dołączać do tego systemu.

Wdrożenie w zakresie technologii informatycznych powinno przebiegać tak, jak w klasycznym projekcie informatycznym, a mianowicie od sformułowania zakresu prac, wstępnego szacunku kosztów, oczekiwanych rezultatów, koncepcji systemu i później przygotowania studium wykonalności. System informatyczny MaaS jest częścią większego przedsięwzięcia, jakim jest przygotowanie i wdrożenie rozwiązania MaaS – stąd studium wykonalności powinno dotyczyć całego przedsięwzięcia. Na etapie studium wykonalności oceni się m.in. kwestie organizacyjno-prawne oraz technologiczne stworzenia systemu informatycznego MaaS, dokona szacunku kosztów i korzyści oraz opłacalności z finansowego i ekonomicznego punktu widzenia. Na tym etapie będzie można podjąć decyzję co do dalszego postępowania, tj. prowadzenie dalszych prac, ewentualnie modyfikacja założeń lub odłożenie przedsięwzięcia w czasie.

Dostępne publikacje wskazują na potrzebę tworzenia i wdrażania systemów MaaS, wykonalność samego przedsięwzięcia i korzyści z punktu widzenia ułatwień w mobilności oraz mniejszego obciążenia środowiska miasta¹⁰⁷. Jednak należy zwrócić uwagę, że dotychczasowe pilotaże oraz oceny nie były dokonane dla warunków polskich, stąd trudno przesądzać wyniki dla polskich miast. Są bowiem różnice pomiędzy miastami nie tylko w zakresie liczby mieszkańców i gęstości zaludnienia lub liczby osób przebywających w ciągu dnia w mieście, ale także samej polityki transportowej w miastach, w tym rozwiązań w zakresie

¹⁰⁷ M. Kamargianni, M. Matyas, W. Li, A. Schäfer, Feasibility Study for “Mobility as a Service”..., op. cit.

kształtowania podziału zadań przewozowych pomiędzy transport zbiorowy i indywidualny. Do tego dochodzą różnice w poglądach, stylu życia i świadomości ekologicznej mieszkańców, a w rezultacie w zakresie podejścia do przemieszczeń indywidualnymi samochodami oraz korzystania z rozwiązań oparte o współdzielenie oraz zainteresowania i nasycenia usługami najmu krótkoterminowego pojazdów.

O powodzeniu przedsięwzięcia będą również decydowały działania z zakresu lokalizacji infrastruktury systemu, lokalizacji stacji rowerów oraz miejsc parkingowych i postojowych dla pojazdów wykorzystywanych w ramach systemu. W okresie przed wdrożeniem systemu MaaS, systemy rowerów miejskich oraz pojazdów wykorzystywanych w ramach krótkoterminowego najmu lub współdzielenia najczęściej nie były zintegrowane z transportem zbiorowym. W części przypadków np. o lokalizacji stacji rowerów miejskich decydowały względy reklamodawców, można było spotkać lokalizacje przy stacjach paliw, co nie zapewniało dogodności przesiadek na transport zbiorowy, ani też bliskiego dojazdu do miejsca zamieszkania lub pracy. Konieczne jest zatem umożliwienie parkowania jednośladów i samochodów osobowych wykorzystywanych w ramach MaaS w sąsiedztwie przystanków transportu zbiorowego oraz miejscach stanowiących cele podróży – miejsca pracy i nauki, zamieszkania, centrum administracyjne miast, zakupy i wypoczynek. Zwrócić należy uwagę na fakt, że wraz z wdrażaniem systemu MaaS pojawią się oczekiwania zapewnienia dojazdów jednośladami lub samochodami osobowymi funkcjonującymi w ramach systemu, do przystanków miejskiego transportu zbiorowego, również w obszarach o małej gęstości zaludnienia. System MaaS stanie się systemem świadczenia usług publicznych, stąd trudno będzie ograniczać dostępność do usług, biorąc pod uwagę tylko kryterium liczby korzystających czy też uzyskiwanych dochodów ze sprzedaży. Należy również zwrócić uwagę na zmiany zachowań ludzi w zależności od warunków atmosferycznych, okres zimowy jest dużym ograniczeniem w korzystaniu z jednośladów, istotne są tu względy niskiej temperatury oraz opadów deszczu i śniegu, co tworzy nieprzyjemne warunki podczas korzystania zwłaszcza z jednośladów oraz też kwestie bezpieczeństwa.

Podczas wdrażania istotna jest orientacja dostarczanych usług jako przede wszystkim komplementarnych do przemieszczeń transportem zbiorowym. Chodzi tu o rozwiązania, w których z bardziej odległych miejsc będzie można dojechać do przystanków transportu zbiorowego, czy to jednośladami, czy też samochodami osobowymi. Wymaga to rozwiązań infrastrukturalnych, podporządkowaniu systemowi mobilności jako usługi lokalizacji stacji rowerów miejskich oraz tworzeniu miejsc parkowania dla samochodów osobowych w sąsiedztwie przystanków, a w przypadku deficytu takich miejsc, dedykowania ich dla pojazdów

systemu car-sharingu. Jeśli nie wdroży się tych rozwiązań, wówczas nienajlepsza przestrzenna dostępność przystanków transportu zbiorowego będzie bezpośrednio wpływała na korzystanie na całej trasie przemieszczenia z samochodu osobowego.

Wdrożenie nowoczesnych systemów zarządzania transportem zbiorowym wiąże się ze zbieraniem i przetwarzaniem szerokiego zakresu danych. Dane te dotyczą nie tylko lokalizacji, parametrów ruchu środków transportowych oraz wielkości przewozów realizowanych przez poszczególne środki transportowe, ale również siłą rzeczy lokalizacji osób – korzystających z kart miejskich oraz odcinków, na których odbywały one przejazdy. W założeniach systemów MaaS podaje się zbieranie wielu danych pasażerów i na tej podstawie tworzenie ofert oraz domyślnych propozycji w zakresie sposobu odbycia podróży. Nie negując takich rozwiązań, już teraz odnosi się wrażenie bardzo szerokiego zakresu danych, których wprowadzenie jest często warunkiem korzystania z danej aplikacji. Powszechnie są to imię i nazwisko, adres, nr telefonu, data urodzenia, w przypadku płatności wymagany jest nr karty płatniczej lub przedpłacenie stosownej kwoty oraz inne. Korzyścią w przypadku MaaS oraz prowadzenia sprzedaży przez publicznego organizatora transportu będzie podawanie danych tylko w ramach jednej zintegrowanej aplikacji, aczkolwiek z czego podający nie zdaje sobie sprawy, mogą one potem być na potrzeby działania systemu replikowane. Inną korzyścią jest przetwarzanie danych przez podmiot publiczny, co zmniejsza ryzyko nieuprawnionego dostępu do danych. Znajduje to również wyraz w poglądach korzystających z usług, na podstawie przeprowadzonych badań stwierdza się, że konsumenci mniej obawiają się dzielenia swoimi danymi osobistymi, jeśli mają zaufanie do podmiotu zbierającego ich dane¹⁰⁸. Można przypuszczać, że większe zaufanie do podmiotów publicznych wynika to m.in. z faktu trwałości istnienia podmiotów publicznych i ich niezależności od zmian na rynku – w przypadku podmiotów prywatnych prowadzenie działalności w danym zakresie uzależnione jest od uzyskiwanych wyników finansowych, występuje tu o wiele większa zmienność, a to tworzy ryzyka chociażby w przypadku zaprzestania działalności i likwidacji lub sprzedaży podmiotu. Rzeczywistość jest taka, że w momencie likwidacji dochodzi do rozwiązania umów ze znaczną częścią pracowników, a to może skutkować nieprawidłowościami w przekazaniu obowiązków i w rezultacie niezabezpieczenie lub niewykonanie stosownych czynności w odniesieniu do posiadanych danych osobowych.

¹⁰⁸ M.S. Eastin, N.H. Brinson, A. Doorey, G. Wilcox, Living in a Big Data World: Predicting Mobile Commerce Activity through Privacy Concerns, "Computers in Human Behavior" 2016, Vol. 58, s. 214-220, za: S. Sobolewska, Aplikacje mobilne..., op. cit.

W miejskim transporcie zbiorowym oferowane mogą być bilety na okaziciela – niespersonalizowane, tj. takie, z których korzystać może każdy, lub bilety imienne – spersonalizowane, tj. takie, z których korzystać może jedynie podana na bilecie osoba. Bilety na okaziciela są z reguły droższe. W przeszłości, gdy korzystanie z miejskiego transportu zbiorowego było powszechne, z biletów na okaziciela korzystano przede wszystkim podczas przejazdów związanych z pracą, pobierały je różne osoby, co skutkowało większą liczbą przejazdów w danym okresie w porównaniu do biletów spersonalizowanych. Obecnie przy znacznie mniejszym udziale miejskiego transportu zbiorowego oraz wykonywaniu podróży związanych z pracą samochodami osobowymi, przesłanki posiadania biletów spersonalizowanych oraz na okaziciela utraciły swój pierwotny sens. Funkcjonowanie biletów droższych tworzy sytuację, w której podanie danych osobowych utożsamia się z określoną kwotą korzyści, którą odnosi pasażer w związku z tym, że dokonał określonej rejestracji czy też podał wymagany zakres danych. Podobnie jest w systemach, w których oprócz biletów elektronicznych, korzystać można również z biletów papierowych – dotyczy to w szczególności biletów jednorazowych lub krótkookresowych. Bilety elektroniczne przy tych samych uprawnieniach mają wówczas cenę niższą – promocyjną, przy czym promocja trwa wiele lat, co ma zachęcić pasażerów do korzystania z tego typu biletów i wnoszenia opłat za przejazd. Trudno ocenić na ile zróżnicowanie ceny od rodzaju nośnika nie narusza regulacji prawnych, jednak znaczny odsetek respondentów (70-75%) deklaruje, że może podzielić się swoimi prywatnymi danymi, jeśli w zamian otrzymają dodatkowe korzyści – np. niższe ceny lub dodatkowe udogodnienia¹⁰⁹. Jak wynika z badań prowadzonych w zakresie zarządzania prywatnością konsumentów, ludzie analizują korzyści i zagrożenia związane z udostępnianiem informacji o sobie, dzielą się informacjami w sytuacji, w której jest lub może być to dla nich korzystne¹¹⁰. Wyjaśnia to w pewnym stopniu tzw. paradoksu prywatności, zgodnie z którym wielu konsumentów wyraża zaniepokojenie problemem naruszania prywatności poprzez zbieranie szczegółowych danych, ale równocześnie umieszcza informacje osobiste w serwisach społecznościowych. Uważają przy tym, że utrata prywatności jest kosztem, jaki ponosi się, robiąc interesy w czasach technologii cyfrowych¹¹¹.

¹⁰⁹ Ibid.

¹¹⁰ S. Petronio, J.T. Child, Conceptualization and Operationalization: Utility of Communication Privacy Management Theory. "Current Opinion in Psychology" 2020, Vol. 31, s. 76-82, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352250X19301320?via%3Dihub>; M.J. Metzger, Communication Privacy Management in Electronic Commerce, "Journal of Computer-Mediated Communication" 2007, Vol. 12, Issue 2, s. 335-361, <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2007.00328.x>

¹¹¹ S. Sobolewska, Aplikacje mobilne..., op. cit.

System – aplikacja – powinien działać w trybie czasu rzeczywistego, a zatem uwzględniać aktualne lokalizacje pojazdów i na tej podstawie umożliwiać planowanie przemieszczeń. Oczywiście w przypadku przemieszczeń, które mają się odbyć w terminie późniejszym, do planowania będą brane pod uwagę rozkłady jazdy. W zakresie wnoszonych opłat wymogiem powinno być, aby opłata na wybrany okres (abonament biletowy, bilet okresowy) umożliwiała przemieszczenia różnymi środkami, ewentualnie możliwe jest rozwiązanie, w którym za wybrane usługi – najczęściej usługi dodatkowe lub wyższego standardu, dokonywało się dopłaty. Zasadą powinna być jedna – rejestracja oraz możliwość poruszania się różnymi środkami i systemami przewozowymi, jednak w ramach jednej aplikacji firmowanej przez publicznego organizatora transportu.

3



Narzędzia informatyczne w badaniach i prognozach popytu na usługi miejskiego transportu zbiorowego

3.1. Modele i prognozy pasażerskiego ruchu miejskiego

3.1.1. Przesłanki wykorzystania prognoz pasażerskiego ruchu miejskiego

Decyzje i podejmowane przedsięwzięcia w zakresie zarówno bieżącego zarządzania usługami, jak i rozwojem systemów transportowych, wymagają wykonywania symulacji różnych rozwiązań oraz tworzenia dla dłuższych okresów czasu prognoz zapotrzebowania na usługi transportowe, a tym samym na infrastrukturę, tabor oraz inne zasoby związane z mobilnością. Bodźcem do podjęcia prac nad metodami analiz i prognoz ruchu osób był wzrost wielkości miast, rosnąca liczba samochodów osobowych oraz potrzeba podejmowania inwestycji w obszarze infrastruktury transportowej. Na przestrzeni lat wykorzystanie modelowania i prognozowania ruchu stawało się coraz powszechniejsze i dotyczące coraz większego zakresu zastosowań. Modele ruchu mogą być wykorzystywane zarówno do zarządzania drogami w zakresie planowania, remontów oraz inwestycji, jak też do zarządzania transportem zbiorowym, a równocześnie służyć nie tylko analizie stanu istniejącego, do bieżącego zarządzania ofertą przewozową, ale przede wszystkim do tworzenia prognoz i formułowania długoterminowych planów. Modele ruchu, oprócz narzędzi informatycznych, wymagają zebrania wielu danych, w tym w szczególności informacji o sieci drogowej oraz systemie transportu zbiorowego (przebieg linii, napelnienia pojazdów transportu zbioro-

wego), a także danych demograficznych dotyczących struktury wieku mieszkańców analizowanych obszarów, ich aktywności zawodowej, a także zachowań komunikacyjnych. Jakość zebranych danych wejściowych bezpośrednio determinuje poprawność uzyskanych wyników oraz ich przydatność w procesie podejmowania decyzji. Modele ruchu stworzone na potrzeby zarządzania miejskim transportem zbiorowym mogą służyć zarówno bieżącej analizie stanu istniejącego, która ma zastosowanie w operacyjnym, krótkookresowym zarządzaniu ofertą przewozową oraz prognozom, czyli planowaniu w długim horyzoncie czasowym.

Operatywne zarządzanie ofertą przewozową z wykorzystaniem modelu ruchu pozwala na symulacje, ocenę i porównanie różnych wariantów obsługi komunikacyjnej i na tej podstawie dokonywanie bieżących zmian w ofercie przewozowej. Zmiany najczęściej polegają przede wszystkim na korekcie częstotliwości kursowania pojazdów, modyfikacji przebiegu linii lub zmianie pojemności taboru obsługującego linie komunikacyjne. Programy informatyczne służące do modelowania ruchu, umożliwiają wprowadzanie do zbudowanego wcześniej modelu zmian, m.in. w zakresie źródeł ruchu, dostępnej infrastruktury, jej parametrów czy też liczby i ruchliwości mieszkańców, oraz bieżącą ocenę i porównywanie otrzymanych wariantów rozkładu ruchu. Bieżące zarządzanie ofertą przewozową polega głównie na dostosowywaniu oferty do bieżących potrzeb i oczekiwań mieszkańców. Konieczność zmian w układzie linii oraz rozkładach jazdy miejskiego transportu zbiorowego wynikać może z różnych przyczyn – mogą to być zmiany wynikające z remontów i modernizacji infrastruktury liniowej i punktowej transportu, ale też z trwałych zmian w lokalizacji źródeł i celów ruchu czy też zachowań komunikacyjnych korzystających z usług. Mogą to być zarówno pod względem zakresu, jak i czasu trwania zmiany niewielkie, np. objazdy podczas zamknięć remontowanych odcinków ulic, trwające od kilku dni do paru miesięcy, ale też zmiany znaczące, dotyczące wielu linii transportu zbiorowego obsługujących dany obszar.

Innym zastosowaniem modeli ruchu jest długookresowe, często w perspektywie kilkunastu i kilkudziesięciu lat, prognozowanie zmian w funkcjonowaniu układu komunikacyjnego miasta i co z tym związane, zmian zachowań komunikacyjnych, które wynikają z zmian w zagospodarowaniu przestrzennym, w tym realizacji nowych inwestycji w mieście, np. nowych miejsc pracy, miejsc nauki, centrów handlowo-usługowych, osiedli mieszkaniowych oraz miejsc wypoczynku, a także innych obiektów będących źródłami i celami ruchu. Na zmiany wpływają też inwestycje w zakresie infrastruktury transportowej miasta. Specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające modelowanie ruchu pozwala pozyskać dane o prognozowanych obciążeniach sieci drogowo-ulicznej oraz linii transportu zbiorowego, co z kolei umożliwia przygotowanie studiów wykonalności przed-

siewzięć, a w nich porównywanie różnych wariantów rozwiązań (m.in. przebiegu tras, wykorzystania różnych środków transportu zbiorowego), zarówno pod kątem obsługi komunikacyjnej, kosztów z punktu widzenia podmiotu świadczącego usługi transportu zbiorowego, jak również z punktu widzenia kosztów i korzyści zewnętrznych, np. w układzie oddziaływania na otoczenie – m.in. pod względem emisji przez pojazdy szkodliwych substancji lub hałasu, wypadki drogowe.

Budowa i wykorzystanie modeli ruchu do tworzenia prognoz zapotrzebowania na transport jest wymogiem podczas przygotowywania ocen oraz studiów wykonalności inwestycji w sektorze transportu publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach¹¹². Przyjmuje się bowiem, że jedynie w ten sposób można określić wielkość ruchu w przyszłości i tym samym potrzebę i zakres inwestycji w infrastrukturę transportową, środki transportowe oraz określić skutki oraz korzyści ekonomiczne oraz środowiskowe.

Historia modelowania i prognozowania ruchu miejskiego z wykorzystaniem formalnych modeli matematycznych liczy już kilkadziesiąt lat¹¹³, pierwsze modele ruchu powstały dla dużych miast amerykańskich w latach 50. i 60. XX wieku, w tym Detroit, Chicago, Cleveland, Filadelfia, Nowy Jork i Waszyngton¹¹⁴. Jednak w praktyce, z uwagi na złożoność problemu i konieczność przeprowadzania szeregu wyliczeń, modele ruchu znalazły szersze zastosowanie dopiero wraz z rozwojem informatyki oraz wzrostem dostępności i powszechności urządzeń przetwarzania danych, czyli w latach 60. i 70. XX wieku. Pierwsze rozkłady ruchu wykonywane były na wielkich maszynach cyfrowych, którym np. opracowanie rozkładu ruchu zajmowało kilkanaście godzin.

W Polsce pomimo istniejących wówczas wielu barier w dostępie do nowoczesnych technologii informatycznych oraz oprogramowania, w ramach programu „Rozwój sieci drogowej w Polsce”, realizowanego we współpracy z Funduszem Rozwoju ONZ (United Nations Development Program), uzyskany został w latach 70. XX wieku zestaw programów amerykańskich Urban Transportation

¹¹² Por. Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, Jaspers – Joint Assistance to Support Projects in European Regions, Nowa edycja, sierpień 2015, <https://rpo.opolskie.pl/wp-content/uploads/2015/04/Niebieska-Ksi%C4%99ga-Sektor-Transportu-Publicznego1.pdf>; J. Friedberg, Wykorzystanie analiz i prognoz ruchu w analizie marketingowej projektów transportowych, „Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP” 2009, nr 148, s. 107-116.

¹¹³ E. Weiner, Urban Transportation Planning in the United States: An Historical Overview, Report, Fifth Edition, Department of Transportation, Washington, D.C. 1997, <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/42349>

¹¹⁴ Metropolitan Travel Forecasting: Current Practice and Future Direction, Special Report 288, Committee for Determination of the State of the Practice in Metropolitan Area Travel Forecasting, Transportation Research Board, Washington, D.C. 2007, <https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr288.pdf>; T. Dyczek, Modelowanie i symulacje ruchu, rys historyczny i aktualnie stosowane oprogramowanie, „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie” 2009, nr 90, z. 148, s. 57-73.

Planning System (UTPS), stanowiący zbiór programów cząstkowych dotyczących poszczególnych elementów procesu prognozowania, przetwarzania wyników badania ruchu metodą ankietyzacji, określania parametrów poszczególnych modeli prognostycznych oraz właściwej prognozy ruchu. Programy te były zalecane przez władze federalne Stanów Zjednoczonych do powszechnego stosowania przez biura planowania miast oraz biura projektowe w tym kraju¹¹⁵. System UTPS mógł być eksploatowany wówczas na maszynach cyfrowych typu IBM-360-370 oraz RIAD-32, a później również, gdy powstał polski system programów APROM, mógł być eksploatowany na maszynach typu ODRA-1305, ODRA-1325 czy ODRA-1304¹¹⁶. Powstały wówczas pierwsze modele prognostyczne – do tworzenia rozkładów ruchu wykorzystywano oprogramowanie amerykańskie – dla dróg *Federal Highway Administration*, a dla transportu zbiorowego *Urban Mass Transportation Administration*¹¹⁷, zastosowano je w wielu miastach polskich, a wiarygodność modeli i prognoz ruchu wzbogacono przez badania zachowań komunikacyjnych¹¹⁸.

Wraz z upływem czasu, prowadzonymi badaniami oraz nabywaniem doświadczenia, systematycznie rosła wiedza w zakresie modelowania i prognozowania ruchu, przekonanie o konieczności stosowania takiego podejścia w praktyce, jak również zaufanie i wiarygodność uzyskiwanych wyników. Z czasem poprawiała się również dostępność samego oprogramowania, jak również sprzętu informatycznego – w połowie lat 80. XX wieku obliczenia można było wykonywać już w samych biurach projektowych, a nie tak jak wcześniej, gdy konieczna była dostępność do centrów obliczeniowych. Wiązało się z systematycznym upowszechnianiem mikrokomputerów i możliwością wykonywania na nich stosownych obliczeń. Z czasem zwiększała się funkcjonalność oraz łatwość posługiwania się programami, nie tylko ze względu na postęp w obszarze wiedzy o ruchu, a tym samym – później stosowanych algorytmów, ale również coraz czytelniejsze interfejsy oraz wykorzystanie grafiki.

Metody tworzenia modeli i prognozowania ruchu miejskiego to specjalistyczna dziedzina wiedzy, w kraju zajmuje się tym niewiele ośrodków – przede wszystkim wyższe uczelnie kształcące na kierunkach związanych z transportem oraz biura zajmujące się planowaniem układów komunikacyjnych. Coraz powszechniejsze jednak staje się posiadanie oraz wykorzystanie narzędzi do mode-

¹¹⁵ Z. Lilpop, A. Sidorenko, A. Waltz, Prognozowanie ruchu miejskiego, Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa 1983.

¹¹⁶ Ibid.

¹¹⁷ T. Dybicz, Pakiet oprogramowania Visum jako narzędzie do modelowania ruchu transportu publicznego w Warszawie, Konferencja „Transport Publiczny w Warszawie”, https://www.transeko.pl/publik/Modelowanie_ruchu.pdf (dostęp: 27.04.2023).

¹¹⁸ W. Suchorzewski, A. Brzeziński, A. Waltz, Modelowanie i prognozowanie ruchu – od liczydła do Big Date, „Transport Miejski i Regionalne” 2020, nr 12, s. 5-11, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-35540d04-7b57-40ee-9a79-451898c06c68>

lowania i prognoz ruchu przez miasta czy organizatorów miejskiego transportu zbiorowego. Sukcesywnie rośnie liczba publikacji – jeszcze do końca XX wieku nie były one zbyt liczne¹¹⁹. Barięą w powszechnym stosowaniu modeli ruchu jest nadal wiedza z tego zakresu – wynika to z faktu, iż modelowanie i prognozowanie ruchu jest wąską dziedziną specjalistycznej wiedzy, niemałe koszty samych licencji oprogramowania oraz konieczność stworzenia procedur gromadzenia danych, co wiąże się zarówno ze znaczną pracochłonnością, jak i kosztami. Nie bez znaczenia jest również potrzeba systematycznej aktualizacji danych, zwłaszcza w sytuacji szybkich zmian w lokalizacji punktów ruchotwórczych oraz zachowań komunikacyjnych osób, jaka miała i ma miejsce w miastach. Pozytywnie w kontekście edukacji, co później będzie wpływało na upowszechnianie zastosowań systemów modelowania i prognozowania ruchu, można ocenić udostępnianie dla studentów demonstracyjnych wersji oprogramowania, a także udostępnianie przez kadre akademicką specjalnie przygotowanych tutoriali i innych materiałów obejmujących zagadnienia modelowania i prognozowania ruchu.

3.1.2. Zasady budowy oraz zastosowanie modeli ruchu miejskiego

Funkcjonowanie ośrodków miejskich wiąże się nieodłącznie z umożliwieniem ludziom przemieszczania się, niezależnie od powodów, które wywołują potrzeby komunikacyjne, jak i sposobów pokonywania przestrzeni¹²⁰. Zachowania komunikacyjne społeczeństwa opierają się na złożonych postawach. Wynika to z wielości determinant kształtujących potrzeby transportowe osób. Do istotnych należą poziom dochodów gospodarstw domowych oraz cen dóbr i usług, ich dostępność (przestrzenna, ekonomiczna, czasowa), zakres wolności wyboru środka transportu (własny, publiczny), atrakcyjność oferty transportu publicznego, zakres substytucji potrzeby przemieszczania, wiek i stan zdrowia, płeć, status społeczny, model rodziny, miejsce zamieszkania, uwarunkowania społeczno-kulturowe (polityka społeczna, tradycja, przyzwyczajenia, percepcja, świadomość ekologiczna), czas wolny w dyspozycji oraz inne czynniki behawioralne¹²¹.

Modele wykorzystywane do prognozowania ruchu opierają się o formalne zależności, pomiędzy poszczególnymi czynnikami wpływającymi na popyt, a wielkością popytu. Wypracowane metody odchodzą od ekstrapolacji wielkości ruchu istniejącego na rzecz modeli matematycznych, opierających się o związki

¹¹⁹ Znaczny wkład w rozwój i popularyzację modelowania ruchu miał Instytut Kształtowania Środowiska w Warszawie oraz Politechnika Warszawska.

¹²⁰ J. Szołtysek, *Logistyczne aspekty zarządzania...*, op. cit.

¹²¹ Z. Kłos-Adamkiewicz, E. Załoga, *Miejski transport zbiorowy. Kształtowanie wartości usługi dla pasażera w świetle wyzwań nowej kultury mobilności*, BEL Studio, Warszawa 2017.

między wielkością ruchu, a czynnikami wpływającymi na tę wielkość. Obliczenia wykonuje się korzystając ze specjalistycznego oprogramowania komputerowego. Wyniki wykorzystywane są zarówno do perspektywicznego planowania systemów transportowych, jak również umożliwiają podejmowanie bieżących decyzji w zakresie harmonogramów modernizacji i napraw odcinków dróg i związanych z tym ograniczeń przepustowości lub czasowych zamknięć danego odcinka. Na ich podstawie możliwe jest również planowanie układu tras i linii środków transportu zbiorowego.

Najogólniej modele ruchu są pewną wypadkową pomiędzy aktywnością człowieka, która w znacznym zakresie związana jest z przemieszczaniem w celu zaspokajania potrzeb i uzyskiwania dochodów z pracy oraz określonymi preferencjami pasażerów co do sposobów, odległości i czasu przemieszczania. Prognozowanie ruchu w miastach może dotyczyć jedynie wielkości syntetycznych, tj. liczby podróży oraz podziału na środki przewozowe, którymi są realizowane (zwłaszcza podział pomiędzy samochody osobowe, a środki transportu zbiorowego), jednak takie dane nie są wystarczające do zarządzania ofertą przewozową. Dla potrzeb planowania układów transportowych oraz oferty przewozowej w miastach, niezbędna jest wiedza o wielkości ruchu na poszczególnych odcinkach sieci drogowo-ulicznej w różnych dystansach czasowych. Tu konieczne jest wykonanie modelu ruchu, będącego później punktem wyjścia do tworzenia prognoz ruchu uwzględniających zmiany w czasie liczby mieszkańców i osób przebywających w mieście, zmiany w zachowaniach komunikacyjnych oraz strukturze funkcjonalno-przestrzennej i układzie transportowym miasta. Dotychczas powszechnie stosowany jest czterostopniowy (czterostadiowy, czteroetapowy) model ruchu, nazywany również klasycznym modelem ruchu¹²², na który składają się fazy prac, a nich tworzone są¹²³:

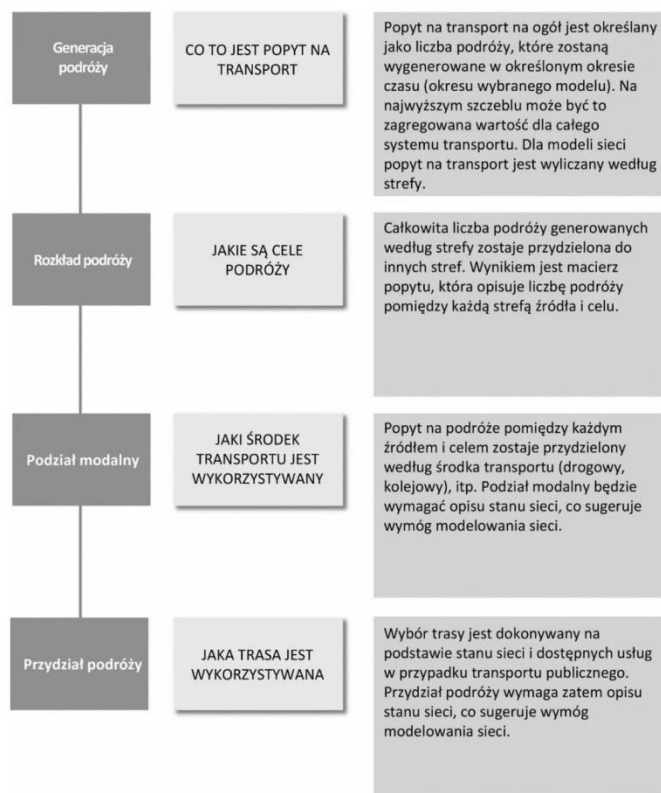
- model generacji podróży, będący matematycznymi funkcjami określającymi potencjał w zakresie generowania i absorbowania podróży z podziałem na motywacje;

¹²² Z. Lilpop, A. Sidorenko, A. Waltz, Prognozowanie ruchu miejskiego, op. cit.; T. Dybicz, Modelowanie i symulacje ruchu, op. cit.; Metropolitan Travel Forecasting..., op. cit.; K. Jamroz, K. Birr, W. Kustra, B. Strzebrakowska, Strategia transportu i mobilności obszaru metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot do roku 2030. Załącznik nr 4. Transportowy model prognostyczny podróży dla Obszaru Metropolitalnego, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, Gdańsk, październik 2015, [https://www.metropoliagdansk.pl/upload/files/31_%20Model%20podr%C3%B3%C5%BCy%20dla%20Obszaru%20Metropolitalnego%20\(zal_%204%20STIM\)\(1\).pdf](https://www.metropoliagdansk.pl/upload/files/31_%20Model%20podr%C3%B3%C5%BCy%20dla%20Obszaru%20Metropolitalnego%20(zal_%204%20STIM)(1).pdf)

¹²³ K. Birr, Modelowanie podziału zadań przewozowych w obszarach zurbanizowanych, Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2018, <https://birr.pl/biblioteka/Birr%20K.%20-%20Modelowanie%20podzia%C5%82u%20zada%C5%84%20przewozowych%20w%20obszarach%20urbanizowanych.pdf>; K. Jamroz, K. Birr, W. Kustra, B. Strzebrakowska, Strategia transportu i mobilności..., op. cit.; A. Szarata, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej na parametry 4-stadiowego modelu transportowego miasta, „Architektura, Czasopismo Techniczne” 2010, R. 107, z. 1-A, s. 249-261.

- model rozkładu przestrzennego podróży, określający liczbę podróży w poszczególnych relacjach;
- model podziału zadań przewozowych, określający liczbę podróży poszczególnymi środkami transportu dla każdej relacji, model ten składa się z funkcji matematycznych, określających prawdopodobieństwo wyboru każdego z uwzględnianych w modelu środków transportu ze względu na atrakcyjność podróży danym środkiem transportu oraz zachowania transportowe mieszkańców, wpływające na skłonność do wyboru danego środka transportu przy danym stopniu jego atrakcyjności;
- model rozkładu ruchu na sieć, określa metodę rozłożenia ruchu na zakodowaną sieć transportową uwzględniając wszystkie możliwe ścieżki odbycia podróży z uwzględnieniem uogólnionego kosztu w postaci czasu, kosztu finansowego i warunków podróży.

Poszczególne etapy modelu czterostopniowego przedstawia rysunek 10.



Rysunek 10. Etapy czterostopniowego modelu ruchu

Źródło: Na podstawie: The Use of Transport Models in Transport Planning and Project Appraisal, JASPERS Appraisal Guidance (Transport), August 2014, s. 15, <https://jaspers.eib.org/LibraryNP/JASPERS%20Working%20Papers/The%20Use%20of%20Transport%20Models%20in%20Transport%20Planning%20and%20Project%20Appraisal.pdf>, za: Niebieska Księga, op. cit., s. 19.

Pierwszym krokiem jest wyznaczenie liczby podróży generowanych i absorbowanych w poszczególnych rejonach transportowych. Potencjał ten określa się z wykorzystaniem zmiennych charakteryzujących rejon transportowy, takie jak liczba mieszkańców, liczba miejsc pracy, liczba miejsc edukacji, powierzchnie handlowo-usługowe i inne. Modele generacji, jak wszystkie pozostałe elementy modelu czterostopniowego budowane są na podstawie badań zachowań transportowych mieszkańców i określane zazwyczaj dla całej doby, aby w następnej kolejności, na podstawie rozkładu dobowego rozpoczynania podróży w poszczególnych motywacjach, wydzielić liczbę podróży dla pojedynczych godzin¹²⁴.

Wielkość ruchu to liczba podróży rozpoczynanych i kończonych w określonym przedziale czasowym (np. doba) w poszczególnych rejonach transportowych. Zależna jest od czynników, które można ująć w następujących grupach:

- charakteryzujących mieszkańców danego rejonu, np. liczba mieszkańców rejonu, liczba mieszkańców zawodowo czynnych, dochód gospodarstwa domowego, zawód osoby lub osób pracujących gospodarstwie domowym, wiek, status motoryzacyjny;
- charakteryzujących infrastrukturę oraz środowisko rejonu i całego miasta, np. potencjał gospodarczy rejonu, miejsca pracy, dostępność do infrastruktury transportowej, posiadanie centrum usługowego, odległość od centrum miasta.

Na podstawie wielkości liczbowych wymienionych zmiennych można określić wielkość ruchu generowanego i absorbowanego w rejonach transportowych.

W następnym etapie – po określeniu wielkości ruchu – dokonuje się rozkładu przestrzennego ruchu – określa więźbę ruchu, tj. liczbę podróży wykonywanych wewnątrz oraz pomiędzy poszczególnymi rejonami transportowymi. Wypracowanych zostało wiele modeli matematycznych – popularny jest tzw. model grawitacyjny, precyzujący zależności wielkości ruchu pomiędzy rejonami od ich potencjałów przyciągania oraz oddalenia rejonów od siebie. Potencjał przyciągania zależy przede wszystkim od zagospodarowania przestrzennego poszczególnych regionów. Uwzględnienie oddalenia rejonów od siebie, odzwierciedla zachowania polegające na poszukiwaniu celów przemieszczeń (pracy, zakupów itp.) w miarę blisko, co powoduje większy ruch między rejonami bliżej położonymi, niż między rejonami położonymi dalej od siebie. Wynikiem obliczeń wykonanych w ramach tego etapu jest macierz podróży, tj. macierz zawierająca liczbę podróży wewnątrz i pomiędzy poszczególnymi rejonami¹²⁵.

¹²⁴ K. Birr, Modelowanie podziału zadań przewozowych..., op. cit.

¹²⁵ Por. Ibid.

W trzecim etapie dokonuje się podziału ruchu w zależności od sposobu przemieszczania. Uwzględnia się tu fakt, że udział przemieszczeń pieszych zależy od odległości, na którą te przemieszczenia są dokonywane, gęstości i dostępności do sieci transportu zbiorowego, pozostałych parametrów opisujących jakość transportu zbiorowego, dostępności centrum miasta dla samochodów osobowych, wskaźnika motoryzacji itp. Za pomocą współczynników dokonuje się tu rozdziału ruchu na realizowany pieszo, samochodami osobowymi oraz transportem zbiorowym.

Ostatnim krokiem jest przydział ruchu na poszczególne trasy (drogi) transportowe. W dyspozycji są już dane o prognozowanej wielkości ruchu, który będzie realizowany samochodami osobowymi oraz środkami transportu zbiorowego pomiędzy poszczególnymi rejonami transportowymi (więźba ruchu). Dokonuje się przydziału ruchu na istniejącą lub projektowaną sieć dróg. W przypadku, gdy pomiędzy wybranymi rejonami istnieje tylko jedno połączenie (jedna droga) przydziela się całość ruchu na tę drogę. Jednak najczęściej pomiędzy źródłem i celem ruchu istnieje wiele dróg. Z dróg tych korzystają przemieszczający się pomiędzy różnymi rejonami komunikacyjnymi. Konieczne jest zatem przydzielenie ruchu na drogi łączące każde dwa rejony komunikacyjne oraz dokonanie sumowania ruchu generowanego z różnych rejonów komunikacyjnych na poszczególnych odcinkach dróg¹²⁶.

Klasyczny czteroetapowy model ruchu zawiera jednak pewne uproszczenia mogące skutkować lub skutkujące na sposób odwzorowania ruchu, a tym samym później i na prognozy ruchu¹²⁷. Przez kilkadziesiąt lat od początków jego stosowania w praktyce pojawiło się też wiele wyników badań związanych z zachowaniami ludzi w czasie i przestrzeni¹²⁸. Stąd też powstało tzw. podejście model aktywnościowy, najogólniej oparty na aktywności komunikacyjnej mieszkańców¹²⁹. W modelu tym proces podejmowania decyzji transportowych osób w większym stopniu uwzględnia osobę jako członka gospodarstwa domowego, podejmującą decyzję dotyczącą przemieszczeń z uwzględnieniem również decyzji innych osób w gospodarstwie domowym. Przy decyzjach transportowych uwzględnia

¹²⁶ Por. Ibid.

¹²⁷ Por. Z. Chu, L. Cheng, H. Chen, A Review of Activity-Based Travel Demand Modeling, The Twelfth COTA International Conference of Transportation Professionals, July 2012, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784412442.006>

¹²⁸ T. Hagerstrand, What about people in Regional Science? "Papers and Proceedings of the Regional Science Association" 1970, Vol. 24, s. 7-24, <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01936872>; K. Ellegård, U. Svedin, T. Hagerstrands, Time-Geography as the Cradle of the Activity Approach in Transport Geography, "Journal of Transport Geography" 2012, Vol 23, s. 17-25, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966692312000865?via%3Dihub>

¹²⁹ T. Dybicz, Modelowanie i symulacje ruchu..., op. cit.

się również takie czynniki jako koszt przemieszczenia, komfort, aktualne zatłoczenie sieci komunikacyjnej. Zmieniają się również zachowania komunikacyjne oraz sama aktywność mieszkańców.

3.1.3. Narzędzia informatyczne wykorzystywane do makroskopowego modelowania ruchu

Modelowanie ruchu, którego celem jest matematyczne mapowanie zachowań transportowych użytkowników w istniejących warunkach i w przyszłości z uwzględnieniem czynników demograficznych, ekonomicznych i geograficznych badanego obszaru oraz cech systemu transportowego, który znajduje się w ciągłym rozwoju w czasie¹³⁰, wymaga użycia specjalistycznego oprogramowania. Oprogramowanie wspierające procesy tworzenia modeli i prognoz ruchu osobowego dostarczają różni producenci i jest ono zróżnicowane pod względem zaawansowania merytorycznego, technologicznego, realizowanych funkcji, jak też przyjazności i czytelności interfejsów. W prowadzonych badaniach dokonywane są porównania oprogramowania w szczególności w zakresie zastosowanych algorytmów i uzyskiwanych wyników¹³¹.

Wśród najbardziej zaawansowanych programów do makroskopowego modelowania ruchu można wymienić¹³² Cube (w szczególności Cube Voyager)¹³³, Emme¹³⁴, Aimsun¹³⁵, Saturn (Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks)¹³⁶, TransModeler¹³⁷ i Visum¹³⁸. W Polsce dość często można

¹³⁰ Niebieska Księga, op. cit., s. 17.

¹³¹ C. Hildebrand, S. Hörtin, A Comparative Study between Emme and Visum with Respect to Public Transport Assignment, Master Thesis carried out at Division of Communications- and Transport Systems, Linköping University, Norrköping 2014, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:772068/FULLTEXT01.pdf>

¹³² T. Dybicz, Modelowanie i symulacje ruchu..., op. cit.; A. Szarata, Modelowanie ruchu i układu transportowego cz. I, rozmowę przeprowadziła A. Serbeńska, 2011, <https://edroga.pl/drogi-i-mosty/modelowanie-ruchu-i-ukladu-transportowego-cz-i-12074274> (dostęp: 28.05.2021); A. Szarata, Modelowanie ruchu i układu transportowego cz. II, rozmowę przeprowadziła A. Serbeńska, 2011, <https://edroga.pl/drogi-i-mosty/modelowanie-ruchu-i-ukladu-transportowego-cz-ii-13074280> (dostęp: 28.05.2021).

¹³³ Por. <https://www.bentley.com/en/products/brands/cube> (dostęp: 28.05.2021).

¹³⁴ Por. <https://www.inrosoftware.com/en/products/emme/> (dostęp: 28.05.2021).

¹³⁵ Por. <https://www.aimsun.com/> (dostęp: 28.05.2021).

¹³⁶ M.D. Hall, D. Van Vliet, L. Willumsen, SATURN – a Simulation-Assignment Model for the Evaluation of Traffic Management Schemes, "Traffic Engineering and Control" 1980, Vol. 21, Issue 4, s. 168-176, https://www.researchgate.net/profile/Luis-Willumsen/publication/279570997_SATURN-a_simulation-assignment_model_for_the_evaluation_of_traffic_management_schemes/links/5714e89408aebef399606f7e/SATURN-a-simulation-assignment-model-for-the-evaluation-of-traffic-management-schemes.pdf; <https://saturnsoftware2.co.uk/> (dostęp: 28.05.2021); <https://www.saturnsoftware.co.uk/saturn/manual/index.html#!Modules/31/11thefunctio>

spotkać się z systemem do modelowania ruchu Visum, firmy PTV AG mającej siedzibę w Karlsruhe w Niemczech. Z pewnością powszechność oprogramowania Visum wynika z wysokiego zaawansowania merytorycznego i technologicznego systemu firmy PTV AG, wieloletniej dostępności na rynku, promocji, ale też znajomości oprogramowania przez pracowników wyższych uczelni prowadzących studia z zakresu transportu oraz udostępniania przez PTV AG, bez dodatkowych zawiłych formalności studentom wersji demonstracyjnych, pozwalających już na etapie studiów zapoznanie się z tym systemem.

Obecnie na świecie jest ponad 10 000 licencjonowanych użytkowników PTV Visum, co sprawia, że jest to wiodące oprogramowanie do planowania transportu. Umożliwia prowadzenie analiz ruchu, prognoz i zarządzanie danymi z wykorzystaniem GIS, modelowanie zachowań użytkowników dróg, zarówno zachowania indywidualne, jak i interakcje pomiędzy różnymi użytkownikami, kompleksowe planowanie usług transportu publicznego oraz opracowanie zaawansowanych rozwiązań i przyszłościowych strategii¹³⁹. Istotna jest również graficzna edycja sieci w różnych układach i przedziałach czasu, pozwalająca korzystać z różnych podkładów mapowych oraz umożliwiająca precyzyjną i stosunkowo przejrzystą wizualizację, np. natężenia ruchu czy obciążenia poszczególnych linii transportu zbiorowego. Obszary zastosowań to¹⁴⁰:

- planowanie ruchu,
- planowanie transportu publicznego,
- mobilność przyszłości – symulacja systemów multimodalnych, integracja różnych pojazdów, rynki udostępniania pojazdów,
- makroskopowy model ruch.

Systemy do modelowania i prognozowania ruchu to bardzo rozbudowane i często też wielomodułowe oprogramowanie, zawierające z jednej strony procedury i zestawy algorytmów postępowania, ale jednocześnie poprzez pewną dowolność decyzyjną, np. w zakresie czynników, które uwzględnia się w wykonywanych prognozach oraz liczby i wielkości rejonów transportowych, dające pewną elastyczność, możliwość różnego podejścia i dostosowania do warunków obszaru, dla którego tworzony jest model i później dokonywana prognoza. Jest tu również dowolność w zakresie obszaru będącego przedmiotem modelowania ruchu i tworzenia prognoz popytu na transport, można obliczenia wykonywać

nofsaturn.htm (dostęp: 28.05.2021); por. też: K. Siwek, Wybrane zagadnienia budowy modeli popytu w Wielkiej Brytanii, „Transport Miejski i Regionalny” 2016, nr 8, s. 3-13, <https://bibliotekanauki.pl/articles/193756>

¹³⁷ <https://www.caliper.com/transmodeler/default.htm> (dostęp: 28.05.2021).

¹³⁸ <https://www.ptvgroup.com/pl/rozwiązania/produkty/ptv-visum/> (dostęp: 28.05.2021).

¹³⁹ Witryna internetowa firmy PTV AG: <https://www.ptvgroup.com> (dostęp: 28.05.2021).

¹⁴⁰ Ibid.

dla miasta, grupy miast, regionu czy nawet w skali całego kraju. Programy zaprojektowane są dla analiz i prognozowania ruchu różnymi rodzajami transportu w ramach jednego kompleksowego modelu sieci.

Systemy w przeszłości koncentrujące się na modelowaniu i prognozach ruchu na sieci drogowo-ulicznej, uzupełnione zostały o różne dodatkowych moduły, czy też wręcz systemy obejmujące najogólniej problematykę ruchu miejskiego, mobilności, oddziaływania na środowisko, przemieszczania ładunków i transportu towarowego, bezpieczeństwa, inżynierii ruchu drogowego, mikrosymulacji i projektowania infrastruktury transportowej, a także nowych środków i rozwiązań w ramach mobilności miejskiej. Wspomagają one analizy, pozwalają wykonywać obliczenia i symulacje przykładowo dla różnych wariantów rozwiązań, w tym też skutki zewnętrzne dla środowiska oraz wspomagają procesy decyzyjne. Ich wykorzystanie pozwala na optymalizację podejmowanych decyzji, czy to w zakresie bieżącego zarządzania, czy też przedsięwzięć inwestycyjnych oraz uzyskiwać konkretne efekty w zakresie skrócenia czasów przejazdu, większej płynności ruchu, obniżenia negatywnych skutków środowiskowych, poprawy jakości usług i/lub obniżenia kosztów. Wymienić można wsparcie w zakresie¹⁴¹:

- analiz i prognoz wpływu rozwiązań na środowisko, zwłaszcza w zakresie obliczania zanieczyszczenia powietrza oraz poziomu hałasu;
- oprogramowania do symulacji mikroskopowych ruchu pozwalających symulować ruch pojazdu, jego wpływ na inne pojazdy znajdujące się w pobliżu, a też wpływ pojazdów, które są w pobliżu na ruch danego pojazdu, optymalizacja różnych źródeł zasilania i napędu pojazdów oraz emisji dla różnych środowisk jazdy;
- układanie i optymalizacja tras przy przewozach ładunków z uwzględnieniem występujących ograniczeń, np. wynikających z ładowności środka transportowego, godzin otwarcia magazynów lub punktów, do których należy dostarczyć ładunki, ograniczeń związanych z czasem pracy kierowców;
- mikrosymulacja – identyfikacja oraz symulacja zachowań pojedynczych osób w ruchu ulicznym i drogowym, np. pieszych oraz ruchu różnych rodzajów pojazdów, pozwalająca na decyzje w zakresie projektowania skrzyżowań, ich rodzajów czy systemów zarządzania ruchem, analizy zalet oraz wad różnych rozwiązań;
- analizy i symulacje oraz tworzenie scenariuszy dotyczących mobilności, zapotrzebowania na usługi, niezbędnych zasobów dostawców usług, lokalizacji przestanków i węzłów przesiadkowych oraz pozostałej infrastruktury, jak np. parkingów, stacji rowerowych, stacji ładowania pojazdów elektrycznych, polityki cenowej i ofert taryfowych w powiązaniu z innymi usługami;

¹⁴¹ Ibid.

- analizy i symulacje zachowań pieszych, w tym czasu oczekiwania na światła zielone, szerokości chodników oraz wysepkach zlokalizowanych na jezdniach, przepustowości różnych przewężeń, ruch w dużych obiektach jak dworce kolejowe, punkty przesiadkowe, lotniska czy centra handlowe;
- działań związanych z poprawą bezpieczeństwa ruchu drogowego, gromadzeniu danych o miejscach i przyczynach kolizji oraz wypadków przy projektowaniu i wdrażaniu zmian w infrastrukturze drogowo-ulicznej oraz w zarządzaniu ruchem;
- projektowanie sygnalizacji świetlnych funkcjonujących w ramach całych systemów zarządzania ruchem albo szerzej mobilnością w mieście lub aglomeracji, mogą tu być uwzględniane różne kryteria, np. czas oczekiwania, ale też pojemność komunikacyjnej obszaru;
- nowe usługi w obszarze mobilności, dostępność do przystanków, na ile mogą to poprawić odpowiednio zlokalizowane wypożyczalnie rowerów, skuterów, czy też samochodów w ramach krótkoterminowego najmu, jak zmieni to wykorzystanie środków transportu zbiorowego, a zwłaszcza systemów tramwajowych, obsługa minibusami, systemy MaaS.

Model sieci rozróżnia transport indywidualny i transport zbiorowy. Systemy w ramach planowania transportu publicznego pozwalają na szczegółowe odwzorowanie zarówno zachowań pasażerów, jak też potoków pasażerskich oraz oferty i funkcjonowania różnych środków transportu publicznego, takich jak autobusy, tramwaje, metro, kolej podmiejska i pociągi czy też przejazdów taksówkami. W rezultacie umożliwiają wskazanie kierunków zmian, począwszy od zmian w układzie tras i linii, lokalizacji przystanków, częstotliwości kursowania i pojemności taboru, po w znacznym zakresie przedsięwzięcia inwestycyjne związane z infrastrukturą i dotyczące np. nowych tras i powiększania sieci transportu szynowego lub tworzenie węzłów przesiadkowych czy też parkingów P+R. Różne procedury rozkładu ruchu umożliwiają analizy ruchu w oparciu o trasy, rozkłady jazdy, linie komunikacyjne czy pory dnia. Procedury rozkładu ruchu pozwalają z kolei na szczegółową analizę potoków ruchu, w tym porównywanie tras transportu indywidualnego i zbiorowego pomiędzy wybranymi rejonami, analizę potoków ruchu na dowolnej kombinacji węzłów i odcinków, czy analizę ruchu przechodzącego określone obszary. W podejściach można również uwzględnić wpływ rozwiązań taryfowych na zachowania komunikacyjne korzystających z transportu zbiorowego i tym samym dopasować ofertę do zmian z tym związanych. Możliwe są analizy oceniające dostępność, czasy podróży czy też inne parametry jakościowe transportu zbiorowego, tak aby obok ogólnych ocen wychwycić również te miejsca lub rozwiązania, które nie spełniają przyjętych standardów, a zastosowane rozwiązania nie są akceptowane i po-

prawić je z wyprzedzeniem, zanim zostanie to wychwycone przez mieszkańców i pasażerów. Możliwe są analizy i oceny jeszcze zanim dane rozwiązanie będzie wdrożone, co pozwala na wybór wariant, a także eliminuje koszty późniejszych poprawek lub zmian, jak to ma miejsce podczas wdrażania rozwiązań, w stosunku do których takie oceny nie zostały przeprowadzone.

3.1.4. Korzyści wykorzystania systemów modelowania ruchu w miastach

Korzyści uzyskiwane w związku z wykorzystaniem systemów modelowania i prognozowania ruchu w zarządzaniu infrastrukturą transportową oraz transportem zbiorowym transportem zbiorowym mogą być identyfikowane w dwóch układach:

- w układzie korzyści odnoszonych przez poszczególne osoby przemieszczające się pojazdami samochodowymi, operatora lub zarządzającego miejskim transportem zbiorowym,
- w układzie korzyści zewnętrznych, uwzględniających wpływ transportu na otoczenie, uzyskiwanych przez społeczeństwo jako całość.

Z punktu widzenia poszczególnych mieszkańców korzystających w poruszaniu się po mieście z pojazdów samochodowych operatorów lub zarządców lokalnego transportu zbiorowego można wyróżnić następujące korzyści¹⁴²:

- zmniejszenie ponoszonych wydatków związanych z wykonywaniem pracy eksploatacyjnej w wyniku efektywniejszego zarządzania ofertą przewozową (układ tras i linii skutkujący mniejszą liczbą wozokilometrów przy zapewnieniu tej samej jakości obsługi komunikacyjnej, lepszy dobór taboru pod względem pojemności),
- zmniejszenie czasu przejazdu, zwiększenie prędkości komunikacyjnej, łatwiejsze przesiadki, co wiąże się z atrakcyjniejszą ofertą przewozową i tym samym może przełożyć się na większe dochody taryfowe,
- poprawa wizerunku związana z lepszym zaspokojeniem potrzeb i oczekiwań pasażerów, wzrost popytu na usługi i zwiększenie dochodów taryfowych.

Korzystanie podczas zarządzania ofertą przewozową z systemów modelowania i prognozowania ruchu pozwala również uzyskać korzyści zewnętrzne.

¹⁴² G. Dydkowski, A. Urbanek, Directions and Benefits of Using Traffic Modelling Software in the Urban Public Transport [w:] Activities of Transport Telematics. 13th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2013, Katowice-Ustron, Poland, October 2013. Selected Papers, ed. by J. Mikulski, Communications in Computer and Information Science, Vol. 395, Springer, Berlin-Heidelberg 2013, s. 23-31, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-41647-7_4

Wiążą się one głównie z lepszym dostosowaniem oferty przewozowej do potrzeb pasażerów, poprawą wizerunku transportu zbiorowego i wzrostem konkurencyjności tego transportu szczególnie względem indywidualnych środków transportu. Ograniczenie podróży wykonywanych transportem indywidualnym to przede wszystkim ograniczenie kongestii i negatywnego oddziaływania na środowisko (mniejsza emisja szkodliwych substancji, hałasu) i poprawa jakości życia w miastach i obszarach zurbanizowanych. Ponadto sprawny i dostosowany do potrzeb pasażerów transport zbiorowy¹⁴³:

- zwiększa popyt na inne usługi i produkty w miastach i aglomeracjach,
- ułatwia dostęp do miejsc pracy,
- ma znaczenie socjalne.

System transportowy warunkuje styl życia i ruchliwość mieszkańców (świadczenie usług o wyższej jakości ma wpływ na popyt). Jest też jednym z kluczowych czynników wpływających na decyzje dotyczące lokalizacji inwestycji, a zatem decyduje o konkurencyjności miast i regionów względem inwestorów i osób poszukujących miejsca zamieszkania. Rozwój systemu miejskiego transportu zbiorowego zapewnia dostępność do nowych obszarów, ułatwia dostęp do miejsca pracy i nauki, a pracodawcom pozyskanie pracowników z większego obszaru. Zatem istotne tu będą korzyści zewnętrzne, co z jednej strony często zmniejsza motywację do podejmowania danego przedsięwzięcia – w przypadku korzyści zewnętrznych nie uzyskuje ich jednostka podejmująca dane przedsięwzięcie, ale otoczenie, natomiast z drugiej strony stwarza to szansę pozyskania finansowania na wdrożenie systemu ze źródeł zewnętrznych, takich jak fundusze Unii Europejskiej¹⁴⁴.

3.2. Automatyczne systemy liczenia pasażerów w miejskim transporcie zbiorowym

3.2.1. Przesłanki identyfikacji wielkości przewozów w miejskim transporcie zbiorowym

Liczba przewożonych pasażerów jest kluczową wielkością w pasażerskim transporcie zbiorowym, dotyczy to wszystkich gałęzi transportu pasażerskiego, jak i różnego zasięgu przewozów. Liczba pasażerów, obok cen biletów, decydu-

¹⁴³ R. Tomanek, Integracja komunikacji miejskiej – od porozumienia taryfowego do zarządu transportu, „Transport Miejski” 1996, nr 10, s. 14-18.

¹⁴⁴ G. Dydkowski, Ocena efektywności działalności oraz przedsięwzięć rozwojowych transportu [w:] Efektywność transportu w warunkach gospodarki globalnej, pod red. M. Michałowskiej, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2012, s. 96-119.

je o rentowności realizowanych przewozów, doborze oraz wykorzystaniu środków przewozowych, a z punktu widzenia pasażerów – również i o samym komforcie podróżowania. Na podstawie liczby pasażerów podejmowane są decyzje związane z ofertą przewozową i rozkładami jazdy, np. dotyczące wielkości środka przewozowego, trasy przejazdu czy też godzin odjazdów i/lub częstotliwości kursowania. Wiedza o liczbie przewożonych pasażerów przez operatorów/przewoźników oraz na poszczególnych liniach pozwala na wdrażanie biletów wspólnych oraz – w przypadku umów z przewoźnikami według zasady kosztów netto – prowadzenie rozliczeń – podziału uzyskiwanych dochodów z biletów pomiędzy przewoźników, w zależności od wielkości realizowanych przewozów. Przykładem może tu być Berlin, w którym pociągi metra oraz autobusy są obsługiwane przez BVG, podczas gdy przewozy kolejami wykonuje S-Bahn Berlin GmbH. Usługi transportu publicznego w Berlinie (i Brandenburgii) świadczy około 40 podmiotów uczestniczących w Związku Transportowo-Taryfowym Berlina i Brandenburgii (VBB), który zapewnia bilety podmiotom świadczącym usługi przewozowe. Uzyskiwane przychody muszą być dzielone pomiędzy operatorów¹⁴⁵.

Liczba przewiezionych pasażerów jest również istotna podczas publicznego finansowania miejskiego transportu zbiorowego. Najogólniej dochody uzyskiwane ze sprzedaży usług miejskiego transportu zbiorowego w miastach praktycznie na całym świecie – poza nielicznymi wyjątkami – nie pokrywają kosztów świadczenia usług, stąd powszechnie jest dotowanie tej usługi ze środków publicznych. Poznanie wyniku finansowego poszczególnych linii komunikacyjnych pozwala określić precyzyjną alokację przeznaczanych środków publicznych, może być też jednym z kryteriów dokonywania zmian w obsłudze komunikacyjnej. Ponadto w dużych skupiskach miejskich, aglomeracjach i konurbacjach, w których linie miejskiego transportu zbiorowego przebiegają przez różne jednostki miejskie, niezbędne jest dokonanie podziału niedoboru powstającego z uwagi na fakt, że dochody z usług nie pokrywają kosztów ich świadczenia. Wszystko to powoduje potrzebę systematycznego liczenia pasażerów korzystających z usług miejskiego transportu zbiorowego oraz określania dochodowości linii, tak aby można było określić wielkość dotacji poszczególnych miast tworzących wspólny system miejskiego transportu zbiorowego. Przykładem może być centralna część województwa śląskiego, w której od 2008 roku środki wnoszone przez gminy na funkcjonowanie miejskiego transportu zbiorowego w ramach Komunikacyjnego Związku Komunalnego GOP, a od 2019 roku Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, są wyliczane w oparciu o wielkość przychodów z biletów oraz kosztów poszczególnych linii komunikacyjnych. Podstawą przyjęcia takiej zasady było

¹⁴⁵ M. Siebert, D. Ellenberger, Validation of Automatic Passenger Counting: Introducing the t-Test-Induced Equivalence Test, "Transportation" 2020, Vol. 47, s. 3031-3045, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-019-09991-9>

założenie obciążania poszczególnych gmin rzeczywistą wielkością niedoboru powstającego w związku z prowadzeniem miejskiego transportu zbiorowego na danych liniach komunikacyjnych¹⁴⁶.

Inne problemy związane z pomiarami w sposób tradycyjne to niewielkiej wielkości próba poddawana badaniom – dane zbierane podczas badań organizowanych 1-2 razy do roku mogą być niereprezentatywne, np. zakłócone przez warunki pogodowe, czasochłonny proces zbierania i obróbki danych, a także wysokie koszty zbierania i obróbki danych.

3.2.2. Pomiary tradycyjne oraz z wykorzystaniem systemów automatycznego liczenia

Na przestrzeni lat ukształtowały się dwa systemy liczenia pasażerów, pomiary tradycyjne polegające na liczeniu pasażerów przez obsługę pojazdu lub dodatkowe osoby przeprowadzające takie badania oraz pomiary z wykorzystaniem automatycznych systemów pomiarowych. Niezależnie od tego możliwe jest również liczenie pasażerów z wykorzystaniem systemów biletowych. Jednak tu pojawiają się ograniczenia i trudności, m.in. z rejestracją przejazdów bezpłatnych, przejazdów na podstawie biletów okresowych i wieloprzejazdowych oraz podczas przesiadek, na co nakładają się różne interpretacje regulacji prawnych, na ile nałożenie obowiązku sczytania stosownej karty podczas takich przejazdów jest uzasadnione. Ponadto w celu poznania wielkości pracy przewozowej konieczne byłoby sczytanie stosownej karty zarówno przy wejściu, jak i wyjściu z pojazdu. Stąd też systemy biletowe, nawet w przypadku systemów elektronicznych, nie zawsze są wykorzystywane do ustalenia liczby przewiezionych osób oraz dochodowości linii, a czasami wymagają uzupełnienia pomiarami przez obserwatorów, ankietowaniem albo dedykowanymi automatycznymi systemami liczenia pasażerów.

Podstawową tradycyjną metodą wykorzystywaną podczas badań popytu efektywnego jest obserwacja. W zależności od zakresu obserwatorzy mogą prowadzić badania, przebywając wewnątrz lub na zewnątrz pojazdu. W celu standaryzacji obserwacji dane powinny być rejestrowane na specjalnie przygotowanych instrumentach pomiarowych¹⁴⁷. Obserwacje prowadzone wewnątrz pojazdów

¹⁴⁶ G. Dydkowski, W. Gamrot, R. Tomanek, Wykorzystanie metod statystycznych w badaniu popytu na usługi transportu miejskiego, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2009.

¹⁴⁷ M. Helbin, O. Wyszomirski, Możliwości wykorzystania Big Data w badaniach popytu i podaży w transporcie miejskim, „Transport Miejski i Regionalny” 2019, nr 2, s. 3-8, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-bd5120bf-c16e-4b2f-b539-58cd054d2464>; Transport miejski. Ekonomia i organizacja, pod red. O. Wyszomirskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008.

przez doświadczonych obserwatorów pozwalają określić liczbę pasażerów z błędem nieprzekraczającym 3-5%, przy wypełnieniu sięgającym 120 osób w pojeździe¹⁴⁸. Obserwacje na zewnątrz pojazdów są znacznie mniej dokładne, ale pozwalają na jednoczesne zbadanie większej liczby kursów. W przypadku badań prowadzonych na zewnątrz pojazdów zasadnicze znaczenia ma ustalenie punktów obserwacji, które powinny znajdować się w miejscach umożliwiających określenie przeciętnego napełnienia pojazdów na danym odcinku, przy czym ważne jest, aby obserwacje w poszczególnych punktach były prowadzone w tym samym czasie¹⁴⁹.

W przypadku przebywania obserwatorów w pojazdach badania opierają się głównie na liczeniu pasażerów wsiadających i wysiadających z danego pojazdu, na wszystkich przystankach obsługiwanej trasy. Dane takie otrzymywane są na podstawie raportów wykonywanych przez osoby jeżdżące w pojazdach i liczące pasażerów wsiadających i wysiadających. Z informacji tych, po uwzględnieniu danych z rozkładu jazdy, wylicza się podstawowe wskaźniki wykorzystania oferty przewozowej, takie jak: współczynnik średniego napełnienia, liczba pasażerów na 1 wozokilometr, maksymalne napełnienie, średnia odległość przejazdu, praca przewozowa (pasażerokilometry), liczba przewiezionych pasażerów. Ponadto przy znajomości struktury biletowej można określić wielkość dochodów z biletów uzyskiwanych z danej linii. Pomiar realizowany przez obserwatorów wiąże się jednak problemami metodologicznymi. Kluczowe jest przy stosunkowo dużej pracochłonności samych pomiarów uzyskanie wyników ze stosunkowo małej próby¹⁵⁰. Pomiarów takich dokonuje się najczęściej w okresie i w dni typowych zachowań komunikacyjnych, a zatem w miesiącach marzec-kwiecień lub październik-listopad oraz w dni wtorek-czwartek, sobotę i niedzielę. Konieczne jest dokonanie pomiaru dla danej linii we wszystkich kursach w wybrany dzień roboczy (wtorek, środa lub czwartek) oraz w soboty i niedziele. Uwzględniając koszt pomiarów wykonuje się je zazwyczaj raz w roku lub jeszcze rzadziej, stąd wyniki są tylko dla jednego dnia roboczego, soboty i niedzieli w danym okresie. Ponadto nie uzyskuje się wiedzy o wielkości przewozów w innych okresach roku, np. okres wakacyjny, święta czy tzw. długie weekendy. Innym źródłem niedokładności jest dokładność zliczania liczby wsiadających i wysiadających. Dla pojazdów o większej liczbie drzwi (np. 4) lub dwuwagonowych składów tramwajowych konieczne jest zatrudnianie dwóch osób liczących – każda obserwuje dwoje drzwi, a i tak nie gwarantuje to dokładności liczenia. Również należy mieć na uwadze wprowadzane zmiany w obsłudze komunika-

¹⁴⁸ Ibid.

¹⁴⁹ M. Helbin, O. Wyszomirski, *Możliwości wykorzystania Big Data...*, op. cit., *Transport miejski. Ekonomia i organizacja*, op. cit.

¹⁵⁰ M. Helbin, O. Wyszomirski, *Możliwości wykorzystania Big Data...*, op. cit.

cyjnej, a w szczególności w rozkładach jazdy, które powodują dezaktualizację uzyskanych wcześniej wyników pomiarów. Oznacza to albo konieczność wzrostu częstotliwości i tym samym pracochłonności kosztów pomiarów, albo wyposażanie pojazdów w systemy automatycznego liczenia pasażerów. Stąd też często można spotkać się z poglądami, że tradycyjne sposoby liczenia nie są wystarczająco dokładne.

Rozpatrując tradycyjnie wykonywany przez obserwatorów pomiar liczby przewożonych pasażerów, należy zwrócić uwagę, że mogą tu występować niedokładności i zniekształcenia wyników. Ich źródłem może być zaangażowanie bezpośrednich wykonawców usług¹⁵¹, np. kierowców, którzy niekoniecznie będą bezstronni. Ponadto liczenie utrudnia zajmowanie przez pasażerów nie tylko miejsc siedzących, ale także podróż na stojąco oraz to, że nie ma konieczności wcześniejszego zgłoszenia lub rezerwacji miejsca, jak w innych systemach przewozowych. Występują przy tym duże wahania wielkości przewozów, co powoduje, że na niektórych odcinkach trasy liczba pasażerów zbliża się do maksymalnej pojemności taboru, poza tym sama podróż może trwać bardzo krótko, a to także utrudnia procesy liczenie. Stosunkowo prosta identyfikacja liczby pasażerów jest w systemach metra lub innych systemach, w których pasażerowie chcący skorzystać z usługi przewozowej wchodzi do wydzielonych przestrzeni poprzez bramki liczące, jednak tu niekoniecznie można przyporządkować pasażerów do poszczególnych linii czy też i tras.

3.2.3. Technologie oraz rozwiązania w zakresie automatycznego liczenia pasażerów

Począwszy od lat 70. XX wieku zaczęły rozwijać się systemy automatycznego liczenia pasażerów wsiadających i wysiadających do pojazdu na poszczególnych przystankach¹⁵². Korzystają one z różnych rozwiązań w zakresie identyfikacji i tak można wymienić¹⁵³:

¹⁵¹ J. Witkowski, B. Rodawski, T. Kołakowski, Uproszczona metoda diagnozowania popytu i jakości transportu zbiorowego w dużych aglomeracjach, „Transport Miejski i Regionalny” 2011, nr 2, s. 17-20, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPS6-0001-0093>

¹⁵² M. Siebert, D. Ellenberger, op. cit.; C.C. Hodges, Automatic Passenger Counter Systems: The State of the Practice, Final Report for Urban Mass Transportation Administration, Washington, D.C., June 1985, <https://rosap.nhl.bts.gov/view/dot/398>; M.R. Baltes, J.R. Rey, The “Ins and Outs” of APCs: An Overview of Automatic Passenger Counters, “Journal of Public Transportation” 1999, Vol. 2, No. 2, s. 47-64, <https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1781&context=jpt>

¹⁵³ I. Moser, C. McCarthy, P.P. Jayaraman, H. Ghaderi, H. Dia, R. Li, M. Simmons, U. Mehmood, A.M. Tan, Y. Weizman, A. Yavari, D. Georgakopoulos, F.K. Fuss, A Methodology for Empir-

- systemy oparte o przyklejone do podłogi na stopniach przy drzwiach maty z umieszczonymi w nich systemami czujników reagujących na obciążenie, systemy oparte o identyfikację zmian w obciążeniu pojazdu,
- systemy oparte o czujniki 3D działające w podczerwieni umieszczone w sąsiedztwie drzwi często na suficie pojazdu,
- systemy kamer identyfikujące zdarzenia wejścia/wyjścia z pojazdu oraz kierunek ruchu przemieszczania się pasażerów w pojeździe,
- systemy oparte o wykrywanie urządzeń wyposażonych w mobilny Internet (WiFi).

Wykorzystanie automatycznych systemów liczenia pasażerów ma określone zalety, a mianowicie¹⁵⁴:

- zamiast niewielkiej próby uzyskuje się całą zbiorowość pasażerów w wybranym przedziale czasu,
- zbieranie danych następuje automatycznie bez udziału człowieka,
- automatycznie opracowywane są raporty z badań,
- wyeliminowanie człowieka wykorzystującego jako instrument pomiarowy zmysł wzroku i skłonny do odstępstw od nałożonych standardów może zwiększyć dokładność danych,
- dane przetwarzane są na bieżąco w czasie rzeczywistym, a nie z mniejszymi lub większymi opóźnieniami w miarę posiadanych możliwości,
- bieżące zbieranie danych umożliwia wykrycie czasu i miejsc przepełnień pojazdów, które trudno jest zidentyfikować podczas rutynowych badań (np. w piątki wieczorem podczas imprez masowych),
- zapewnia dane dotyczące popytu (bez ponoszenia dodatkowych kosztów) w dni nietypowe, w które z reguły nie prowadzi się badań, np. święta, długie weekendy,
- pozwala, dzięki posiadaniu kompleksowych danych, na znalezienie w nich nowych wzorców i prawidłowości.

Automatyczne systemy zliczania pasażerów są dokładniejsze oraz w większości przypadków umożliwiają zbieranie danych w czasie rzeczywistym. Podstawowe systemy automatyczne umożliwiają jednak wyłącznie określenie wiel-

ically Evaluating Passenger Counting Technologies in Public Transport, Australasian Transport Research Forum 2019 Proceedings, 30 September – 2 October, Canberra, Australia, https://australasiantransportresearchforum.org.au/wp-content/uploads/2022/03/ATRF2019_re_submission_48.pdf; A. Hidayat, S.Terabe, H. Yaginuma, Estimating Bus Passenger Volume Based on a Wi-Fi Scanner Survey, “Transportation Research Interdisciplinary Perspectives” 2020, Vol. 6, 100142, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198220300531?via%3Dihub>

¹⁵⁴ M. Helbin, O. Wyszomirski, *Możliwości wykorzystania Big Data...*, op. cit.

kości potoków pasażerskich między poszczególnymi przystankami. Jest to przydatne w takich działaniach jak¹⁵⁵:

- planowanie przydziału taboru do linii,
- określanie częstotliwości kursowania taboru,
- ocenianie warunków podróży i poziomu komfortu w pojazdach.

W przypadku potrzeby zbudowania macierzy podróży uwzględniającej źródła i miejsce docelowe podróży tego typu systemy mogą okazać się niewystarczające. Wówczas mogą być wykorzystane dane z automatycznych systemów pobierania opłat, które umożliwiają także określenie źródła i miejsca docelowego każdej podróży transportem zbiorowym¹⁵⁶.

Należy dodać, że systemy automatycznego zliczania pasażerów w pojazdach transportu zbiorowego mają pod względem stosowanych technologii wiele wspólnego z systemami zliczania osób wchodzących i przebywających w obiektach handlowych, czy to w niewielkich sklepach, czy też w dużych obiektach, w których również można identyfikować całą drogę pokonywaną podczas zakupów, wraz z czasami przebywania w wybranych obszarach galerii handlowej. Systemy te ze względu na zgłaszane zapotrzebowanie, wymagania dotyczące konieczności zachowania anonimowości liczonych osób, a także postęp w dziedzinach konstrukcji samych czujników, ale też systemów przetwarzania zbieranych danych, podlegają ciągłej ewolucji. Oczekuje się obniżenia zużycia energii tak, aby możliwe było zasilanie bateryjne, a nawet wyeliminowania zasilania baterijnego z niektórych z nich, miniaturyzacji, zdalnego przekazywania wyników po sieciach bezprzewodowych. Można dodać, że w działalności transportowej czujniki ruchu i systemy zliczające wykorzystane są również do zliczania pieszych, pojazdów¹⁵⁷ czy też uruchamiania różnego rodzaju urządzeń.

¹⁵⁵ M. Helbin, O. Wyszomirski, *Możliwości wykorzystania Big Data...*, op. cit.; J. Aleksandrowicz, *Przydatność automatycznych systemów zliczania pasażerów w celach predykcji popytu na usługi transportowe*, „Transport Miejski i Regionalny” 2018, nr 4, s. 10-14, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-23687bf1-a7cb-49c6-98ab-8689e6aba932?q=bwmeta1.element.baztech-02179517-7ef8-465d-97ee-0e81eb737ba2;1&qt=CHILDREN-STATELESS>

¹⁵⁶ M. Helbin, O. Wyszomirski, *Możliwości wykorzystania Big Data...*, op. cit.; J. Aleksandrowicz, *Przydatność automatycznych systemów...*, op. cit.; R. Kucharski, *Przegląd możliwych technologii ITS dla transportu zbiorowego*, IV Polski Kongres ITS, Warszawa 2017; E. Wyrasz, A.K. Lorenc, *System pomiaru napełnienia pojazdów komunikacji miejskiej – przegląd współczesnych rozwiązań*, „Logistyka” 2015, nr 3, s. 4963-4970, CD 1.

¹⁵⁷ Z. Łukasik, A. Kusmińska-Fijałkowska, M. Żurek-Mortka, *Możliwości wykorzystania czujników ruchu w transporcie*, „Autobusy” 2016, R. 17, nr 12, s. 684-688, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-2bc2b5f0-c1cb-4dc4-9fd1-a7ae4db31e31?q=bwmeta1.element.baztech-544b6d3a-f548-458a-a1df-2aaea2957afe;124&qt=CHILDREN-STATELESS>

Maty umieszczone na stopniach wejścia i wyjścia do pojazdu lub przy samym wejściu. Systemy identyfikacji zmian w obciążeniu pojazdów

W przypadku mat umieszczonych na stopniach pojazdu oraz w sąsiedztwie drzwi pojazdu wykorzystuje się czujniki nacisku, ewentualnie nacisku i siły. W większości przypadków zasada działania oparta jest na pomiarze obciążenia wywartego przez zewnętrzne siły na element odkształcalny. Pomiar taki wykonywany jest głównie za pomocą elektrycznych mierników obciążenia, stosuje się przede wszystkim czujniki piezoelektryczne, a także indukcyjne i pojemnościowe. Czujniki naciskowe służą do pomiaru nacisków między dwoma powierzchniami. Różnica pomiędzy czujnikami naciskowymi, a tymi do pomiaru siły polega na tym, że te pierwsze nie mierzą rzeczywistej siły, a jedynie jej potencjał¹⁵⁸. Czujniki siły działają na zasadzie odkształcenia sprężystego elementu pomiarowego pod wpływem przyłożonej siły. Odkształcenie elementu pomiarowego powoduje zmianę rezystancji w układzie tensometrycznym, która jest przekształcana w układzie elektronicznym współpracującego wzmacniacza na sygnał wyjściowy, proporcjonalny do przyłożonej siły¹⁵⁹.

Zamontowanie zestawu czujników w matach na stopniach drzwi i podłodze w ich sąsiedztwie, po których wsiadając i wysiadając przechodzą pasażerowie, pozwala wykorzystując również informacje o kierunku przemieszczania po wejściu do pojazdu – na zliczanie wchodzących/wychodzących¹⁶⁰. Oczywiście zliczanie następuje jedynie na przystankach, przy otwartych drzwiach, tak aby zmniejszyć możliwe błędy o przemieszczanie pasażerów w sąsiedztwie drzwi podczas jazdy pojazdów. W porównaniu do innych rozwiązań identyfikacji i mierzeniu podlega nacisk, a to ma przekładać się na podróżującą osobę, a nie bezpośrednio sama osoba, co z pewnością jest źródłem błędów. Ograniczona jest bowiem możliwość rozróżnienia między jedną lub kilkoma osobami, które jednocześnie wchodzi na matę. Kluczową sprawą dla dokładności pomiarów, a także samego bezpieczeństwa pasażerów, jest dopasowanie maty do stopni i strefy wejściowej oraz trwałe jej zamocowanie, a także przeprowadzenie przewodów prowadzących od maty do pozostałych urządzeń systemu¹⁶¹. Ponadto umieszczenie czujników w matach na podłodze to z pewnością czynnik, który powoduje, że rozwiązanie to jest bardziej podatne na uszkodzenia podczas mycia podłogi, bardzo

¹⁵⁸ T. Goszczyński, Czujniki i sensorowe systemy pomiarowe, 2010, <https://automatykaonline.pl/layout/set/print/Artykuly/Pomiary/czujniki-i-sensorowe-systemy-pomiarowe>

¹⁵⁹ Ibid.

¹⁶⁰ I. Moser, C. McCarthy, P.P. Jayaraman, H. Ghaderi, H. Dia, R. Li, M. Simmons, U. Mehmood, A.M. Tan, Y. Weizman, A. Yavari, D. Georgakopoulos, F.K. Fuss, A Methodology for Empirically..., op. cit.

¹⁶¹ Ibid.

dużych obciążeń (np. koła ciężkich wózków), niż w rozwiązaniach, w których czujniki/kamery umieszczone są np. na bocznych ścianach lub suficie pojazdu. Dlatego też w kontekście rozwoju innych metod liczenia pasażerów, rozwiązanie to nie upowszechniło się. Inną przyczyną jest to, że wymaga to ułożenia mat na schodach, przy wejściu do pojazdu, a zatem w przypadku taboru niskopodłogowego lub rozwiązań, w których wchodzi się do pojazdu bez pokonywania różnicy poziomów – np. perony na przystankach i dworcach, zastosowanie tego systemu jest ograniczone. Można jedynie dodać, że identyfikacja przebywania pasażerów na stopniach pojazdów czy też sąsiedztwie drzwi może być wykorzystywana do automatycznego otwierania drzwi – oczywiście na przystankach oraz w momencie, gdy prowadzący pojazd uruchomił możliwość otwierania drzwi. Powszechnie rezygnuje się z automatycznego otwierania wszystkich drzwi na każdym kolejnym przystanku, zastępując rozwiązaniami otwierania drzwi przez pasażera, kierowcę lub automatycznie, gdy pasażer podchodzi do drzwi, ze względu na działające układy klimatyzacji, ogrzewania, więc też oszczędność energii oraz samych mechanizmów otwierania drzwi.

Systemy oparte o czujniki podczerwieni, w tym też wykorzystujące technologię 3D

Czujniki wykorzystujące podczerwień mogą pracować w oparciu o różne rozwiązania technologiczne – najogólniej są to aktywne czujniki pracujące w ramach promieniowania elektromagnetycznego – o długości fal między światłem widzialnym a falami radiowymi. Emitują promieniowanie podczerwone w strefę swojego działania i na podstawie fal odbitych i rozproszonych powoduje uzyskanie stosownych sygnałów analizowanych i rejestrowanych. Szczególnym przypadkiem są tu wiązki światła laserowego. W transporcie do pomiaru ruchu¹⁶² spotyka się czujniki oparte na różnych technologiach¹⁶³.

Nowoczesne rozwiązania stosowane do automatycznego zliczania pasażerów wykorzystują technologię Time-of-Flight (ToF), która polega na monitorowaniu odległości do obiektów znajdujących się pod czujnikiem, przez pomiar czasu powrotu wiązek laserowych w podczerwieni, emitowanych przez czujnik i odbijanych przez obiekty znajdujące się w strefie drzwiowej. Dzięki temu powstaje mapa 3D, która może być analizowana w niezawodny i w pełni zautomatyzowany sposób. Ta technologia jest wiodąca w automatycznym zliczaniu pa-

¹⁶² Z. Łukasik, A. Kusmińska-Fijałkowska, M. Żurek-Mortka, *Możliwości wykorzystania czujników ruchu...*, op. cit.

¹⁶³ J. Aleksandrowicz, W. Starowicz, *Automatyczne systemy zliczania pasażerów w miejskim transporcie zbiorowym, „Transport Miejski i Regionalny” 2020, nr 6, s. 5-10, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1fea7e91-3a5b-4385-b4af-95c0e23e31c0>*

sażerów, ponieważ umożliwia dokładny pomiar liczby osób, a także przewożonych obiektów (wózki inwalidzkie, dziecięce, rowery)¹⁶⁴.

Czujniki Time-of-Flight dostarczają trójwymiarowe obrazy w czasie rzeczywistym. Obrazy są szczególnie wyraźne i mogą być oceniane w pełni automatycznie przez procesor sygnału. Są zaprojektowane w celu długotrwałego stosowania w pojazdach transportu publicznego. Czynniki pochodzące z otoczenia, jak np. zmienne warunki świetlne, wahania temperatur i wilgotność powietrza w autobusach i pociągach, nie mają wpływu na dokładność zliczania¹⁶⁵. Umieszczone są najczęściej na suficie – nad drzwiami pojazdu, w zależności od rodzaju czujnika, szerokości i liczby skrzydeł drzwi, a także samej konstrukcji mechanizmu drzwiowego umieszcza się od jednego do kilku czujników¹⁶⁶. Umieszczenie czujników na suficie powoduje, że są one mniej narażone na przypadkowe uszkodzenia, np. podczas mycia wnętrza pojazdu.

Systemy wykorzystujące kamery

Do pomiarów liczby pasażerów stosuje się również rozwiązania wykorzystujące obraz z kamer monitorujących wnętrze pojazdu (system nie potrzebuje dodatkowych kamer nad drzwiami pojazdu). Zasada działania czujników wideo polega na odpowiednim przekształceniu obrazu – sprowadzeniu go do macierzy z wartościami kolorów w poszczególnych pikselach. Dla uproszczenia obraz może być przedstawiany w skali szarości. Dodatkowo warto zwrócić uwagę, że rozwój sztucznej inteligencji umożliwia rozpoznanie kierunku ruchu w otworze drzwiowym, a nawet sylwetki poszczególnych pasażerów na podstawie obrazu wideo. Tego typu dane dają możliwość zbierania dokładnych informacji o faktycznej liczbie wejść i wyjść (zwłaszcza w przypadku sytuacji, gdy w pojeździe jest duża liczba pasażerów i niektórzy z nich na przystanku muszą opuścić pojazd, aby przepuścić innych pasażerów). Kamery są najczęściej montowane nad otworem drzwiowym, ale zdarzają się także systemy, w których kamery lokalizuje się wewnątrz pojazdu na ścianie naprzeciw drzwi oraz na zewnątrz pojazdu¹⁶⁷.

¹⁶⁴ Witryna internetowa iris-GmbH Intelligent Sensing: <https://www.iris-sensing.com/pl/produkty/technologie-time-of-flight/> (dostęp: 22.05.2021).

¹⁶⁵ Ibid.

¹⁶⁶ J. Aleksandrowicz, W. Starowicz, *Automatyczne systemy zliczania...*, op. cit.

¹⁶⁷ Ibid. oraz A.S.A. Nasir, N.K.A. Gharib, H. Jaafar, *Automatic Passenger Counting System Using Image Processing Based on Skin Colour Detection Approach*, 2018 International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications (ICASSDA), Kuching 2018, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8477628>; M. Bieńczyk, M. Kiciński, Sz. Fierek, *Badania nappełnień pojazdów publicznego transportu zbiorowego przy użyciu monitoringu wewnątrzpojazdowego*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport 2017 nr 119, s. 29-39; P. Lengvenis, R. Simutis, V. Vaitkus, R. Maskeliunas, *Application of Computer Vision Systems for Passenger Counting in Public Transport*, „Elektronika i Elektrotech-

Niezależnie od systemów automatycznego zliczania z wykorzystaniem kamer możliwe jest liczenie na podstawie obrazu rejestrowanego przez kamery¹⁶⁸, system ten w porównaniu do systemów liczenia przez osoby przebywające w pojeździe cechuje większa efektywność – podgląd na większej prędkości w czasie przejazdu pomiędzy przystankami, większa elastyczność co do czasu, w którym nastąpi przeglądnięcie zarejestrowanego obrazu, a także większa dokładność ze względu na możliwość kilkukrotnego przeglądnięcia przystanków na której wsiada i/lub wysiada duża liczba pasażerów. Wśród zalet jest również to, że wykorzystuje się kamery instalowane w ramach systemów monitoringu pojazdów, a zatem nie ponosi znaczących dodatkowych kosztów związanych z wyposażeniem pojazdów.

Systemy oparte o wykrywanie urządzeń wyposażonych w mobilny Internet (WiFi)

Wraz z rozpowszechnieniem się urządzeń mobilnych mogących łączyć się z Internetem poprzez sieć Wi-Fi, tj. smartfonów, tabletów oraz laptopów, które zwłaszcza w przypadku smartfonów, są praktycznie cały czas noszone przez ich właścicieli, pojawiła się kolejna metoda szacowania liczby pasażerów w pojazdach miejskiego transportu zbiorowego. Metoda wykorzystuje to, że smartfony czy też inne urządzenia z dostępem do sieci Wi-Fi, gdy nie są podłączone do tej sieci, skanują otoczenie – w zależności od producenta urządzenia – co kilkanaście sekund do minuty, w poszukiwaniu znanej sieci Wi-Fi i połączenia się z nią lub w celu ustalenia lokalizacji, co jest przydatne w działaniu wybranych aplikacji. Podczas wyszukiwania dostępnych sieci urządzenie z funkcją Wi-Fi emituje własny adres MAC (ang. *Media Access Control*), tj. unikatowy i nadawany przez producenta urządzenia pracującego w sieci adres fizyczny składający się z kodu producenta oraz unikatowego numeru urządzenia. Adres służy do identyfikacji urządzeń w sieci – np. w celu zapewnienia dostępu do Internetu wyłącznie użytkownikom wybranych urządzeń.

Zabudowane w pojazdach skanery Wi-Fi mogą identyfikować adresy MAC będących w sąsiedztwie urządzeń, stąd też znana jest również ich liczba w danych lokalizacjach pojazdu. Pobiera się bowiem adres MAC oraz dodaje znacznik czasu i współrzędne GPS. Pozwala to na obliczanie prędkości adresu MAC oraz porównywanie z prędkością pojazdu wyliczaną na podstawie GPS¹⁶⁹. Ma to

nika” 2013, Vol. 19, No. 3, s. 69-72, <https://eejournal.ktu.lt/index.php/elt/article/view/1232>;
E. Wyraz, A.K. Lorenc, Systemy pomiaru..., op. cit.

¹⁶⁸ M. Bieńczyk, M. Kiciński, Sz. Fierek, Badania napelnień..., op. cit.

¹⁶⁹ A. Hidayat, S. Terabe, H. Yaginuma, Estimating Bus Passenger..., op. cit.

zapobiec błędem wynikającym z tego, że możliwe jest również zeskanowanie adresów MAC urządzeń mobilnych osób znajdujących się w sąsiedztwie pojazdu – np. w samochodzie jadącym obok lub za pojazdem transportu zbiorowego czy też osoby idącej chodnikiem. Możliwe są też inne algorytmy eliminacji adresów MAC urządzeń osób, które nie przebywają w pojeździe¹⁷⁰. Taka konieczność nie występuje w przypadku pojazdów kursujących na wydzielonym pasie ruchu czy torowisku, będącym w pewnej odległości od innych nie przebywających w pojeździe osób. W celu ustalenia liczby osób/urządzeń w pojeździe przyjmuje się te, których zeskanowany adres powtórzył się kilkakrotnie.

Stałość adresów MAC urządzeń mobilnych pozwalała na poszerzenie zbieranych danych i analiz związanych z zachowaniami komunikacyjnymi. Możliwe było również na ustalenie całej podróży oraz częstotliwości przemieszczania się i korzystania z miejskiego transportu zbiorowego w danym okresie. To spowodowało, pomimo analiz dotyczących samych adresów MAC, bez dostępu do danych osobowych właścicieli urządzeń, obawy przed naruszaniem prywatności. W rezultacie producenci tych urządzeń wprowadzili rozwiązanie w postaci randomizacji adresów MAC, polegającą na tym, że w poszukiwaniu punktów dostępu sieci Wi-Fi zmienia się adres MAC urządzenia. W ten sposób trudniejsze, aczkolwiek dalej wykonalne, stało się ustalenie, że dane urządzenie¹⁷¹ czy określona liczba urządzeń mobilnych znajduje się w pojeździe i tym samym wyciągnięcie wniosków w zakresie liczby osób przebywających w pojeździe. Smartfon wyszukujący hotspot Wi-Fi, emituje bowiem numery SSID znanych już sieci – dowolnych sieci, z którymi był połączony, co powoduje, że może stać się unikatowy. Tak będzie np. wtedy, gdy właściciel urządzenia zmieni nazwę domyślną domowej sieci Wi-Fi, skonfigurowaną przez producenta rutera lub dostawcę sieci, na jakąś unikatową¹⁷². Poza tym w przypadku znalezienia sieci, z którą się łączy, podawany zostaje pierwotny adres MAC urządzenia. Urządzenie można zidentyfikować na podstawie innych danych serwisowych, które emituje ono podczas wyszukiwania sieci — pomijając adres MAC. Analogicznie, nie mając danych osobowych konkretnych osób, można zidentyfikować ich miejsce zamieszkania, miejsce pracy czy nauki na podstawie samych lokalizacji, gdzie znajdują się w nocy, dokąd udają się w godzinach porannych i dokąd wracają w godzinach popołudniowych lub wieczornych. Ponadto część smartfonów, w których zastosowano randomizację adresu MAC, dalej rozgłasza rzeczywisty adres

¹⁷⁰ I. Moser, C. McCarthy, P.P. Jayaraman, H. Ghaderi, H. Dia, R. Li, M. Simmons, U. Mehmood, A.M. Tan, Y. Weizman, A. Yavari, D. Georgakopoulos, F.K. Fuss, A Methodology for Empirically..., op. cit.

¹⁷¹ I. Kuksov, Reklamy ukierunkowane offline, Kaspersky Daily, <https://plblog.kaspersky.com/offline-tracking-ads/6877/> (dostęp: 22.05.2021).

¹⁷² Ibid.

MAC, nawet jeśli użytkownik wyłączy Wi-Fi – powodują to włączone usługi lokalizacji bazujące na Wi-Fi.

Wśród źródeł błędów oprócz zasięgu skanerów Wi-Fi wykraczających poza pojazd transportu zbiorowego jest również to, że część osób może nie mieć smartfonów lub innych urządzeń mających dostęp do Wi-Fi, część z kolei może mieć ze sobą dwa lub więcej – np. dwa smartfony (służbowy i prywatny) lub smartfon i tablet. Badanie przeprowadzone 30 października 2016 roku w mieście Obuse (Okręg Nagano w Japonii), w którym liczono pasażerów fizycznie oraz z wykorzystaniem skanerów Wi-Fi, wskazały na mniejszą liczbę uzyskiwaną za pomocą urządzeń¹⁷³. Jednak od tego czasu nasycenie smartfonami istotnie wzrosło. W celu ograniczenia tego błędu konieczne byłoby ustalenie liczby podróżujących z urządzeniami z funkcją Wi-Fi w odniesieniu ogólnej liczby podróżnych.

Atrakcyjność tego rozwiązania wzrosła w okresie ostatnich lat w związku ze wzrostem powszechności smartfonów i zwłaszcza w dużych miastach występuje duże nasycenie tymi urządzeniami. Urządzenia te, pomimo bardzo wielu funkcji, nie są drogie. Niewielkie są także nakłady organizatorów lub przewoźników na wdrożenie tego rozwiązania, sprowadza się to do montażu skanerów zliczających urządzenia poszukujące sieci Wi-Fi. Rozwiązanie jest stosowane powszechnie w zliczaniu osób przebywających w sklepach i dużych obiektach handlowych, tu również badane jest ich poruszanie się i czasy przebywania w różnych punktach obiektu, może mieć też wiele innych zastosowań. Wykorzystanie rozwiązania, które ma zastosowania w różnych działalnościach, może mieć zalety w postaci obniżenia kosztów wdrożeń oraz standaryzacji wykorzystywanych urządzeń.

3.2.4. Struktura systemu automatycznego pomiaru liczby pasażerów

Niezależnie od rodzaju czujników liczących wsiadających i wysiadających pasażerów, muszą być one jeszcze uzupełnione o urządzenia zapewniające transmisję danych z czujników umieszczonych w sąsiedztwie poszczególnych drzwi do urządzenia zbierającego i przechowującego dane, system lokalizacji pojazdu na przystankach, tak aby wsiadanie i wysiadanie powiązać z odpowiednimi przystankami, a także zapewnić transmisję danych do urządzenia centralnego gromadzącego dane z wszystkich pojazdów, jak też przetwarzanie danych

¹⁷³ A. Hidayat, S. Terabe, H. Yaginuma, Estimating Bus Passenger..., op. cit.

w stworzonej do tego infrastrukturze i aplikacjach. Oczywiście sam zakres i rodzaj sprzętu będzie różny w zależności od samego systemu automatycznego zliczania pasażerów.

W przypadku systemów wykorzystujących maty lub czujniki podczerwieni, konieczna jest jednostka centralna umieszczona w każdym pojeździe, która zapewnia sterowanie wszystkimi urządzeniami i kontrolowanie ich poprawnej pracy, kolekcję danych, jak również komunikację z systemem centralnym. Tu stosuje się różne rozwiązania, w przeszłości często dane z pojazdów do systemu centralnego były przekazywane np. poprzez Wi-Fi w zajezdniach, co ograniczało koszty związane z przesyłaniem danych. Wówczas też sieci GSM nie oferowały takiej prędkości i przepustowości podczas przesyłania danych, jak obecnie, np. w standardzie LTE. Obecnie stosuje się rozwiązania bieżącego przesyłania danych poprzez technologie GSM/4G korzystając z sieci APN. Do rozważenia jest również rozwiązanie, w którym występują dwa moduły komunikacyjne różnych operatorów, tak aby było możliwe skorzystanie z innego operatora w przypadku obszarów lub miejsc, w których brakuje sygnału operatora głównego lub zaniku sygnału z innych powodów. W pojeździe konieczny jest również moduł zapewniający lokalizację w oparciu o system GPS czy też w przyszłości Galileo.

Same czujniki powinny być podłączone do jednostki centralnej w pojeździe poprzez stosownie wykonaną instalację, instalacja powinna być tak ułożona, aby była niedostępna dla postronnych osób oraz zabezpieczona przed uszkodzeniami w trakcie normalnej pracy pojazdu oraz czynności sprzątnia i mycia wnętrza pojazdu. Zwraca się uwagę, że system zliczania pasażerów powinien działać przez określony czas po wyłączeniu silnika, tj. powinien być zasilany bezpośrednio z akumulatora pojazdu lub z dodatkowego akumulatora, poza podstawowymi układami elektrycznymi pojazdu, zwłaszcza związanymi z pracą silnika. Jest to niezbędne z punktu widzenia dokładności wykonywania zliczania pasażerów na przystankach krańcowych pojazdów. Pojazdy mają tam przewidziane w rozkładach jazdy kilku- lub kilkunastominutowe postoje służące zniwelowaniu ewentualnych opóźnień, sprawdzeniu pojazdów przez prowadzących, a po kilku godzinach pracy kierowców – dla ich odpoczynku przewidzianego przepisami prawnymi. Wówczas też w przypadku pojazdów – autobusów z konwencjonalnymi silnikami spalinowymi – silniki pojazdu są wyłączone, natomiast pasażerowie wchodzą do pojazdu i oczekują na jego odjazd. Stąd też konieczne jest zliczanie pasażerów również w takim momencie, inaczej będzie to bowiem istotne źródło błędów, w praktyce skutkujące niedokładnościami na całej trasie przejazdu. Konieczność pracy systemów z zasilania akumulatorowego przez czas min 30 minut, a czasami też przyjmuje się nawet 60 minut stawia wymóg energooszczędności systemu automatycznego pomiaru liczby pasażerów.

Urządzenia centralne odpowiadają za wymianę danych z urządzeniami umieszczonymi w pojazdach, w szczególności za bieżące udostępnianie danych o realizowanym przez pojazd rozkładzie jazdy wraz ze wszelkimi zmianami oraz dane z pojazdów, zarówno dane ze zliczania pasażerów, dane lokalizacyjne, dane związane z pracą urządzeń pomiarowych oraz wybrane dane dotyczące samego pojazdu. Zbieranie takich danych, jak czas wjazdu w obszar przystanku, otwarcie drzwi, temperatura w pojeździe czy włączone ogrzewanie/klimatyzacja na bieżąco pozwala ewidencjonować i monitorować wybrane parametry oceniające jakość usług przewozowych.

W dużych miastach lub zespołach miast, w których przewozy wykonuje większa liczba operatorów, często systemy automatycznego zliczania pasażerów zakupuje się sukcesywnie, mogą pochodzić od różnych dostawców czy też mogą to być różne generacje samych urządzeń pomiarowych. Istotne z punktu widzenia organizatorów jest dokonanie integracji systemów, kolekcja i dostępność w jednym module danych zbieranych od różnych operatorów, a także zapewnienie wysyłania/eksportu danych do systemów wykorzystujących dane o liczbie pasażerów, w szczególności systemów prognozowania wielkości zapotrzebowania na usługi transportowe i obciążenia sieci, bieżącego układania rozkładów jazdy, zarządzania dyspozytorskiego ruchem pojazdów i zdarzeniami na sieci.

Istotne jest również stworzenie narzędzi do bieżącej obróbki danych wraz z algorytmami sprawdzającymi oraz korygującymi powstające podczas pomiarów niedokładności i błędy. W szczególności konieczne jest przyjęcie zasad dotyczących przystanków krańcowych – w założeniu jest to ostatni przystanek danego kursu i stąd na tym przystanku po zakończeniu wysiadania pasażerów w pojeździe powinien być tylko kierujący – nieuwzględniany przez urządzenia liczące. Równocześnie w nowym kursie liczba pasażerów liczona jest od zera i do kolejnego przystanku równa się liczbie osób, które wsiadły na przystanku krańcowym. Jednak tu też mogą być różne sytuacje, będące potem źródłem niedokładności oraz różnic. Są bowiem takie przystanki – pętle, w których pasażerowie wsiadają wcześniej, np. na przedostatnim przystanku i oczekują np. kilka minut w pojeździe na kontynuację jazdy. Jest to najczęściej wówczas, gdy trasy lub lokalizacje przystanków w przeciwnych kursach są różne, przykładem może być linia w ruchu okrężnym, co powoduje, że dla części pasażerów wygodniejsze jest wejście do pojazdu na przystanku kończącym kurs wcześniejszy i oczekiwanie.

Inna zasada pozwalająca ogólnie sprawdzić poprawność wyników to porównanie w kursach łącznej liczby osób wsiadających i wysiadających, te dwie wielkości powinny być identyczne, nie powinno się tu uzyskiwać ani wielkości ujemnych, ani dodatnich. Poza tym również na poszczególnych odcinakach po-

między przystankami nie powinno się uzyskiwać wyników wskazujących na ujemną liczbę podróżujących osób czy też ujemnej liczby wejść lub wyjść na przystankach.

Niezależnie od wykorzystania danych w innych systemach zarządzania transportem zbiorowym powinno się przewidzieć aplikacje do analizy prezentacji w formie tabelarycznej oraz graficznej uzyskiwanych danych dotyczących napełnień dla poszczególnych linii, tras, grup linii miast, dla całości obszaru w określonych okresach, a także w wyliczone mierniki charakteryzujące wykorzystanie taboru. Zapewnić należy również możliwość eksportu danych w celu ich dalszej obróbki. Wśród wskaźników charakteryzujących wykorzystanie pojazdu czy też grupy pojazdów wymienić można:

- liczbę pasażerów liczoną dla linii, kursu, grupy kursów w wybranych okresach,
- liczbę pasażerów na wozokilometr środka transportowego,
- współczynnik napełnienia, obliczany przy przewozach osób i liczony w następujący sposób:

$$w = \frac{P}{P_{max}} = \frac{\sum p_i \cdot l_i}{C \cdot \sum l_i}$$

gdzie:

p_i – liczba podróżnych na odcinku i ,

l_i – długość odcinka i ,

C – pojemność pojazdu,

- średnią odległość przejazdu wyliczaną jako:

$$o = \frac{\sum p_i \cdot l_i}{Z}$$

Wyliczenie zwłaszcza współczynnika napełnienia oraz średniej odległości przejazdu pozwala na poznanie wykorzystania linii komunikacyjnej, a w szczególności właściwego doboru pojazdów do obsługiwanych linii. We współczynniku napełnienia odnosi się bowiem liczbę pasażerów do pojemności pojazdu.

4

Podaż usług miejskiego transportu zbiorowego

4.1. Planowanie oferty przewozowej transportu zbiorowego

W procesie planowania oferty przewozowej można wyróżnić planowanie długookresowe, strategiczne oraz planowanie bieżące, operacyjne. Planowanie strategiczne w większym zakresie wiąże się z decyzjami lokalizacyjnymi dotyczącymi struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta, lokalizacją większych źródeł i celów ruchu oraz rozwojem infrastruktury transportowej. Tu wykorzystuje się modele oraz narzędzia prognozy ruchu miejskiego. Z kolei w ramach planowania bieżącego na podstawie szacowanego potencjalnego popytu na usługi, zgłaszanego zapotrzebowania na przewozy oraz danych z systemów liczenia pasażerów, tworzy się układ tras i linii transportu zbiorowego, wraz z częstotliwościami i godzinami odjazdów. Kolejne etapy tworzenia rozkładu jazdy przedstawia rysunek 11.

Do tworzenia rozkładów jazdy korzysta się ze specjalistycznych modułów – pakietów aplikacji, w Polsce najbardziej znane są systemy oferowane dla transportu miejskiego przez AGC BusMann¹⁷⁴, Przedsiębiorstwo Zastosowań Informatyki Taran¹⁷⁵, ale również na rynku dostępne są systemy DPK System¹⁷⁶, PTV Vison¹⁷⁷, Trapeze¹⁷⁸ czy GMV¹⁷⁹. Najogólniej podstawowe funkcje systemów planowania rozkładów jazdy pozwalają na:

¹⁷⁴ <https://www.agc.pl/> (dostęp: 20.05.2021).

¹⁷⁵ <http://www.taran.com.pl/> (dostęp: 20.05.2021).

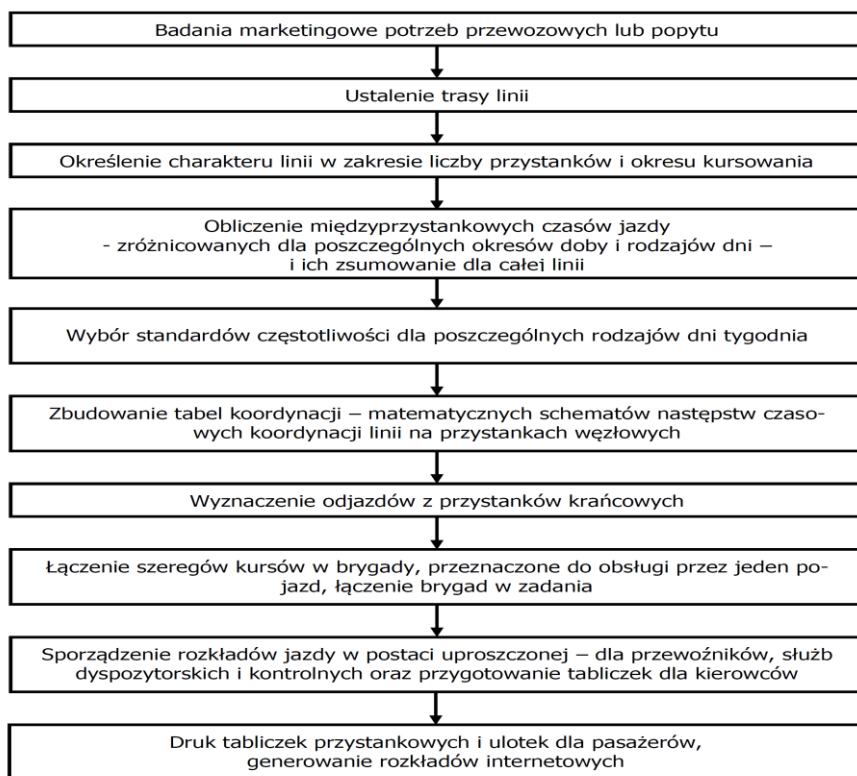
¹⁷⁶ <https://dpksystem.pl/> (dostęp: 20.05.2021).

¹⁷⁷ <https://www.ptvgroup.com/pl/rozwiwania/produkty/ptv-visum/> (dostęp: 28.05.2021).

¹⁷⁸ <https://trapezegroup.pl/> (dostęp: 28.05.2021).

¹⁷⁹ <https://www.gmv.com/pl-pl/sektory/inteligentne-systemy-transportowe> (dostęp: 28.05.2021).

- tworzenie rozkładów jazdy na podstawie zadanych parametrów oraz z wykorzystaniem danych dotyczących sieci, lokalizacji przystanków, odległości oraz czasów przejazdów pomiędzy przystankami;
- kreowanie różnych wariantów rozkładu jazdy oraz ich ocenę;
- synchronizacja rozkładów jazdy różnych linii;
- przydział pojazdów do obsługi linii, tworzenie obiegów pojazdów;
- tworzenie harmonogramów pracy kierujących pojazdami;
- na podstawie utworzonego rozkładu jazdy dla linii generowanie przystankowych rozkładów jazdy oraz rozkładów jazdy dla prowadzących pojazdy;
- udostępnianie rozkładów jazdy w Internecie oraz poprzez aplikacje mobilne;
- generowanie różnych formularzy, dokumentów, wydruków i obiegi pojazdów.



Rysunek 11. Etapy opracowywania rozkładów jazdy

Źródło: Transport miejski. Ekonomika i organizacja, pod red. O. Wyszomirskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2007.

Systemy różnych producentów różnią się interfejsami oraz rozwiązaniami szczegółowymi, w tym m.in. stosowanymi algorytmami. Dla części dostawców moduł rozkładów jazdy jest podstawą ich oferty, w czym się specjalizują, dla części – jednym z modułów kompleksowej oferty dla przedsiębiorstw transportu zbiorowego, czy też szerzej – dla systemów dla podmiotów transportowych. Oferowane moduły rozkładów jazdy umożliwiają współpracę z:

- z różnymi rodzajami mapami oferowanymi przez podmioty, tak aby ułatwić tworzenie samych rozkładów jazdy poprzez wizualizację tras transportu zbiorowego na mapach;
- innymi modułami w podmiotach transportu miejskiego, np. kontroli i nadzoru ruchu, systemami liczącymi pasażerów, informacji pasażerskiej, sprzedaży biletów, rozliczeń z gminami, rozliczeń prowadzących pojazdy oraz modulem finansowo-księgowym.

Korzyści w stosowaniu informatycznych systemów planowania rozkładów jazdy to przede wszystkim usprawnienie samego procesu tworzenia rozkładów jazdy, możliwość szybkiego uwzględnienia znacznej liczby różnorodnych informacji oraz danych, a także oceny wariantów rozkładu jazdy oraz później ułatwienie procesu synchronizacji rozkładu jazdy różnych linii. Ponadto utworzony rozkład jazdy zostaje implementowany do innych modułów, co tworzy spójny system, z którego korzystają zarówno różne komórki w samym podmiocie świadczącym usługi, jak i korzystający z usług transportu zbiorowego. Możliwość łatwego uwzględnienia danych przykładowo dotyczących rzeczywistych czasów przejazdów odcinków międzyprzystankowych, czy też liczby pasażerów, pozwala na przygotowanie rozkładu, który zapewni lepsze dopasowanie do warunków ruchu. Również synchronizacja rozkładów jazdy przyczyni się do lepszej obsługi komunikacyjnej, czy to poprzez bardziej równomierne rozłożenie przewożonych pasażerów i eliminację przepełnień środków transportowych, czy też skrócenie czasu oczekiwania na pojazd.

Obok korzyści związanych z usprawnieniem procesu tworzenia rozkładów jazdy uzyskuje się korzyści związane z lepszym wykorzystaniem zasobów przez podmioty świadczące usługi przewozowe. Uzyskuje się to zarówno poprzez wykorzystanie algorytmów optymalizacyjnych na etapie samego planowania obiegu taboru oraz harmonogramów pracy kierowców oraz później w trakcie wykonywania przewozów. Tu w szczególności informacje dostępne na bieżąco z systemów zarządzania ofertą przewozową pozwalają na stosowanie optymalnych strategii dyspozytorskich, w których minimalizuje się skutki zakłóceń.

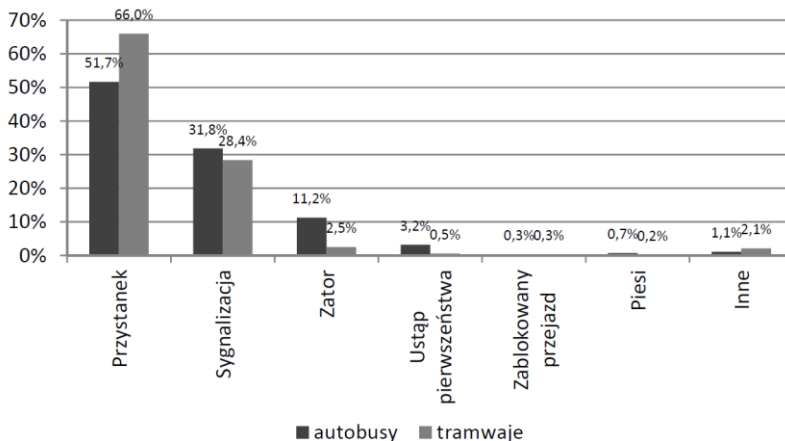
4.2. Systemy uprzywilejowania ruchu pojazdów miejskiego transportu zbiorowego

Jednym ze środków zarządzania ruchem jest sygnalizacja świetlna, a najprostszym rozwiązaniem sygnalizacja o stałych parametrach, jednoprogramowa lub wieloprogramowa, z przełączaniem zegarowym. Wdrażano sygnalizacje, w których programy były funkcją ruchu na wlotach skrzyżowania lub pieszych chcących skorzystać z przejścia, a także rozwiązania, w których sygnalizacje odosobnione zastępowały sygnalizacje sprzężone – sąsiadujące skrzyżowania obsługiwane z jednego sterownika oraz skoordynowane w ciągu. Natężenie ruchu na poszczególnych odcinkach ulic, a tym samym obciążenie ulic, charakteryzuje duża zmienność w czasie. W rezultacie stosowanie wyłącznie rozwiązań statycznych, tj. takich, w których nie reaguje się na bieżąco na zmieniającą się sytuację na ulicach miasta było i jest niewystarczające. Stąd też w miastach w różnym zakresie planuje się lub wdraża systemy zarządzania ruchem wykorzystując technologie informatyczne. Najogólniej w sposób ciągły monitoruje się wielkość natężenia ruchu i sytuację na ważniejszych skrzyżowaniach lub innych punktach, a dane te są wykorzystywane do centralnego sterowania sygnalizacjami świetlnymi na skrzyżowaniach i znakami zmiennej treści. Ponadto udostępnia się, np. w portalach internetowych, przez radio lub wyświetlając informacje na różnego typu znakach i tablicach w czasie rzeczywistym o warunkach ruchu na ulicach miasta, występujących utrudnieniach w ruchu, czasowych zamknięciach pasów ruchu, tak aby korzystający mogli wcześniej zaplanować podróż i w razie uzyskania informacji o utrudnieniach, wybrać inną trasę przejazdu.

Systemy zarządzania ruchem mogą również ułatwiać przejazd pojazdom miejskiego transportu zbiorowego, przy czym tu pojawia się problem decyzyjny, co ma być priorytetem, czy maksymalna przepustowość z punktu widzenia wszystkich pojazdów, czy uprzywilejowanie pojazdów miejskiego transportu zbiorowego, czy zapewnienie najlepszych warunków dla pieszych, czy też np. priorytet, ale możliwe pogorszenie warunków ruchu pozostałych sposobów przemieszczania – samochodami osobowymi oraz podczas przechodzenia przejściami dla pieszych, tylko w założonym wcześniej stopniu. Należy tu dla przyjętego rozwiązania wykonać analizę uzyskiwanych korzyści oraz ujemnych – niepożądanych skutków, tak aby wybrać w danych warunkach optymalne rozwiązanie i tym samym nie obniżyć możliwych do uzyskania korzyści w wyniku realizacji przedsięwzięcia i nie spowodować jego krytyki oraz negatywnego odbioru.

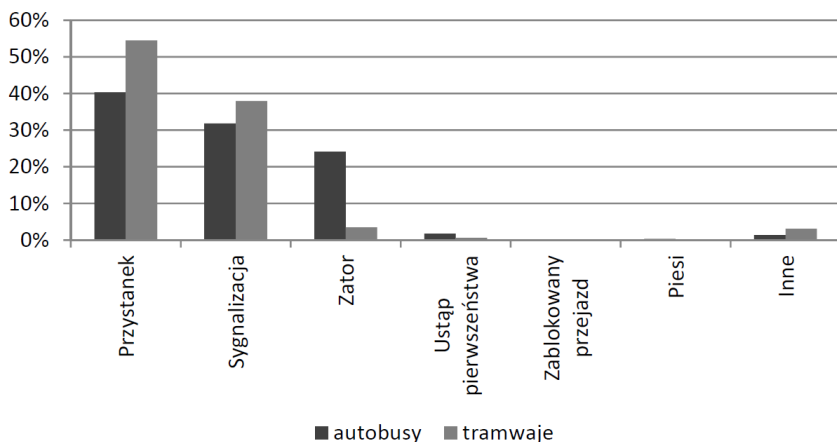
Nadawanie priorytetu pojazdom miejskiego transportu zbiorowego podczas przejazdów przez skrzyżowania ma swoje źródło w badaniach wskazujących na dość znaczny udział zarówno zatrzymań, jak i traconego czasu z powodu zatrzymań podczas przejazdu tych pojazdów przez skrzyżowania. Rysunek 12 zawiera wyniki badań w zakresie udziału różnych przyczyn zatrzymań w podziale na autobus i tramwaj. Widoczny jest znaczny udział zatrzymań związanych z przejazdami przez skrzyżowania z sygnalizacją. Od samej liczby zatrzymań istotniejsza jest wielkość strat czasowych związanych z zatrzymaniami, co przedstawia rysunek 13. O ile zatrzymania na przystankach są konieczne i niezbędne, o tyle zatrzymania spowodowane sygnalizacją świetlną oznaczają dla pasażerów tracony czas i wydłużenie czasu przejazdu, a ich czas jest większy niż wszystkich pozostałych zatrzymań (oczywiście z wyłączeniem tych na przystankach).

Należy również mieć na uwadze, że uprzywilejowanie nie zawsze oznacza przejazd pojazdu miejskiego transportu zbiorowego przez skrzyżowanie bez zatrzymania. Przykładem mogą być sytuacje, w których jednocześnie nastąpi przyjazd na dane skrzyżowanie kilku pojazdów transportu zbiorowego i wówczas któryś z nich nie przejedzie, konieczne będzie bowiem uruchomienie światła zielonego dla innego kierunku. Również przejazd bez zatrzymania może nie być możliwy w przypadku, gdy na danym skrzyżowaniu spotykają się różne linie miejskiego transportu zbiorowego, wjeżdżające na nie z różnych kierunków, i wówczas przyjmuje się założenie minimalizacji strat podczas przejazdu przez skrzyżowanie dla pojazdów miejskiego transportu zbiorowego.



Rysunek 12. Udział powodów zatrzymań w sumarycznej liczbie zatrzymań

Źródło: K. Birr, K. Jamroz, W. Kustra, Analiza czynników wpływających na prędkość pojazdów transportu zbiorowego na przykładzie Gdańska, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej” 2013, z. 96, s. 5.



Rysunek 13. Sumaryczny czas zatrzymań z podziałem na powód zatrzymania

Źródło: Ibid., s. 7

Zwraca się również uwagę na skutki zewnętrzne, tworzenie priorytetu podczas przejazdu autobusów przez skrzyżowania to skrócenie czasu przejazdu, ale również obniżenie wielkości emisji szkodliwych związków oraz CO₂ na skutek zmniejszenia liczby zatrzymań autobusów i bardziej płynnego ich ruchu, to też zwiększenie konkurencyjności miejskiego transportu zbiorowego względem przemieszczeń samochodami osobowymi i zmiany w podziale zadań przewożonych w mieście.

Stosowane metody i środki zapewniające priorytet pojazdom miejskiego transportu zbiorowego można podzielić na prawne oraz techniczne. W grupie rozwiązań prawnych można wymienić przepisy, które zapewniają priorytet tramwajów przy przecinaniu się kierunków ruchu oraz ułatwiają autobusom i trolejbusom włączanie się do ruchu z przystanków na obszarach zabudowanych¹⁸⁰. Możliwe są tu także priorytety przy wyjeździe z dróg podporządkowanych, dopuszczanie skrętów i wjazdów na ulice zakazane dla ruchu innych pojazdów czy inne rozwiązania. Wśród rozwiązań technicznych wymienić można najogólniej wszystkie związane z wydzielaniem pasów ruchu dla autobusów, budową specjalnych dróg autobusowych i torowisk tramwajowych niezależnych od przebiegu ulic oraz rozwiązania polegające na nadawaniu priorytetów w sygnalizacji świetlnej¹⁸¹.

Uprzywilejowanie pojazdów miejskiego transportu zbiorowego na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną może mieć charakter lokalny, dotyczący da-

¹⁸⁰ S. Datka, W. Suchorzewski, M. Tracz, Inżynieria ruchu, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.

¹⁸¹ Ibid.

nego skrzyżowania, grupy skrzyżowań – najczęściej tworzących określone ciągi ruchu lub całego obszaru – części miasta, całego miasta lub grupy miast, gdzie wdrożono system zarządzania ruchem. Niezależnie od zakresu rozwiązania są to systemy wykorzystujące technologie informatyczne.

W celu zapewnienia możliwości uprzywilejowania pojazdów transportu zbiorowego na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną, konieczne jest zastosowanie któregoś z systemu ustalenia lokalizacji lub też detekcji pojazdu. Możliwości są różne, każdy ze sposobów ma swoje funkcjonalności, jak też zalety i wady czyniące zastosowanie go mniej lub bardziej predystynowanym do danego rozwiązania.

Detekcja indukcyjna pojazdów wykorzystuje pętle indukcyjne umieszczone w jezdni lub wydzielonych torowiskach tramwajowych, a jej działanie opiera się o zmianę wartości indukcyjności powodowanej przez przejeżdżający pojazd. Podczas przejeżdżania pojazdu lub w przypadku zatrzymania pojazdu nad pętlą indukcyjną, dochodzi do zakłócenia pola magnetycznego, które następnie przekształcane jest w binarny sygnał cyfrowy, zapisywany w bazie danych systemu¹⁸².

Kolejnym rozwiązaniem jest detekcja radiowa – pojazd zbliżający się do sygnalizacji świetlnej wysyła informację drogą radiową, co umożliwia odpowiednie dopasowanie planu sygnalizacyjnego tak, aby w miarę możliwości pojazd mógł bez zatrzymania przejechać przez skrzyżowanie. Zaletą tego rozwiązania jest identyfikacja pojazdu transportu zbiorowego wśród innych pojazdów zbliżających się do skrzyżowania, wadą z kolei konieczność wyposażania pojazdów w odpowiednie urządzenia (autokomputery i anteny radiowe), co zwiększa liczbę systemów w pojazdach oraz powoduje konieczność angażowania przewoźników¹⁸³. Może to komplikować sytuację w przypadku kilku lub więcej przewoźników świadczących przewozy, a również ograniczać dowolność w dysponowaniu przez nich taborem obsługującym linie komunikacyjne.

Możliwe jest też ustalanie lokalizacji z wykorzystaniem sygnałów GPS i później odpowiednie dopasowywanie programów sygnalizacji świetlnej przez system zarządzania ruchem, uwzględniając również jako jeden z celów: przyspieszanie ruchu pojazdów miejskiego transportu zbiorowego lub likwidację ewentualnych opóźnień czy przyspieszeń. To rozwiązanie ma taką zaletę, że lokalizacja GPS wykorzystywana jest również w innych aplikacjach w systemie transportu zbiorowego, w tym w szczególności planowania przejazdów, dynamicznej informa-

¹⁸² J. Aleksandrowicz, M. Piwowarczyk, Sposoby detekcji pojazdów transportu zbiorowego i ich funkcjonalność, „Transport Miejski i Regionalny” 2016, nr 5, s. 49-52, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-b2465d92-0fbc-439f-8aba-937cf73dcead>; M. Leśko, J. Guzik, Sterowanie ruchem drogowym, sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.

¹⁸³ Ibid.

cji pasażerskiej, systemach liczenia pasażerów, systemach pobierania opłat za usługi przewozowe czy też w ramach zarządzania dyspozytorskiego.

Kolejny sposób ustalania lokalizacji pojazdów to rozwiązywanie wykorzystujące obrazy z kamer zlokalizowanych w obrębie sieci ulicznej i skierowanych na przejeżdżające pojazdy. Kamery wizyjne trafiły do systemów zarządzania ruchem drogowym jako narzędzia do akwizycji i transmisji obrazu do centrów monitoringu w celu ich interpretacji przez operatorów systemów nadzoru wizyjnego. Prace związane z automatyczną analizą obrazu zostały zainicjowane w latach 70. ubiegłego wieku¹⁸⁴. Obecnie dane wizyjne są przetwarzane przez systemy komputerowe w celu automatycznego określania parametrów ruchu drogowego¹⁸⁵. Specjalistyczne oprogramowanie zapewnia interpretację obrazów z kamer w zależności od użytych w oprogramowaniu algorytmów, możliwe są różne rodzaje detekcji, m.in. przez wyznaczanie wirtualnych pól pomiarowych określa się wielkość pojazdu, czas przebywania pojazdu w jednym miejscu, kierunek ruchu, a także wykrywa się pojazdy uprzywilejowanych. W przypadku innych sposobów interpretacji obrazów z kamer, możliwa jest detekcja wszystkich użytkowników ruchu, odczytywanie tablic rejestracyjnych czy śledzenie pojazdu w sieci¹⁸⁶. Systemy wykorzystujące kamery wizyjne są w stanie zastąpić wiele pętli indukcyjnych i zredukować koszty utrzymania systemu¹⁸⁷.

Jeszcze innym stosowanym rozwiązaniem jest detekcja pojazdów za pomocą promieniowania optycznego. Wykorzystuje się urządzenia (nadajnik i odbiornik), umieszczone w sąsiedztwie pasa ruchu lub nad nim, a sam przejazd pojazdu powoduje, że część wiązki promieniowania odbijana jest z powrotem i wykrywana przez odbiornik umieszczony zwykle w pobliżu nadajnika. Czujniki pracujące w paśmie podczerwonym mogą być aktywne lub pasywne. Rozwiązania aktywne oświetlają monitorowany odcinek drogi promieniowaniem o niskiej mocy w paśmie dalekiej podczerwieni (o długości fali rzędu 850 μm) za pomocą diod laserowych lub rzadziej diod LED. Część energii promieniowania jest odbijana z powrotem lub rozpraszana, co jest wykrywane przez odbiornik. Czujniki

¹⁸⁴ R.M. Inigo, Traffic Monitoring and Control Using Machine Vision: A Survey, "IEEE Transactions on Industrial Electronics" 1985, Vol. IE-32, Issue 3, s. 177-183, <https://ieeexplore.ieee.org/document/4158617>

¹⁸⁵ P. Dalka, Metody algorytmicznej analizy obrazu wizyjnego do zastosowań w monitorowaniu ruchu drogowego, Rozprawa doktorska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2014.

¹⁸⁶ J. Aleksandrowicz, M. Piwowarczyk, Sposoby detekcji pojazdów..., op. cit.; J. Piecha, Systemy informatyczne transportu – badania, inżynieria, kształcenie, „ITS Przegląd” luty 2009, nr 5, s. 49-52, <https://bibliotekanauki.pl/articles/193780>; A. Adamski, Inteligentne systemy transportowe: sterowanie, nadzór i zarządzanie, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2003.

¹⁸⁷ P. Dalka, Metody algorytmicznej analizy..., op. cit.

pasywne nie dysponują własnym źródłem promieniowania i bazują na detekcji energii emitowanej bezpośrednio przez pojazdy i powierzchnię drogi oraz energii emitowanej poprzez atmosferę i odbitej od elementów wchodzących w skład monitorowanej przestrzeni¹⁸⁸.

Możliwa jest również detekcja w wykorzystaniu znaczników RFID, rozwiązanie to polega na umieszczeniu na pojeździe transportu zbiorowego jednego lub więcej (aktywnych lub pasywnych) znaczników RFID oraz w miejscach w których ma dochodzić do identyfikacji, konieczne jest zamontowanie czytników RFID z antenami¹⁸⁹.

Niezależnie od typu zastosowanej detekcji, istotnym czynnikiem, jeśli detekcja odbywa się za pomocą zamontowanych w sąsiedztwie lub nad drogą urządzeń, jest miejsce jej lokalizacji. Sygnalizacja, niezależnie od zastosowanych algorytmów i innych rozwiązań, potrzebuje od kilku do nawet kilkudziesięciu sekund na załączenie odpowiedniej fazy dla priorytetowego kierunku. Oczywiście najlepszym przypadkiem jest taki, w którym pojazd zgłasza się w trakcie fazy umożliwiającej przejazd bez zatrzymania (podczas światła zielonego). Wówczas następuje odpowiednie przedłużenie fazy. Jednak najczęściej sytuacja jest bardziej skomplikowana, co skutkuje często kilkudziesięcioma sekundami do zapalenia światła zielonego dla pojazdu uprzywilejowanego, a to oznacza konieczność lokalizacji urządzeń zapewniających detekcję w odległości nawet ponad 200 metrów od skrzyżowania¹⁹⁰.

Priorytet dla środków miejskiego transportu zbiorowego może mieć różne formy i zakres. Podstawowym rozwiązaniem jest przedłużanie aktualnie trwającej fazy, w której może być obsłużony pojazd, w przypadku jego zgłoszenia na odpowiednim detektorze. Bardziej zaawansowany algorytm zakłada skracanie innych faz lub nawet pomijanie, aby maksymalnie skrócić czas oczekiwania pojazdu transportu zbiorowego na zezwolenie na wjazd na skrzyżowanie. W algorytmie sygnalizacji świetlnej można również zastosować specjalne, dodatkowe fazy, które uruchamiane są tylko w przypadku zgłoszenia tramwaju lub autobusu. W końcu najbardziej zaawansowane programy sygnalizacji świetlnej są w stanie zapewnić przejazd bez zatrzymania przez sygnalizację świetlną dla niemal wszystkich pojazdów reprezentujących uprzywilejowaną grupę, obliczając przy tym czas dojazdu do skrzyżowania, tak aby zminimalizować straty dla innych użytkowników¹⁹¹.

¹⁸⁸ Ibid.

¹⁸⁹ J. Aleksandrowicz, M. Piwowarczyk, Sposoby detekcji pojazdów..., op. cit.

¹⁹⁰ Ł. Gryga, M. Wojtaszek, G. Firlejczyk, Obszarowy system sterowania ruchem i nadawania priorytetu dla transportu zbiorowego w Krakowie, „Transport Miejski i Regionalny” 2013, nr 6, s. 4-12, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-8ac81dfb-16c3-4cb5-9709-123ad58726f6>

¹⁹¹ Ibid.

Objęcie środków miejskiego transportu zbiorowego systemami zarządzania ruchem pozwala uzyskać wiele korzyści i tym samym poprawić jego konkurencyjność w stosunku do przemieszczeń samochodami osobowymi. W szczególności wśród korzyści wymienić można:

- poprawę punktualności i regularności kursowania środków transportu zbiorowego;
- zmniejszenie czasu podróży (skrócenie czasów przejazdu oraz czasów oczekiwania na pojazd, jak również czasu przeznaczanego na przesiadki);
- w wyniku poprawy regularności kursowania uzyskuje się bardziej równomierne napełnienia pojazdów, zmniejsza występowanie sytuacji, gdy pojazdy są przepełnione,
- zapewnienie podróżującym pasażerom informacji o ewentualnych zakłóceniach w ruchu i możliwości kontynuowania podróży.

Najogólniej systemy zarządzania ruchem polepszają jakość usług miejskiego transportu zbiorowego, zaufanie do tego sposobu przemieszczania, jak również m.in. poprzez poprawę regularności kursowania i skrócenia czasów przejazdu, poprawiają wykorzystanie taboru miejskiego transportu zbiorowego. Systemy zarządzania ruchem w miastach stosujące technologie informatyczne wymagają również stworzenia odpowiedniej jednostki mającej za zadanie utrzymywanie w sprawności urządzeń systemu, nadzorowanie pracy systemu, a także ingerencję w sytuacjach tego wymagających. Ponadto niezbędne jest zapewnienie współdziałania z innymi służbami publicznymi, jak również udostępnianie części danych i informacji. Na przykład z systemu monitoringu wizualnego równoległe korzystać w zakresie swoich zadań może zarówno policja i straż miejska, jak też podmioty transportu zbiorowego.

4.3. Zarządzanie dyspozytorskie w miejskim transporcie zbiorowym

Pojazdy w systemach miejskiego transportu zbiorowego przemieszczają się po ustalonych trasach i według ustalonego czasowego planu, które są zawarte w rozkładach jazdy. To przy opracowywaniu rozkładów jazdy, korzystając ze wspomagających tę czynność narzędzi informatycznych jazdy, realizowana jest optymalizacja obsługi komunikacyjnej danego miasta lub obszaru, a także w znacznym zakresie dopasowanie czasów przejazdu pojazdów transportu zbiorowego do możliwości wynikających z warunków ruchu na poszczególnych odcinkach transy. Do zadań bieżącego, operatywnego zarządzania pojazdami, które realizu-

ją dyspozytorzy przez wsparciu systemów informatycznych, można w miejskim transporcie zbiorowym zaliczyć przede wszystkim utrzymanie punktualności i regularności kursowania pojazdów oraz ciągłości obsługi na liniach komunikacyjnych. Możliwe jest też inne podejście operatorów co do zmiennych określających priorytety postępowania, zależne od postanowień umowy z organizatorem i znajdujących się tam zapisów w zakresie premiowania oraz obciążania karami umownymi w zależności od jakości świadczonych usług.

Znaczny wpływ operatywnego zarządzania ruchem pojazdów transportu zbiorowego oraz strategii stosowanych przez dyspozytorów na jakość usług, a zwłaszcza punktualność, regularność, niezawodność oraz informowanie pasażerów znany był już kilkadziesiąt lat temu. Jednak szersze zastosowanie strategii dyspozytorskich było ograniczone niedostatkiem i ograniczoną funkcjonalnością ówczesnych sposobów lokalizacji czy też łączności z kierowcami, również dyspozytorzy nie mieli szybkiego dostępu do różnych danych oraz wspomaganie technologiami informatycznymi.

Do przyczyn możliwych zakłóceń w ruchu pojazdów wymienić można czasowo występujące znaczne utrudnienia w ruchu i tym samym wydłużenie czasu przejazdu ponad ten przyjęty w rozkładzie jazdy, ponadto awarie techniczne pojazdów, kolizje i wypadki drogowe lub incydenty, które wymagają wezwania służb porządkowych.

Katalog działań dyspozytorów może być różny, znajdują się w nim m.in.¹⁹²:

- podawanie kierującym nowego rozkładu jazdy,
- pozyskiwanie od kierujących informacji o zakłóceniach na linii,
- podawanie kierującym trasy objazdu (w przypadku niespodziewanego zakłócenia),
- wprowadzanie pojazdów rezerwowych do ruchu,
- omijanie przystanków (autobusy),
- zawracanie pojazdów z linii,
- powiadomienie pasażerów o wprowadzonych zmianach,
- zapewnienie pojazdów zastępczych.

Konstruowane i wdrażane systemy detekcji, identyfikacji i lokalizacji pojazdów komunikacji zbiorowej uzyskują oczekiwaną pełną efektywność dopiero po wprowadzeniu racjonalnych reguł dyspozytorskich. Należy zaznaczyć, że nawet najbardziej nowoczesne tego typu urządzenia funkcjonujące już na świecie nie realizują w sposób automatyczny działań dyspozytorskich, a ich rola sprowadza się do informowania służb nadzoru o rozmieszczeniu i wielkości

¹⁹² M. Ziembicki, D. Pyza, System zarządzania ruchem pojazdów ułatwiający zarządzanie taborem w aglomeracji miejskiej, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport” 2017, z. 118, s. 413-421.

zakłóceń eksploatacyjnych na sieci komunikacji zbiorowej oraz ewentualnej podpowiedzi jak zakłócenie rozładowac¹⁹³.

Systemy zarządzania taborem miejskiego transportu publicznego podlegają ciągłemu rozwojowi wynikającemu¹⁹⁴:

- ze zmian filozofii obsługi transportowej miast wynikającej z polityk transportowych,
- z postępu w modelowaniu procesów transportowych,
- z rozwoju technologii telekomunikacyjnych i informatycznych,
- z rozwoju technologii zarządzania ruchem drogowym,
- ze wzrostu społecznych oczekiwań odnośnie do standardów podróżowania.

Czynniki te znajdują swoje odbicie w rozwoju systemów zarządzania. Wyróżnia się trzy podstawowe generacje systemów. Pierwsza generacja systemów ograniczała się do budowy infrastruktury wewnątrz pojazdu, wykorzystującej standardowe magistrale informacyjne pojazdu. Wyposażenie pojazdu w tym zakresie obejmowało wówczas¹⁹⁵:

- tablice informacyjne wewnątrz i na zewnątrz pojazdu,
- głosowe urządzenia informujące pasażerów o kolejnych przystankach,
- centralnie sterowany system kasownikowo-biletowy,
- urządzenie lokalizujące położenie pojazdu – najczęściej pojazdowe liczniki drogi, czasem systemy lokalizujące pojazd w wybranych punktach sieci komunikacyjnej,
- urządzenia łączności radiowej kierowcy z dyspozytorem.

Druga generacja systemów zarządzania to wprowadzenie tzw. autonomicznej pracy pojazdu. Pojazd zostaje wyposażony w informacje o obowiązującym rozkładzie jazdy i sieci transportu. Wyposażenie pojazdu obejmuje¹⁹⁶:

- komputer pokładowy oceniający zgodność aktualnego położenia z planowanym,
- informowanie kierowcy o ewentualnej odchyłce od rozkładu jazdy,
- informowanie pasażerów o trasie i bieżącym przystanku,
- urządzenia wymuszające bezwarunkowy priorytet na skrzyżowaniach z sygnalizacją.

Trzecia generacja systemów, wytyczająca bieżący etap ich rozwoju, to budowa Centrów Nadzoru Ruchu (CNR) umożliwiających innowacyjne operatyw-

¹⁹³ Ibid.

¹⁹⁴ J. Suda, Operatywne zarządzanie miejskim transportem publicznym na przykładzie MZA Warszawa, „Transport Miejski i Regionalny” 2017, nr 12, s. 21-26, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-58766b1e-3584-4f19-a90c-13eaa8b68672>; por. też: J. Suda, Innowacyjne zarządzanie miejskim transportem publicznym, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport” 2017, z 118, s. 265-276.

¹⁹⁵ J. Suda, Operatywne zarządzanie miejskim transportem..., op. cit.

¹⁹⁶ Ibid.

ne zarządzanie pracą taboru. Porównanie rozkładu jazdy z rzeczywistymi czasami odjazdów z przystanków realizowane jest w Centrum. Dyspozytor podejmuje decyzje o sposobie jazdy i przekazuje ją do pojazdu. Wyposażenie pojazdu umożliwia¹⁹⁷:

- lokalizację położenia pojazdów przy wykorzystaniu nawigacji satelitarnej,
- cyfrową transmisję danych niezależnie od transmisji głosu,
- nadzór CNR nad funkcjonowaniem jednej lub wielu linii na ciągu ulic lub w obszarze,
- modyfikację zadań wykonywanych przez pojazd,
- warunkowe priorytety na skrzyżowaniach z sygnalizacją i wideo monitoring pojazdu.

Oprogramowanie służące m.in. do zarządzaniem ruchem pojazdów było przez wiele lat rozwijane w Miejskich Zakładach Autobusowych sp. z o.o. w Warszawie (MZA). Już pod koniec lat 80. ubiegłego wieku uruchomiono system ASTER, obejmujący wówczas część pojazdów (180 autobusów), które lokalizowane były na podstawie danych z licznika drogi i sygnałów o zamknięciu drzwi, a łączność i transmisję danych realizowano za pomocą analogowej łączności radiowej. Obecnie na przykładzie MZA można wymienić aplikacje oraz ich podstawową funkcjonalność związaną z operatywnym zarządzaniem ruchem¹⁹⁸:

1. System Łączności Alarmowej – informuje o nagłych wypadkach oraz zarządza ruchem pojazdów, oparty jest na technologiach GPS, zapewnia zaawansowaną dwukierunkową transmisję głosową oraz przepływ danych pomiędzy centrum nadzoru ruchu a pojazdem¹⁹⁹.
2. System Łączności Dyspozytorskiej – zapewnia zbieranie i dystrybucję danych i informacji z wykorzystaniem różnych kanałów transmisji, korzysta z tradycyjnej łączności, telefonów GSM oraz korporacyjnej łączności radiowej; obsługę ułatwiają interaktywne dotykowe monitory, na ekranie których znajdują się zakładki z książką telefoniczną, listą najczęściej wybieranych numerów, kolejką połączeń i panelem umożliwiającym zestawianie połączeń bezpośrednich lub konferencyjnych.
3. Zobrazowanie Położenia Pojazdów – stosowane są w niej mapy OpenStreet-Map (OPS), na których oprócz układu ulic i budynków umieszczono przystanki transportu zbiorowego, możliwa jest w niej prezentacja pojedynczych autobusów, autobusów wybranych linii lub wszystkich autobusów prowadzących obsługę komunikacyjną w wybranym fragmencie miasta.

¹⁹⁷ Ibid.

¹⁹⁸ Ibid.

¹⁹⁹ <https://genesismobo.com/> (dostęp: 20.06.2021).

4. Nadzoru Punktualności – podstawowe narzędzie pracy dyspozytora, pozwala na identyfikację odchyłeń pomiędzy rzeczywistym czasem odjazdu z wybranego przystanku a czasem przewidzianym w rozkładzie jazdy, gdy autobus realizuje kurs z przyspieszeniem lub jest opóźniony powyżej wyznaczonych granic (np. przyspieszenie powyżej 1 minuty i opóźnienie powyżej 3 minut), zaczyna być to sygnalizowane, możliwe jest, że podczas dalszej obsługi odchylenia te zostaną zniwelowane, ale możliwe jest również, że opóźnienie wzrośnie i konieczna będzie ingerencja dyspozytora co do dalszego postępowania kierowcy, tak aby zniwelować odchylenia oraz zmniejszyć związane z nimi skutki dla pasażerów.
5. System Sterowania Bezpośredniego – sterowanie bezpośrednio stosuje się w przypadku wystąpienia znacznych odchyłeń od rozkładów jazdy, przede wszystkim opóźnień i braku możliwości realizacji rozkładu jazdy, dyspozytor wówczas informuje kierowcę o sposobie dalszego postępowania, możliwe są tu różne strategie, może to być polecenie przejazdu z przystanku krańcowego bez pasażerów do określonego przystanku na trasie i od niego rozpoczęcie dalszej obsługi linii lub przejazd do pewnego punktu trasy i rozpoczęcie obsługi w przeciwnym niż było w planie kierunku, skrócenie lub wydłużenie czasu postoju na przystanku krańcowym; dyspozytor w odróżnieniu od kierowcy ma wiedzę o warunkach obsługi w danej części miasta, o lokalizacji pozostałych autobusów oraz ich ewentualnych odchyleniach od rozkładów jazdy, obsługujących daną linię komunikacyjną, stąd podejmuje optymalne decyzje, aplikacja ta może mieć funkcjonalności wspomagające dyspozytora w analizie i ocenie bieżącej sytuacji, ale też i dokonania predykcji jej rozwoju i generacji przejściowych – do likwidacji odchyłeń – rozkładów jazdy.
6. System Telemetrii Pojazdowej – w jej ramach przesyłane są wybrane informacje o stanie pojazdu oraz wybranych czynnościach kierowcy lub pasażerów, np. temperaturze wewnątrz i na zewnątrz pojazdu, włączeniu ogrzewania lub klimatyzacji, otwarciu/zamknięciu drzwi, udostępnieniu przycisku otwierania drzwi pasażerom, użyciu tego przycisku przez pasażera, użyciu przycisku inwalidy, uaktywnieniu funkcji przykłąku/obniżeniu pojazdu, pracy silnika, prędkości pojazdu i wielu innych, ponadto przesyłane są informacje, gdy zostaną przekroczone krytyczne wartości wybranych parametrów eksploatacyjnych lub związane z ewentualnym zagrożeniem (np. pożar),
7. Obsługa Zdarzeń i Wypadków – wspomaganie podczas postępowania po zaistnieniu zdarzeń nadzwyczajnych, takich jak kolizje, wypadki, zniszczenia pojazdu, zasłabnięcia, zanieczyszczenia lub inne sytuacje naruszenia prawa; aplikacja ułatwia sporządzanie dokumentacji z takich zdarzeń oraz przesłania

do zasobów systemu, część danych wypełniana jest automatycznie, pomagają predefiniowane słowniki.

8. System Informacji Zajezdniowej – pomaga przede wszystkim kierowcom odszukać właściwy autobus spośród wielu znajdujących się na placu postojowym, kierowca może zlokalizować pojazd na monitorze informacyjnym w zajezdni lub bezpośrednio na swoim smartfonie, uzyska wtedy również informacje o zadaniu, które będzie realizował tego dnia oraz inne ważne komunikaty.

System ulega ciągłemu rozwojowi tworzone są kolejne aplikacje oraz poszerzana funkcjonalność aplikacji już istniejących. Przykładem może być weryfikacja wykonalności przygotowanych rozkładów jazdy przez autobusy elektryczne oraz symulacja, optymalizacja i wskazanie kierowcy planu ładowania baterii autobusów, w czasie realizacji przez nie zadań przewozowych²⁰⁰. Aplikacja pomaga prowadzić analizy wykonalności rozkładów jazdy przez tabor elektryczny oraz tworzenie harmonogramów ładowania baterii autobusów na przystankach krańcowych linii. Kierowca otrzymuje plan ładowania autobusów obejmujący poszczególne brygady na przystankach krańcowych, na których dostępne są ładowarki, oraz uzyskuje wiedzę o stanach zagrażających realizacji zadań przewozowych²⁰¹. Inne aplikacje to związana z obsługą monitoringu wizyjnego umożliwiająca pozyskanie do 30 dni obrazu z kamer umieszczonych w autobusach, aplikacja wielokryterialnego raportowania oraz aplikacja w zakresie planowania zadań i służb²⁰².

System wspomagania pracy dyspozytorni ruchu oferowany przez innego dostawcę systemów informatycznych to narzędzie dla dyspozytorów wspierające procesy zarządzania flotą pojazdów, komunikacji z zespołami oraz dysponowaniem pojazdów do zadań przewozowych. System obsługę zgłoszeń i zdarzeń komunikacyjnych oraz integrację z zewnętrznymi systemami w celu przyspieszenia przepływu informacji. System pozwala również na monitorowanie pojazdów oraz zespołów w czasie rzeczywistym, pozwalając dyspozytorowi w krótkim czasie podejmować decyzje²⁰³. Korzyści z wdrożenia systemu to m.in.²⁰⁴:

- obsługa zgłoszeń przychodzących od kierujących pojazdami (autobusami i tramwajami),

²⁰⁰ J. Suda, J. Lenartowicz, Zarządzanie flotą pojazdów miejskiego transportu publicznego, „Transport Miejski i Regionalny” 2018, nr 11, s. 24-29, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-12e646b3-1aa7-4c92-a7c8-538b6c271e0c>

²⁰¹ Ibid.

²⁰² J. Suda, Operatywne zarządzanie miejskim transportem..., op. cit.

²⁰³ <https://www.wasko.pl/dyspozytornia/> (dostęp: 20.05.2021).

²⁰⁴ Ibid.

- koordynacja działań mających na celu usunięcie awarii, usterek pojazdów liniowych, zapewnienie ciągłości obsługi transportem zbiorowym, jeśli dany pojazd zostanie wyłączony z ruchu,
- koordynacja działań mających na celu usunięcie awarii pojazdów i usterek trakcji tramwajowej (rozjazdów, sygnalizacji, torów i sieci),
- operatywne zarządzanie w przypadku utrudnień w ruchu – także kolizji i wypadków,
- zarządzanie pojazdami znajdującymi się poza zajezdniami,
- przeglądanie rozkładów jazdy,
- śledzenie aktualnej pozycji pojazdów na mapie GIS,
- lokalizowanie pojazdu uczestniczącego w zdarzeniu,
- monitorowanie odstępstw od rozkładu jazdy (opóźnienia i przyspieszenia),
- dostęp do informacji związanej z pojazdem i realizowaną przez niego trasą,
- definiowanie wyłączeń i tras alternatywnych,
- realizację zadań związanych z przyporządkowaniem radiotelefonów do pojazdów,
- zarządzanie procesem tworzenia grafików dla kierowców i motorniczych,
- umożliwienie komunikacji głosowej z kierującymi, przesyłanie wiadomości tekstowych SDS, odbiór informacji statusowych,
- integracja z zewnętrznymi systemami,
- monitoring wizyjny w pojazdach,
- konstruowanie rozkładów jazdy,
- planowanie czasu pracy kierowców.

Systemy operatywnego zarządzania ruchem pojazdami miejskiego transportu zbiorowego pozwalają na uzyskanie wielu korzyści, wśród których można wymienić w szczególności poprawę punktualności kursowania pojazdów, regularności oraz bezpieczeństwa. Szczególną rolę spełniają systemy kontroli realizowanych przewozów, dzięki którym następuje odczuwalny przez pasażerów wzrost jakości obsługi transportowej, zarówno w zakresie regularności i punktualności kursowania, jak też pod względem parametrów techniczno-eksploatacyjnych pojazdów. Istotną zaletą takich systemów jest kompleksowość kontroli obejmującej całą sieć linii. Duże znaczenie ma w tym procesie wykorzystanie zebranych przez system danych dotyczących realizacji rozkładu jazdy. Własna eksploracja tych danych przez organizatora transportu za pomocą języków zapytań oraz języków programowania umożliwia swobodne definiowanie reguł dostosowujących kontrolę wykonania usług przewozowych do zapisów w umowach z operatorami. Pozwala to na bieżące dostosowywanie tych reguł do zmian

w rozkładach jazdy oraz w wymaganiach określanych w nowo zawieranych umowach z operatorami²⁰⁵.

Kolejną korzyścią jest informacja dotyczące obsługi prowadzonej na poszczególnych liniach, oparta nie na wielkościach planowanach, ale na rzeczywistej lokalizacji pojazdów oraz sytuacji na sieci. Ponadto jest to także narzędzie do operatywnego korygowania rozkładów jazdy na podstawie rzeczywiście osiągniętych czasów przejazdów poszczególnych odcinków sieci komunikacyjnej²⁰⁶, co również przekłada się na wzrost punktualności kursowania pojazdów. Jest to także źródło danych o rzeczywistej realizacji oferty przewozowej będące podstawą do zapłaty przez organizatora wynagrodzenia za świadczenie usług.

4.4. Systemy informacji pasażerskiej

Decyzja o skorzystaniu z usług transportu miejskiego w dużym stopniu zależy od sprawnego systemu informacji pasażerskiej. Powinna ona nie tylko umożliwić podjęcie decyzji o skorzystaniu z usług transportu zbiorowego, ale także ułatwić jej realizację oraz powtórne zakupienie usługi. W tym celu wykorzystuje się zarówno tradycyjne, jak i bardziej nowoczesne środki informacyjne²⁰⁷. Właściwe funkcjonowanie systemu informacji dla pasażera pełni istotną rolę w procesie kształtowania wysokiej jakości usługi transportowej. System ten może mieć wpływ na wybór środka transportu przez osoby planujące podróż. Rola informacji w procesie wyboru sposobu przemieszczenia w dobie silnie rozwiniętej technologii znacznie wzrosła. Organizatorzy zbiorowego transportu miejskiego uzyskali nowe narzędzia, dzięki którym mogą wpływać na jego konkurencyjność wobec samochodu osobowego. Atrakcyjny system informacji pasażerskiej jest jednym z elementów usług przewozowych mających wpływ na zwiększenie liczby osób z nich korzystających²⁰⁸.

Jeszcze w latach 90. XX wieku informacja o funkcjonowaniu miejskiego transportu zbiorowego sprowadzała się do informacji na dworcach i przystan-

²⁰⁵ M. Helbin, O. Wyszomirski, Wykorzystanie nowoczesnych technologii do kontroli usług przewozowych na przykładzie Zarządu Komunikacji Miejskiej w Gdyni, „Transport Miejski i Regionalny” 2019, nr 3, s. 3-8, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-d7a24ba1-954c-43bc-a2e6-2aafe339ec67>

²⁰⁶ M. Ziembicki, D. Pyza, System zarządzania ruchem pojazdów..., op. cit.

²⁰⁷ R. Tomanek, Konkurencyjność transportu miejskiego, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2002.

²⁰⁸ M. Helbin, O. Wyszomirski, Ewolucja informacji o usługach w zbiorowym transporcie miejskim na przykładzie Zarządu Komunikacji Miejskiej w Gdyni, „Transport Miejski i Regionalny” 2020, nr 4, s. 16-21, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-7ef340d9-a059-44b5-9e1c-83d51730ff20>

kach w postaci tablic z wykazem linii i godzin odjazdów, przystankowych tabliczek z godzinami odjazdów pojazdów w podziale na linie oraz drukowanych schematów sieci komunikacyjnej i przebiegów linii zaznaczanych na planach miast. Nie były dostępne jakiegokolwiek rozwiązania ułatwiające planowanie całej podróży odbywanej np. z przesiadką, szybkie porównania różnych tras przemieszczeń czy też informacja uwzględniające występujące utrudnienia w ruchu lub inne przyczyny, powodujące odchylenia od planowanych godzin przyjazdów i odjazdów środków przewozowych.

Jednak systematyczne upowszechnianie się komputerów osobistych spowodowały zmiany i w tym zakresie. Początki elektronicznej informacji pasażerskiej w Polsce miały miejsce w przewozach kolejowych i sięgają końca ubiegłego wieku, kiedy na rynku pojawiły się dystrybuowane na dyskietkach programy (wówczas jeszcze płatne, rozwijane przez różne niezależne firmy), umożliwiające przeglądanie kolejowego rozkładu jazdy PKP. Już wówczas podnoszony był problem aktualizacji danych, choć niewątpliwie stabilność oferty przewozowej była wówczas większa niż obecnie. Istotne zmiany w dostępności do aktualizowanego rozkładu jazdy wniósł dopiero stopniowo popularyzujący się dostęp do Internetu. W ciągu kolejnych lat w sieci zaczęły pojawiać się rozkłady jazdy w witrynach internetowych organizatorów i operatorów miejskiego transportu zbiorowego²⁰⁹. Wdrażano rozwiązania, w których funkcjonalność programów służących do projektowania i zarządzania rozkładami jazdy rozbudowana została o możliwość generowania tabliczek przystankowych w postaci pakietu powiązanych ze sobą plików HTML, które umieszczone w serwisie internetowym służyły pasażerom²¹⁰. Dalszy rozwój systemów informacji zmierzał w kierunku:

- stworzenia wygodnych i intuicyjnych interfejsów dla użytkowników, tak aby odszukiwanie godzin odjazdów z wybranych przystanków czy też informacji o połączeniach, przesiadkach i kursowaniu pojazdów nie stanowiło większego problemu;
- stworzenia informacji w czasie rzeczywistym – informacji dynamicznej, uwzględniającej aktualną lokalizację pojazdu oraz prognozę przyjazdu i odjazdu z wybranego przystanku;
- stworzenia i udostępnienia oprogramowania do planowania podróży;
- zwiększenia dostępności do rozkładów jazdy w czasie rzeczywistym poprzez ich udostępnianie na dworcach i wybranych przystankach, w pojazdach oraz na urządzeniach mobilnych pasażerów.

²⁰⁹ K. Bojda, Rola informacji pasażerskiej w miejskim transporcie zbiorowym, „Transport Miejski i Regionalny” 2011, nr 9, s. 24-29, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPS6-0002-0016>

²¹⁰ Ibid.

Próby i rozwiązania pozyskujące dane o lokalizacji pojazdów transportu zbiorowego, które następnie wykorzystywane są do działań dyspozytorskich oraz poprawy informacji, to lata 70. i 80. ubiegłego wieku. Stosowano tu różne rozwiązania lokalizacyjne, np. dane z czujników otwarcia i zamknięcia drzwi dla pasażerów oraz licznika przebytej odległości lub czujniki umieszczone w sąsiedztwie trasy pojazdów transportu zbiorowego. Jednak dopiero dostępność sygnału GPS (ang. *Global Positioning System*) oraz postęp technologiczny w zakresie bezprzewodowej transmisji danych sieciami GSM (ang. *Global System for Mobile Communications*, pierwotnie fr. *Groupe Spécial Mobile*), pozwoliły stworzyć rozwiązania o oczekiwanej funkcjonalności i akceptowane pod względem, kosztów. W rozwiązaniach tych, wykorzystując GPS na bieżąco, śledzi się lokalizację pojazdów oraz w sytuacji wystąpienia odchylenia od czasów planowanych ujętych w rozkładach jazdy – podaje się m.in. w informacji dla pasażerów rzeczywisty czas przyjazdu i odjazdu z przystanków. Pozwala to uzyskać informację nie tylko o opóźnieniach, ale również w przypadku braku realizacji kursu, np. spowodowanego awarią pojazdu lub kolizją drogową. Informacja o odchyleniach dystrybuowana jest automatycznie do wszystkich kanałów informacji, z których korzystają pasażerowie (Internet, wyświetlacze na przystankach, informacja w pojazdach oraz przez aplikacje mobilne).

Rozwój technologii informatycznych umożliwił dość szybko stworzenie i udostępnienie oprogramowania służącego osobie chcącej skorzystać z przejazdu do zaplanowaniu sposobu przemieszczenia się. Stanowiło to istotne ułatwienie dla pasażera, który w początkowych wersjach planerów musiał znać jedynie nazwy przystanków, między którymi chciał się przemieścić²¹¹. Obecnie możliwe jest podczas planowania podróży spełnienie różnych oczekiwań związanych z wyszukaniem odpowiedniego połączenia. Są to m.in.²¹²:

- lokalizacja miejsca początkowego i końcowego,
- warunki czasowe: najbliższe możliwe połączenie, wyjazd o określonej godzinie, przyjazd na określoną godzinę, czas przejazdu,
- połączenie bezpośrednie, liczba niezbędnych przesiadek, połączenie najszybsze lub najtańsze,
- wybór środka transportu,
- ograniczenie podróży pieszej.

Wyszukiwarka połączeń pomaga wybrać odpowiednie połączenie ze względu na wybrane kryteria i wymagania, dlatego też odgrywa istotną rolę w planowa-

²¹¹ Ibid.

²¹² R. Kędziora, Z. Brynarska, Informacja pasażerska w publicznym transporcie zbiorowym, „Transport Miejski i Regionalny” 2015 nr 6, s. 26-33, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-77e0b569-d6be-4930-b344-2bb17e5ed2e1>

niu podróży. Dodatkowo użytkownik nie musi znać nazwy linii czy przystanku, wystarczy, że wpisze adres początkowy i końcowy, a algorytm wyszukiwarki sam dopasuje i wyświetli możliwe połączenia. Dzięki umieszczeniu przez organizatorów transportu na swoim serwisie wyszukiwarki połączeń, bez większego trudu można uzyskać informacje, jakimi liniami trzeba się poruszać i gdzie niezbędna jest przesiadka²¹³.

Sam proces decyzyjny przy wyborze środka transportu można podzielić na podobne etapy, jak czyni się to w wielu koncepcjach procesu decyzyjnego zakupu. Wyróżnia się więc etap poszukiwania informacji (o połączeniach, rozkładach jazdy, cenach i miejscach zakupu biletów), etap ocen wariantów wyboru sposobu dokonania przemieszczenia (przede wszystkim pod względem stopnia spełnienia przez każdy wariant postulatów przewozowych), ostateczną decyzję wyboru i postępowanie po zrealizowanej podróży. Wynikiem tego procesu jest określone zachowanie komunikacyjne²¹⁴.

Zaawansowane planery podróży oferują obecnie funkcjonalność porównywalną z nawigacją dla potrzeb użytkowników komunikacji indywidualnej i umożliwiają planowanie trasy z punktu do punktu (wskazanie przystanku, adresu, punktu charakterystycznego itp.), wykorzystując nierzadko podkład mapowy jako podstawową warstwę działania aplikacji. Dzięki temu możliwe jest lokalizowanie miejsc, takich jak obiekty użyteczności publicznej, kulturalne, sportowe, rozrywkowe, bezpośrednio podczas korzystania z rozkładów jazdy, bez konieczności zasięgnięcia informacji w źródłach zewnętrznych²¹⁵. Istotną jest tu również integracja oferty przewozowej różnych organizatorów/przewoźników, nie tylko wskazywanie tej oferowanej przez jeden podmiot.

Przed rozpoczęciem podróży obok dostępności rozkładów jazdy poprzez witryny internetowe oraz w aplikacjach mobilnych, a także planerów podróży, istotne są również te zamieszczane na przystankach. Są to tablice na dworcach i ważniejszych przystankach z wyświetlaczami w systemach czasu rzeczywistego, a zatem uwzględniające rzeczywistą lokalizację środka przewozowego. Testowane są również tabliczki przystankowe w technologiach e-papieru. Jest to innowacyjne rozwiązanie polegające na wyświetlaniu informacji na specjalnej folii, informacja jest widoczna nawet wówczas, gdy nie korzysta się z zasilania i nie pobiera energii elektrycznej. Zasilanie jest niezbędne podczas zmiany treści, a to oznacza istotne zmniejszenie zapotrzebowania na energię i możliwość stosowania zasilania bateryjnego.

²¹³ Ibid.

²¹⁴ M. Helbin, O. Wyszomirski, *Ewolucja informacji o usługach...*, op. cit.; *Transport miejski. Ekonomika i organizacja*, op. cit.

²¹⁵ K. Bojda, *Rola informacji pasażerskiej...*, op. cit.

Informacja w momencie rozpoczynania podróży oraz podczas samej podróży to przede wszystkim informacja na i w pojazdach transportu zbiorowego. Na pojeździe w celu zapewnienia widoku z zewnątrz umieszczone są tablice przednie, boczne oraz tylne. W przeszłości tablice te wykonane były ze sklejki lub plastiku, z wykorzystaniem szablonów malowanych ręcznie lub z nadrukowanymi treściami, tablice kierowca pobierał i umieszczał w pojeździe przed rozpoczęciem pracy na danej linii. Obecnie są to tablice, których treść określana jest przez urządzenie sterujące umieszczone w pojeździe, w starszych rozwiązaniach wykonane były w technologii wyświetlaczy elektromagnetycznych – klapkowych, a w nowszych – w technologii LED.

Tablica przednia umieszczona jest w wydzielonej przestrzeni nad przednią szybą lub w górnej części przedniej szyby, przystosowana do wyświetlania oznaczenia linii i nazwy docelowego przystanku, do którego zmierza pojazd, lub napisów, jak np. „jazd do zajezdni”, „przejazd techniczny”. Tablica boczna znajduje się najczęściej w górnej części prawej ściany bocznej pojazdu, w liczbie zależnej od długości pojazdu i indywidualnych wymagań określonych w danym mieście, wyświetlane są na niej informacje tożsame z tablicą przednią. Tablica tylna znajduje się najczęściej w górnej części ściany tylnej pojazdu i prezentuje oznaczenie linii w formie numerycznej, alfanumerycznej lub tożsamej z tablicą przednią i boczną²¹⁶.

W pojeździe podczas samej podróży pasażerowie oczekują innych informacji niż tych, które są dla nich ważne podczas oczekiwania na przystanku. Tu korzysta się przede wszystkim z monitorów LCD umieszczonych u góry (mocowanych do sufitu pojazdu) oraz z boku pojazdu (mocowane do ściany bocznej). Na monitorach umieszczonych u góry wyświetla się informacje, takie jak numer linii, kierunek jazdy, kolejny lub kilka najbliższych przystanków, możliwe przesiadki na inne linie, aktualną datę i godzinę, informacje o blokadzie kasowników, o włączonej klimatyzacji przedziału pasażerskiego, o aktywnym przycisku na żądanie, o numerze służbowym prowadzącego lub inne w zależności od ustaleń i konfiguracji systemu. Monitory umieszczone po bokach pojazdu wyświetlają np. wszystkie nazwy przystanków danej linii wraz z odróżnieniem obsłużonych i przyszłych, czasy przejazdów pomiędzy kolejnymi przystankami, nazwy ulic, na których się znajdują, nazwy dzielnic miasta, możliwe przesiadki na inne linie autobusowe i tramwajowe, informacje i ciekawostki turystyczne o mieście, numer linii oraz jej kategoria, data, godzina, dane kontaktowe do jednostki odpowiedzialnej za organizację transport. Zakres informacji różni się

²¹⁶ S. Bartuś, Nowoczesne systemy informacji pasażerskiej w pojazdach transportu zbiorowego na przykładzie wybranych polskich miast, „Transport Miejski i Regionalny” 2014, nr 7, s. 31-36.

w miastach, zależy od wymagań sformułowanych przez organizatora transportu²¹⁷. Informacje w pojeździe mogą być również prezentowane na wyświetlaczach LCD urządzeń do kasowania. Są one dobrym uzupełnieniem, zwłaszcza podczas zatłoczenia pojazdu, gdy wyświetlacze górne lub boczne nie są widoczne²¹⁸. Informacje prezentowane na wyświetlaczach uzupełniają informacje głosowe – dotyczą one zapowiadania przystanków i przekazywania innych informacji oraz opierają się na lokalizacji GPS oraz zapisanych w pamięci komunikatach głosowych.

Informacje dla pasażerów po zakończeniu podróży to przede wszystkim oznaczenia dróg wyjścia w zależności od celu podróży, istotne jest to zwłaszcza na dworcach lub przystankach podziemnych, w których utrudniona jest orientacja na podstawie lokalizacji obiektów zewnętrznych. Często również pasażerowie mogą oczekiwać informacji o godzinach odjazdów pojazdów transportu zbiorowego w kierunku powrotnym, tak aby odpowiednio dopasować czas pobytu w danym miejscu. Informacje te mogą uzupełniać umieszczone w sąsiedztwie plany miast z ważniejszymi urządzeniami i obiektami turystycznymi, coraz częściej są to rozwiązania w postaci multimedialnych, interaktywnych kiosków informacyjnych, zaprojektowanych w sposób harmonizujący z otoczeniem, jak również posiadające dedykowane do realizowanych funkcji systemy informacyjne.

Za sprawą zastosowanych technologii informatycznych informacja pasażerska w miejskim transporcie zbiorowym w ciągu blisko 20 lat przeszła znaczące zmiany. Planowanie podróży stało się łatwe i intuicyjne, poszerzeniu uległ zakres, a także miejsca oraz sposoby prezentacji i uzyskania informacji, która stała się informacją czasu rzeczywistego. Oznacza to istotny wpływ na jakość usług. Pasażerowie, korzystając z planerów, nie tylko uzyskują informację o godzinach odjazdów na pierwszym i ewentualnie kolejnych przystankach podczas podróży z przesiadkami, ale również mają możliwość wyboru trasy i środka transportu, uwzględniając swoje preferencje w tym zakresie. W miastach bowiem dość często występują połączenia różnymi transami i środkami transportu zbiorowego. Informacja w systemie czasu rzeczywistego to także możliwe skrócenie czasu oczekiwania na pojazd i tym samym całego przemieszczenia, a więc oszczędność czasu, a także wzrost konkurencyjności usług miejskiego transportu zbiorowego. To także łatwiejsze przesiadki oraz większa pewność podczas planowania i korzystania z systemów transportu zbiorowego, istotne zwłaszcza w przypadku, gdy jak ma to miejsce obecnie, częstych zmian w rozkładach jazdy. Zmiany

²¹⁷ Ibid.

²¹⁸ Idid.

te wynikają z bieżącego dostosowywania rozkładów jazdy do zmieniających się potrzeb, w tym też świąt, długich weekendów, wakacji szkolnych, imprez sportowych, ale również zmian związanych z remontami i przebudową sieci drogowo-ulicznej i innych elementów infrastruktury w miastach, co skutkuje zamknięciami odcinków, pasów ruchu, wlotów na skrzyżowaniach i wydłużeniem czasów jazdy lub zmianami tras.

4.5. Systemy monitoringu wizyjnego dworców, punktów przesiadkowych oraz wybranych przystanków i pojazdów transportu zbiorowego

Jedną z ważniejszych potrzeb człowieka jest potrzeba bezpieczeństwa, w tym w szczególności poczucie braku zagrożenia fizycznego, przemocy, kradzieży czy innych sytuacji naruszania przestrzegania porządku prawnego. Zapewnienie bezpieczeństwa w przestrzeniach dworców i innych obiektach oraz środkach transportu zbiorowego było i jest wyzwaniem, zarówno dla służb porządkowych, zarządców obiektów, jak też organizatorów i operatorów miejskiego transportu zbiorowego. Na dworcach i w środkach transportowych często przebywa wiele osób, nie tylko pasażerowie, dostęp nie jest tu kontrolowany, jak w przypadku wejścia na teren przedsiębiorstw, gdzie często wymagana jest przepustka, a także podanie celu wizyty. Wielu spośród przebywających na dworcach osób posiada bagaż, wartościowe rzeczy, często też gotówkę potrzebną podczas wyjazdu, dokonuje zakupów w kasach biletowych czy też wykorzystuje czas oczekiwania na zakupy w punktach handlowych. Trudno ograniczyć dostęp i przebywanie na dworcach osób pod wpływem alkoholu, zajmujących się żebractwem, proszących o pomoc czy też takich, których zamiarem jest oszustwo lub kradzież. Dworce i punkty przesiadkowe to też miejsca, które często w miastach w przeszłości były jedynymi z otwartymi w nocy restauracjami czy barami, gdzie można było nabyć alkohol, a także miejsca, w których osoby bezdomne znajdowały schronienie. Dworce oraz środki transportowe ze względu na większe nagromadzenie osób są bardziej zagrożone atakami terrorystycznymi.

Jednym ze sposobów zwiększania bezpieczeństwa, stosowanym już od wielu lat, jest wykorzystanie monitoringu wizyjnego. Świadomość istnienia systemu kamer jest czynnikiem zniechęcającym do zachowań, które nie są zgodne z prawem. Rośnie bowiem prawdopodobieństwo szybkiej interwencji stosownych służb, a także łatwiejsze może być wykrycie sprawców czy ustalenie przebiegu zdarzeń dzięki zarejestrowanemu obrazowi.

Początkowo systemy monitoringu opierały się na urządzeniach analogowych jako CCTV (*Closed-Circuit TeleVision*) – telewizja w obwodzie zamkniętym lub zamknięta telewizja przemysłowa. Wykorzystywano tu kamery analogowe, z każdej z kamer prowadził osobny przewód koncentryczny z sygnałem wizji, ponadto konieczne było jeszcze podłączenie osobnymi przewodami zasilania kamery oraz ewentualnie dźwięku. Przewody z obrazem i dźwiękiem były położone tak, aby prowadziły do pomieszczenia, w którym znajdowały się monitory z podglądem na obraz z kamer, a także urządzenia – wcześniej taśmy VHS, później dyski twarde, które wykorzystywano do nagrywania obrazu i ewentualnie dźwięku. Systemy te były i są proste w konfiguracji, jednak konieczność prowadzenia przewodów z kamer do monitorów/rejestratorów powodowała lokalną dostępność obrazu z monitoringu. Również jakość obrazu z dawniej wykorzystywanych kamer nie była najlepsza.

Rozwój nowoczesnych technologii informatycznych umożliwił bezpośrednie łączenie kamery z sieciami komputerowymi. Rozwiązanie to pozwala na podgląd zdarzeń z kamer zainstalowanych w różnych lokalizacjach chronionych obiektów przy pomocy komputera z odpowiednim oprogramowaniem podłączonego do sieci komputerowej. Kamera posiada wbudowany wideoserwer sieciowy oraz ma przydzielony własny adres IP. W małych, lokalnych systemach monitoringu wizyjnego (ze względu na koszty takiego rozwiązania) nadal będą stosowane systemy oparte na cyfrowych rejestratorach wizyjnych z wykorzystaniem kabli koncentrycznych. W obiektach rozproszonych i w budynkach o nowoczesnej strukturze instalacji teletechnicznych stosuje się już częściej systemy monitoringu wizyjnego z wykorzystaniem sieci TCP/IP. Tego typu systemy nazywa się w skrócie CCTV IP (ang. *Closed Circuit Television Internet Protocol*). Urządzenia do obróbki sygnału wizyjnego posiadają własne adresy IP²¹⁹. Należy dodać, że systemy monitoringu wizyjnego CCTV IP oferują funkcje niedostępne w rozwiązaniach analogowych, takie jak²²⁰:

- transmisja sygnałów wizyjnych na duże odległości nie powoduje pogorszenia jakości obrazów,
- rejestracja i wielokrotne kopiowanie tego samego materiału nie powodują pogorszenia jakości zarejestrowanych obrazów,

²¹⁹ M. Siergiejczyk, A. Rosiński, Alternatywne wykorzystanie systemów monitoringu wizyjnego w obiektach transportowych, „Logistyka” 2012, nr 3, s. 1985-1989; por. też: M. Siergiejczyk, D. Korczak, A. Rosiński, Wspomaganie informatyczne funkcjonowania systemów monitoringu wizyjnego w kolejowych obiektach transportowych, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport” 2016, z. 113, s. 421-429; W. Szulc, A. Rosiński, Monitoring wizyjny o nadzorze informatycznym dla rozległych obiektów transportowych, „Logistyka” 2011, nr 3, s. 3681-3686.

²²⁰ M. Siergiejczyk, A. Rosiński, Alternatywne wykorzystanie systemów..., op. cit.

- raz wytworzony sygnał wizyjny w kamerze może być wykorzystany wielokrotnie i w wielu miejscach,
- możliwość dwukierunkowej komunikacji z kamerą, nie tylko w aspekcie konfiguracji, ale także w aspekcie realizacji funkcji użytkowych (np. kamery inteligentne),
- możliwość realizacji funkcji detekcji ruchu i funkcji alarmowych z poziomu kamery (kamery inteligentne),
- możliwość buforowania danych zawierających obrazy w kamerze,
- możliwość zasilania kamery IP poprzez gniazdo Ethernet (PoE – ang. *Power over Ethernet*).

Nowoczesne systemy monitoringu poprzez zastosowanie inteligentnej analizy obrazu oraz różnych filtrów umożliwiają automatyczną sygnalizację w przypadku wykrycia zdarzeń np. ruchu, przedmiotów, pożaru, osób poszukiwanych lub identyfikację numerów rejestracyjnych samochodów. Ponadto monitorowanie i zarządzanie urządzeniami z różnych lokalizacji – praktycznie wymagany jest jedynie Internet, podgląd obrazu i zdalna zmiana ustawień – umożliwia korzystanie z jednego systemu kamer przez różne służby, np. policję, staż miejską, zarządców danego obiektu infrastrukturalnego, ochronę oraz organizatora i operatora transportu. W praktyce wymagane jest jedynie ustawienie priorytetów dla sytuacji, gdyby w przypadku kamer obrotowych i z funkcjami powiększenia, nastąpił konflikt w preferencjach ich ustawienia przez różne osoby w różnych miejscach. Zastosowanie systemów monitoringu wizyjnego to wzrost poczucia bezpieczeństwa i tym samym komfortu podróży oraz zmniejszenie ryzyka wystąpienia szkód dla zarządcy w postaci dewastacji, zniszczenia lub kradzieży elementów wyposażenia obiektu. To także istotny czynnik zmniejszania różnych innych zagrożeń mogących wystąpić na dworcach lub innych obiektach transportu zbiorowego.

5



Ocena efektywności projektu informatycznego

5.1. Projekty informatyczne jako przedsięwzięcia inwestycyjne

Rozwój podmiotów, wdrażanie nowych innowacyjnych rozwiązań, wzrost konkurencyjności oraz zapewnienie wysokiego poziomu świadczonych usług, wymaga zaangażowania środków nie tylko w inwestycje o charakterze odtworzeniowym, ale również w nowe rozwiązania. Podejmując decyzje o rozpoczęciu przedsięwzięcia inwestycyjnego, co często wiąże się z wydatkowaniem znacznych środków finansowych oraz poniesieniem dużego ryzyka, konieczna jest ocena podejmowanego przedsięwzięcia. W przypadku podmiotów prywatnych kryteria oceny koncentrują się wokół poprawy konkurencyjności podmiotu oraz jego pozycji na rynku, uzyskania stosownego zwrotu z zainwestowanego kapitału w postaci wzrostu zysków oraz podniesienia wartości podmiotu. Oczywiście konieczność inwestycji może również wynikać z przepisów prawnych, np. w kontekście wymogów związanych z ochroną środowiska. W przypadku podmiotów sektora publicznego kryteria oceny podejmowanych przedsięwzięć inwestycyjnych są w części inne. Tu podobnie jak i w przypadku podmiotów prywatnych, kluczowe jest racjonalne i gospodarne wydatkowanie środków, ale uzyskiwane korzyści często rozpatrywane są szerzej, z punktu widzenia korzyści uzyskiwanych przez lokalne i regionalne społeczności czy też jeszcze szerzej – z punktu widzenia ogólnokrajowego lub wręcz światowego, jak to ma miejsce w przypadku ochrony środowiska. Uwzględnia zatem ponoszone koszty własne, ale rozpatrując korzyści uwzględnia zmiany w wysokości przychodów, jak też ko-

rzyści powstające i uzyskiwane w otoczeniu. Za wiele usług świadczonych przez podmioty publiczne nie pobiera się bezpośrednio płatności, w przypadku części usług opłaty pobierane od korzystających jedynie w niewielkim stopniu pokrywają koszty. Podmioty publiczne nie mają dowolności w zakresie podejmowanej działalności, musi zawierać się w regulacjach prawnych dotyczących kompetencji danego podmiotu.

Podczas oceny przedsięwzięć inwestycyjnych można spotkać sytuacje, w których przyjmowane są różne kryteria oceny przedsięwzięć, wiąże się to z przesłankami leżącymi u podstaw danego przedsięwzięcia oraz zróżnicowaniem samych przedsięwzięć. Można mieć bowiem do czynienia z inwestycjami mającymi charakter odtworzeniowych, modernizacyjnych i rozwojowych, pilotażami względnie prowadzonymi w ramach prac badawczych czy też dostosowujące rozwiązania do regulacji prawnych i poprawy warunków pracy. Inwestycje może podejmować i finansować – sektor publiczny, sektor prywatny, mogą być też prowadzone wspólnie np. w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego. Należy zwrócić uwagę na fakt, że przedsięwzięcia inwestycyjne przynoszą zazwyczaj bardzo różnorodne efekty, z których tylko część może być wyrażona w sposób wartościowy – najistotniejszy dla oceny efektywności. Z tego powodu w literaturze wyróżnia się efekty wymierne, trudno wymierne i niewymierne²²¹ lub jedynie wymierne i niewymierne²²². Podczas procesu oceny przedsięwzięć informatycznych podkreśla się znaczenie kryterium, które można określić jako wpływ przedsięwzięcia na stopień realizacji celów danej organizacji²²³. Należy przy tym zwrócić uwagę, że cele organizacji zależą w znacznej mierze od sektora, w którym organizacja ta funkcjonuje (sektor przedsiębiorstw prywatnych, organizacji non-profit, sektor publiczny), jej wizji i przyjętej strategii działania²²⁴. Zwraca się uwagę na trudności precyzyjnej oceny efektywności wdrożenia rozwiązań informatycznych, co wynika przede wszystkim z²²⁵:

- określenia, jaka część efektów i nakładów jest bezpośrednio związana z komputeryzacją, a jaka wynika z innej działalności, która można określić ogólnym mianem postępu organizacyjno-technicznego;

²²¹ J. Cypryański, *Metodyczne podstawy ekonomicznej oceny inwestycji informatycznych przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2008.

²²² J. Kisielnicki, H. Sroka, *Systemy informacyjne biznesu. Informatyka dla zarządzania*, Wydanie II, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2001.

²²³ *Informatyka ekonomiczna. Teoria i zastosowania*, pod red. S. Wrycza i J. Maślankowskiego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019; P. Lech, *Metodyka ekonomicznej oceny przedsięwzięć informatycznych wspomagających zarządzanie organizacją*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2007.

²²⁴ *Informatyka ekonomiczna...*, op. cit.

²²⁵ J. Kisielnicki, H. Sroka, *Systemy informacyjne biznesu...*, op. cit.

- szacunku samego efektu, który związany jest z takimi trudno mierzalnymi wielkościami, jak wartość informacji, czy też szacunku efektów wynikających ze skrócenia czasu jej pozyskania.

Ponadto w wielu przypadkach w praktyce ocena możliwa jest do przeprowadzenia po pewnym czasie, na podstawie oceny skutków, jakie zostały uzyskane w wyniku wdrożenia systemu informatycznego²²⁶. Jednak mając świadomość występujących trudności oraz możliwych niedokładności wyników w trakcie ocen, konieczne jest ich prowadzenie, mimo występujących ograniczeń pozwalają bowiem przed podjęciem dokonać ocen przygotowywanego przedsięwzięcia, a także porównać warianty różniące się np. zakresem lub sposobem i czasem realizacji.

Przyjmując jako kryterium zakres oceny, metody oceny przedsięwzięć informatycznych można podzielić na²²⁷:

- fundamentalne – oceniające przedsięwzięcie informatyczne za pomocą jednej miary;
- kompozytowe – w których używa się stałego zestawu miar fundamentalnych, aby uzyskać zbilansowany obraz przedsięwzięcia informatycznego, często sprowadzając do wspólnego mianownika finansowe i niefinansowe miary przedsięwzięcia informatycznego;
- dedykowane (metametody) – w których dokonuje się doboru miar w zależności od specyfiki przedsięwzięcia informatycznego.

Pomimo zróżnicowania pod względem zakresu, czasu trwania, szacowanej wielkości nakładów czy też sposobu zarządzania przedsięwzięciem – z punktu widzenia finansowego przedsięwzięcie inwestycyjne polega na wydatkowaniu środków pieniężnych w celu uzyskania później określonych efektów – może to być nadwyżka wpływów nad wydatkami czy też wzrost wpływów, obniżka kosztów i – jak to ma miejsce w przypadku podmiotów i usług publicznych – korzyści i efekty uzyskiwane z punktu widzenia społeczności. Wiele różnych przedsięwzięć wymaga wspólnego kryterium oceny, tak aby możliwe były porównania, zarówno pomiędzy różnymi wariantami (np. różne etapowanie lub zakresy) przedsięwzięcia inwestycyjnego podejmowanego przez dany podmiot, jak też pomiędzy różnymi przedsięwzięciami, np. dotyczącymi różnych sektorów i działalności. Ułatwia to podmiotom budowanie strategii, a także podejmowanie decyzji w tym zakresie. Poza tym zróżnicowanie metod oceny może mieć negatywny skutek polegający na różnych wynikach w zależności od przy-

²²⁶ Ibid.

²²⁷ F. Bannister, D. Remenyi, Act of Faith: Instinct, Value and IT Investment Decisions, "Journal of Information Technology" 2000, Vol. 15, s. 231-241, <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/026839620001500305>

jętej metody oceny, co może skłaniać w pewnych sytuacjach do chęci dopasowania metody oceny, tak aby np. uzyskać oczekiwany wynik. Wspólna dla wielu różnych przedsięwzięć inwestycyjnych metoda oceny najogólniej polega na porównaniu wielkości prognozowanych wpływów oraz wydatków oraz uwzględnieniu przy tym elementów ryzyka oraz czynnika czasu.

Na etapie wstępnej selekcji projektów inwestycyjnych możliwe jest zastosowanie tzw. prostych metod oceny – pomijających czynnik czasu oraz elementy ryzyka. Wymienić tu można dokonanie ocen na podstawie²²⁸:

- okresu zwrotu nakładów,
- prostej i księkowej stopie zwrotu (zysku),
- analizę prognozy rentowności.

Proste metody oceny finansowej, mimo niedoskonałości i wad, które znacznie ograniczają w oparciu o uzyskane wyniki możliwość podejmowania decyzji, posiadają zaletę polegającą na tym, że pozwalają szybko i w miarę jednoznacznie stwierdzić, że dane przedsięwzięcie nie powinno być realizowane – nie spełnia ono podstawowych kryteriów zastosowanych do oceny. Pozwala skupić się w dalszych analizach na przedsięwzięciach oraz wariantach ich realizacji spełniających wstępne kryteria oraz pozwalających uzyskać założone korzyści oraz efektywność.

Przedsięwzięcia informatyczne są przedsięwzięciami inwestycyjnymi, stąd w wielu przyjętych i stosowanych procedurach, np. przez banki, instytucje zarządzające środkami w ramach programów unijnych podlegają typowym dla przedsięwzięć inwestycyjnych zasadom oceny finansowej i ekonomicznej. Ocena finansowa dokonywana jest z punktu widzenia podmiotu realizującego dane przedsięwzięcie inwestycyjne, natomiast ocena ekonomiczna, poszerzona o koszty i korzyści zewnętrzne, jest charakterystyczna dla ocen realizowanych przez podmioty publiczne lub przedsięwzięć realizowanych przez sektor prywatny, jednak przedsięwzięcia współfinansowane są w formule bezzwrotnej ze środków publicznych przykładowo w ramach projektów współfinansowanych ze środków unijnych.

Najbardziej precyzyjnym narzędziem oceny opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych są dyskontowe metody rachunku ekonomicznego²²⁹. Uwzględniają one, w przeciwieństwie do prostych metod oceny, czynnik czasu poprzez wykorzystanie techniki dyskonta, tj. metodę wartości zaktualizowanej netto (ang. *Net Present Value* – NPV) oraz metodę wewnętrznej stopy zwrotu (ang. *Internal Rate of Return* – IRR)²³⁰. Dyskontowaniem nazywa się proces przeliczania przyszłych

²²⁸ M. Sierpińska, T. Jachna, Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

²²⁹ Ibid.

²³⁰ Por. Ibid.

przepływów pieniężnych na wartość w chwili obecnej, przy użyciu stopy dyskonta. Celem dyskontowania jest określenie obecnej wartości określonej sumy pieniędzy, które będą uzyskane w przyszłości²³¹. Niezależnie od samej oceny zmian wartości środków pieniężnych w czasie, ważne jest rzetelne dokonanie prognozy nakładów, gdyż bardzo często w przypadku przedsięwzięć informatycznych występuje niedoszacowanie kosztów oraz czasów realizacji. Może to być wynikiem niedoszacowania samej pracochłonności przedsięwzięcia, ale również na skutek pominięcia w trakcie obliczeń części kosztów. Podczas dokonywania oceny można spotkać w szczególności sytuacje, w których koncentruje się na wydatkach mających charakter zakupów – dostawa sprzętu oraz oprogramowania jako istotnego przedmiotu w ramach realizowanego zamówienia, a pomija różnego typu czynności i usługi. Nie zwraca się również należytej uwagi na ryzyka, które często przemieniają się w zdarzenia i skutkują określonymi kosztami. Metody oceny przedsięwzięć przedstawia rysunek 14.



Rysunek 14. Klasyfikacja metod oceny przedsięwzięć inwestycyjnych

Źródło: Na podstawie: M. Sierpińska, T. Jachna, Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

Kluczowym w przypadku metod dyskontowych jest obliczenie wartości zaktualizowanej netto (NPV), która wyraża bieżącą (teraźniejszą) wartość związanych z realizowanym przedsięwzięciem ponoszonych w różnych okresach wpływów

²³¹ A. Koźlak, *Ekonomika transportu. Teoria i praktyka gospodarcza*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010.

i wydatków pieniężnych. Określa się ją jako sumę zdyskontowanych oddzielnie dla każdego roku przepływów pieniężnych netto, które są różnicą między strumieniem wpływów i wydatków, w całym okresie objętym rachunkiem. Najogólniej w przypadku podmiotów prywatnych oraz przedsięwzięć bez interwencji publicznej w postaci bezzwrotnego współfinansowania, w wyniku oceny finansowej możliwe są dwie sytuacje²³²:

- $NPV > 0$ – jeden z wariantów o dodatnim NPV wybiera się do realizacji, oczywiście poddany zostaje również ocenie oddziaływania na środowisko, realizując przedsięwzięcie przestrzega się norm i przepisów prawnych w tym też dotyczących oddziaływania na środowisko;
- $NPV \leq 0$ – dany wariant realizacji przedsięwzięcia nie charakteryzuje się dodatnimi przepływami finansowymi, w przypadku podmiotów prywatnych lub bez interwencji publicznej, przedsięwzięcie nie będzie realizowane, najogólniej nie jest opłacalne, tj. nie przynosi nadwyżki finansowej.

W przypadku podmiotów publicznych lub w przypadku przedsięwzięć, w których wystąpi interwencja publiczna – bezzwrotne współfinansowanie ze środków publicznych, postępuje się według zmodyfikowanych zasad²³³:

- $NPV > 0$ – jeden z wariantów o dodatnim NPV jest do realizacji, taka sytuacja jednak w przypadku przedsięwzięć realizowanych ze środków publicznych nie występuje często, gdyż te dobra, których dostarczanie jest efektem przedsięwzięcia inwestycyjnego są zazwyczaj przedmiotem obrotu rynkowego i dostarcza je sektor prywatny (produkcja i dostarczanie dóbr jest rentowne, pozwala na uzyskanie nadwyżek finansowych i stąd sektor prywatny jest tym zainteresowany);
- $NPV \leq 0$ – w tym przypadku należy poszerzyć wyliczenia o koszty i korzyści zewnętrzne, a zatem przeprowadzić rachunek nie tylko z punktu widzenia podmiotu (koszty własne oraz przychody), ale także z punktu widzenia ogólnospołecznego, czyli wziąć pod uwagę koszty i korzyści społeczne, poszerza się zatem analizę finansową, wylicza się ekonomiczną wartość zaktualizowaną netto (ang. *Economic Net Present Value* – ENPV) oraz ekonomiczną stopę zwrotu (ang. *Economic Rate of Return* – ERR).

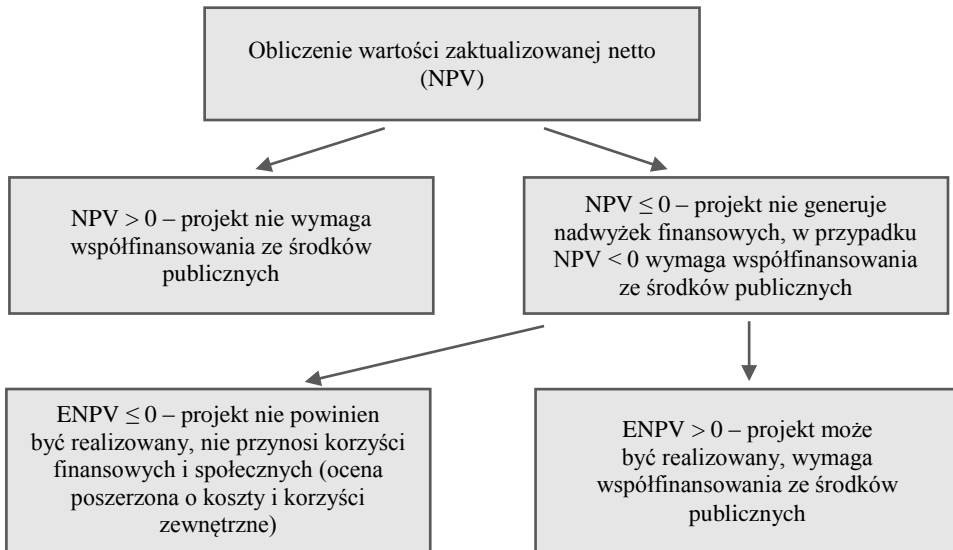
Analiza ekonomiczna uwzględnia wszystkie koszty i korzyści społeczno-ekonomiczne. Pozwala ustalić na ile inwestycja jest uzasadniona z ogólnospołecznego punktu widzenia. Konieczne staje się zatem obliczenie wskaźników efektywności ekonomicznej inwestycji (ENPV i ERR) ujmujących efekty zewnętrzne, które są źródłem społecznych kosztów i korzyści wynikających z realizacji projektu. Możliwe są dwa przypadki:

²³² G. Dydkowski, *Effectiveness of the Urban Services...*, op. cit.

²³³ Ibid.

- $ENPV > 0$ projekt może być realizowany, najogólniej przynosi korzyści dla społeczeństwa, przy czym mogą to być wybrane grupy osób, podmioty, gminy, regiony;
- $ENPV \leq 0$ projekt nie powinien być realizowany, gdyż nie przynosi korzyści ze społecznego punktu widzenia.

Etapy i decyzje w zależności od różnych wartości zaktualizowanej netto (NPV) oraz ekonomicznej wartości zaktualizowanej netto (ENPV) przedstawia rysunek 15.



Rysunek 15. Decyzje w zależności od różnych wartości zaktualizowanej netto (NPV) oraz ekonomicznej wartości zaktualizowanej netto (ENPV)

Metoda wewnętrznej stopy zwrotu jest drugą spośród najczęściej wykorzystywanych metod dyskontowych. Wewnętrzna stopa zwrotu to stopa dyskontowa, przy której wartość zaktualizowana strumienia wydatków pieniężnych jest równa wartości zaktualizowanej strumienia wpływów pieniężnych. IRR pokazuje dokładną stopę rentowności poszczególnych badanych przedsięwzięć, dla której $NPV = 0$. Przedsięwzięcie inwestycyjne jest opłacalne wówczas, gdy jego wewnętrzna stopa zwrotu jest wyższa od stopy granicznej, będącej najniższą możliwą do zaakceptowania przez inwestora stopą rentowności²³⁴. Stopę graniczną można odnosić do stopy procentowej o niskim ryzyku (np. oprocentowania lokat bankowych), innych alternatywnych przedsięwzięć inwestycyjnych, maksymalnie możliwego kosztu kapitału, który możemy zaakceptować, kosztu

²³⁴ M. Sierpińska, T. Jachna, Ocena przedsiębiorstwa..., op. cit.

kapitału dostępnego dla danego podmiotu²³⁵. Analogicznie w przypadku oceny przedsięwzięć dokonywanej z uwzględnieniem kosztów i korzyści zewnętrznych oblicza się ekonomiczną wewnętrzną stopę zwrotu (ERR), dla której $ENPV = 0$, a zatem podczas obliczeń uwzględnia również koszty i korzyści zewnętrzne.

Przeprowadzenie samych wyliczeń w oparciu o wymienione metody oceny przedsięwzięć inwestycyjnych nie powoduje większych trudności. W praktyce największą trudność stanowi zidentyfikowanie i określenie kosztów oraz korzyści związanych z realizacją przedsięwzięcia w określonym horyzoncie czasowym, a w szczególności kosztów i korzyści zewnętrznych oraz dokonanie ich wartościowania – wyceny.

5.2. Identyfikacja kosztów związanych z wdrożeniem systemu informatycznego

Modernizacja istniejącego lub wdrożenie nowego systemu informatycznego wiąże się z różnego typu wydatkami, zależnymi przede wszystkim od zakresu przedsięwzięcia, wymienić można następujące grupy wydatków:

1. Dokumentacja projektowa, koncepcja, studium wykonalności, projekt techniczny.
2. Wydatki związane z adaptacją, modernizacją lub stworzeniem od podstaw centrum przetwarzania danych – dotyczy to zarówno wydatków związanych z pracami budowlanymi, w wyniku których nastąpi dostosowanie istniejących pomieszczeń lub budowa odpowiedniego obiektu od podstaw, jak również ze sprzętem informatycznym oraz z innymi urządzeniami i wyposażeniem niezbędnym do funkcjonowania centrum. W szczególności sprzęt informatyczny, szafy, wyposażenie i urządzenia związane z zapewnieniem ciągłości zasilania w energię elektryczną oraz urządzenia zapewniające stosowne warunki pracy w zakresie temperatury i wilgotności. Możliwe jest przyjęcie rozwiązania, w którym wykorzystana się usługi podmiotów zewnętrznych, w zakresie udostępnienia w profesjonalnych centrach przetwarzania danych powierzchni pod sprzęt informatyczny wdrażającego system czy też dostępność sprzętu lub usługi przetwarzania danych. Należy również przewidzieć rozwiązanie dla sytuacji większej awarii i konieczności skorzystania z zapasowego centrum przetwarzania danych, tu również może to być sprzęt informatyczny w obiektach będących własnością lub wynajmowanych przez wdrażającego system, ale to również może być wynajem powierzchni dla elementów sys-

²³⁵ Ibid.

temu, które będą umieszczone poza siedzibą podmiotu (zapasowe centra przetwarzania danych, rozlokowanie elementów systemu).

3. Wydatki związane z zakupem różnego typu urządzeń oraz wyposażenia będącego częścią wdrażanego projektu i których praca jest silnie związana z funkcjonalnością systemu informatycznego. W przypadku miejskiego transportu zbiorowego wymienić tu można takie urządzenia, jak tablice wyświetlające bieżące informacje związane z kursowaniem pojazdów dla pasażerów na przystankach i dworcach, automaty do sprzedaży biletów, kasowniki czytujące bilety elektroniczne i/lub terminale umożliwiające płatności kartami, terminale, z wykorzystaniem których dokonuje się zasilania kart elektronicznych, czytniki dla kontrolerów, systemy monitoringu w pojazdach, systemy liczenia pasażerów, zapowiadania przystanków oraz różne urządzenia odpowiadające za transmisje danych. Oprócz samego zakupu wymienionych urządzeń w części przypadków należy uwzględnić koszty instalacji sprzętu w pojazdach, magazynach, koszty uzgodnień i prac budowlanych związanych z umieszczeniem elementów systemu w terenie oraz koszty doprowadzenia energii elektrycznej.
4. Koszty związane z wydaniem i obsługą kart (zakup nośnika, personalizacja, wydanie karty, archiwizacja dokumentacji).
5. Wdrożenie lub unowocześnienie funkcjonalności istniejącego oprogramowania – zakup oprogramowania standardowego oraz wytworzenie oprogramowania specjalistycznego dedykowanego w ramach danego wdrożenia. Ponadto w przypadku modernizacji systemu istniejącego przeniesienie danych z urządzeń dotychczasowych oraz integracja systemu – dostosowanie istniejącego oprogramowania do współpracy z nowymi modułami.
6. Koszty obsługi gwarancyjnej, poprawek i zmian przewidzianych w umowie. Należy zwrócić uwagę, iż w zależności od warunków gwarancji zapisanych w umowie, koszty te mogą być znaczące; dotyczy to w szczególności sytuacji, w których zamawiający wskazał bardzo krótkie terminy napraw i przywrócenia funkcjonowania urządzeń lub modułów w systemie, które uległy awarii.
7. Związane z transmisją danych, dotyczy zwłaszcza budowy tam, gdzie jest to konieczne, sieci przewodowych. Możliwe jest tu ewentualnie rozwiązanie, w którym będzie korzystało się z sieci obcych operatorów, tu powstaną wówczas dodatkowe koszty z tym związane podczas eksploatacji systemu.
8. Koszty szkoleń, które wdrażający przeprowadzi wśród użytkowników systemu, ale również osób administrujących systemem, koszty przekazania wiedzy oraz asysty, która będzie wykonywana w początkowym okresie czasu. Koszty szkoleń kierowców, kontrolerów, informacje prasowe i promocja nowego rozwiązania.

9. Koszty utrzymania help-desk, a zatem ośrodka, do którego będą zgłaszane problemy związane z funkcjonowaniem systemu.
10. Koszty zarządzania projektem – uwzględniono koszty utworzenia i funkcjonowania jednostki zarządzania i rozliczania, odpowiedzialnej za realizację organizacyjną, techniczną i formalną projektu. Na koszty te składają się koszty wynagrodzeń, pozostałe koszty administracyjne (w tym: abonament telefoniczny, opłaty pocztowe, zakup materiałów biurowych), koszty związane z działaniami informacyjno-promocyjnymi oraz koszty związane ze szkoleniami użytkowników systemu, koszty zakupu środków trwałych oraz wyposażenia biura na potrzeby zarządzania projektem, koszty związane z konsultacjami, opiniami, analizami w ramach zadań realizowanych na potrzeby projektu.
11. Pozostałe koszty, w ramach których uwzględniono pozostałe koszty utrzymania systemu, koszty audytu projektu, koszty zakupu paliwa i obsługi samochodów, pozostałe koszty administracyjne, koszty ubezpieczeń majątkowych, koszty testowania systemu, koszty zamówień uzupełniających oraz dodatkowych Wynagrodzenia agenta rozliczeniowego. Wdrożenie systemu pobierania opłat na zasadzie pieniądza elektronicznego wymaga dokonywania rozliczeń płatności przez uprawnione instytucje. Przewiduje się zlecenie wykonywania tych czynności podmiotom zewnętrznym.
12. Ponadto zamawiający powinien uwzględnić również dodatkowe wydatki związane z zaangażowaniem pracowników w to przedsięwzięcie. Wymienić można koszt czasu, który będzie związany z udziału pracowników podmiotu w przygotowaniu dokumentacji, współpraca przy wdrażaniu, udział w szkoleniach, przygotowanie i przeprowadzanie odbiorów urządzeń. Najogólniej koszty te oraz ryzyka ponoszone przez zamawiającego w zależności od postępu we wdrażaniu systemu mogą być znaczne, zwłaszcza w sytuacji opóźnień lub innych odstępstw od zawartej umowy.

Po identyfikacji grup oraz rodzajów kosztów konieczne jest dokonanie szacunków ich wielkości. Relatywnie najmniej problemów jest wówczas, gdy dotyczy to składników rzeczowych lub niematerialnych, a także usług o ustalonych parametrach jakościowych i standardach, które są przedmiotem obrotu rynkowego i transakcje takie są dokonywane. Informacje o realizowanych transakcjach na rynkach pozwalają z dużym przybliżeniem na określenie rynkowej wartości, a tym samym mogą być podstawą wykonywanych szacunków. Przy szacunkach można skorzystać z definicji rynkowej wartości przedmiotu zawartej w ustawie z dnia 9 września 2000 roku o podatku od czynności cywilnoprawnych²³⁶, w myśl której wartość rynkową przedmiotu czynności cywilnoprawnej

²³⁶ Dz. U. z 2005 roku, Nr 41, poz. 399 z późn. zm.

określa się na podstawie przeciętnych cen stosowanych w obrocie rzeczami tego samego rodzaju i gatunku, z uwzględnieniem miejsca ich położenia, stanu i stopnia zużycia oraz w obrocie prawami majątkowymi tego samego rodzaju, z dnia dokonania tej czynności, bez odliczania długów i ciężarów.

W przypadku gdy nie jest możliwe skorzystanie z informacji pochodzących z transakcji rynkowych – na rynku dotychczas nie było w tym zakresie transakcji, które mogłyby być wykorzystane do szacunków, możliwe jest przeprowadzenie rozeznania cenowego rynku. Polega ono na zwróceniu się do kilku potencjalnych wykonawców dostawy lub usługi o podanie cen, przedstawienie ofert w zakresie interesującym przyszłego zamawiającego. Zaletą jest uzyskanie informacji bezpośrednio od podmiotów zainteresowanych dostarczeniem danych urządzeń oraz usług, jednak przyszli dostawcy nie są zobligowani do udzielania takich informacji i nie zawsze takich informacji udzielą. Motywem takiego podejścia jest niechęć potencjalnych dostawców do – jeszcze przed złożeniem oferty będącej przedmiotem oceny – upublicznienia informacji o poziomie cen, za które są skłonni dostarczyć wskazane urządzenia i oprogramowanie czy też zrealizować dane zamówienie. Poza tym przy kalkulacji cen zamówienie należy rozpatrywać jako całość, w przypadku łącznej dostawy sprzętu, oprogramowania, świadczenie usług serwisu i wsparcia oraz wdrożenia systemu możliwe jest łącznie zastosowanie opustów i tym samym niższych cen jednostkowych, niż w przypadku, gdy przedmiotem transakcji jest jedynie wybrane zakres dostaw i usług. Często też na tym etapie zamawiający nie jest w stanie jednoznacznie podać wszystkich warunków, które znajdują się w umowie, a to oznacza dla przyszłych wykonawców brak możliwości skalkulowania wszystkich pozycji kosztowych oraz samego ryzyka, które będzie wiązało się z realizacją zamówienia.

W przypadku dużych systemów informatycznych, obejmujących nie tylko dostawę różnego typu urządzeń i sprzętu informatycznego, ale również stworzenie dedykowanego oprogramowania oraz integracji wielu modułów systemu, problem dokonania szacunku kosztów ma nie tylko przyszły zamawiający, ale również potencjalni wykonawcy systemu. Sprowadza się on do wykonania szacunku pracochłonności (estymacji pracochłonności) stworzenia dedykowanego oprogramowania oraz interfejsów zapewniających integrację całości oraz pozostałych prac związanych z wdrożeniem systemu.

Dokładna estymacja – oszacowanie czasu projektów informatycznych jest trudna z powodu specyfiki produktów informatycznych, która polega na tak zwanej niewidzialności oprogramowania. Wiąże się ona z trudnością pomiaru takich własności oprogramowania jak jego wielkość, złożoność czy jakość²³⁷.

²³⁷ T. Koszłajda, Estymacja projektów informatycznych, Instytut Informatyki Politechniki Poznańskiej, referat z 7 Konferencji PLOUG, Zakopane 2001, <https://www.scribd.com/document/505989771/Koszłajda-A-Zarządzenie-projektami-IT-przewodnik-po-metodykach> (dostęp: 21.02.2012).

Dziedzina inżynierii oprogramowania dostarcza wielu propozycji miar własności oprogramowania oraz metod i modeli estymacji projektów informatycznych. Proponowane miary oprogramowania opisują różne aspekty wielkości oprogramowania: rozmiar programów źródłowych – mierzony liczbą linii kodu źródłowego (SLOC), funkcjonalność programów – mierzona za pomocą tzw. punktów funkcyjnych lub architekturę programów – mierzona tzw. punktami konstrukcyjnymi (ang. *object points*). Wielkość oprogramowania jest podstawowym parametrem wejściowym dla parametrycznych modeli estymacji nakładu pracy i czasu realizacji²³⁸.

Na przestrzeni lat wypracowano kilka metod szacowania pracochłonności wykonania systemów informatycznych, wymienić można:

- szacowanie ekspertów,
- estymacja pracochłonności poprzez analogię,
- metody algorytmiczne opierające się np. o wielkość kodu źródłowego, zazwyczaj wspierane są narzędziami informatycznymi ogólnie dostępnymi lub komercyjnymi.

Korzystając z wymienionych metod należy mieć na uwadze to, że wynik będzie zawsze przybliżony, powiązany z takimi czy innymi doświadczeniami, mniej lub bardziej optymistycznym nastawieniem do stopnia skomplikowania wprowadzanych modyfikacji, sytuacji rynkowej podmiotu oraz jego oczekiwań w zakresie wynagrodzenia. Cała trudność polega na tym, że estymacja – oszacowanie pracochłonności całego projektu czy też zmiany w projekcie istniejącym są wymagane i konieczne przed rozpoczęciem realizacji, kiedy specyfikacja tworzonego produktu informatycznego, jest jeszcze bardzo ogólna i niejednoznaczna. Podobna sytuacja jest z wprowadzanymi zmianami, znany jest już co prawda produkt informatyczny, znany jest też zakres zmian, jednak w dużych systemach często występują sytuacje, które trudno było przewidzieć i które najogólniej skutkują zwiększającą się pracochłonnością czy też ryzykiem wystąpienia błędów.

Pomimo wielu prac nad metodologią szacowania kosztów, w tym w szczególności pracochłonności danego projektu, wynik nie jest precyzyjny, jest to jedynie pewne przybliżenie i punkt wyjścia. Zatem metody te to bardziej narzędzia dla firm informatycznych podejmujących się projektów, posiadają bowiem stosowne doświadczenie w realizacji różnych, w tym porównywalnych, projektów i są w stanie szacunków takich dokonać. W ograniczonym stopniu są one przydatne zamawiającemu, który nie posiada wiedzy z innych projektów, nie ma doświadczenia w procedurach budowania, modyfikacji oraz szacowania projektów informatycznych. Dlatego też nie powinno się stosować wyłącznie jednej

²³⁸ Ibid.

metody wyceny czy też szacowania pracochłonności, a kilka równocześnie i też ewentualnie korygować wyniki w miarę uszczegóławiania informacji o zakresie wykonywanych prac.

W kontekście szacowania przez podmioty informatyczne cen ofert zwraca uwagę, że oprócz ponoszonych kosztów, rezerw na ewentualnie zmaterializowanie się ryzyka, które jest przypisane w umowie, rezerw ogólnych oraz zakładanych zysków, na poziom cen wpływa również sytuacja na rynku, duża konkurencja i wielość dostawców czy wymagania zamawiającego oraz ryzyka, którymi obciążeni są wykonawcy, powodują, że jednak oferentów będzie jedynie kilku. Ponadto na poziom ceny ma wpływ także to, czy – a jeśli tak, to w jakim stopniu – zamawiający jest uzależniony od wybranych produktów informatycznych, które np. mają architekturę i interfejsy uniemożliwiające łatwo i przy niskich kosztach migrację na inne systemy. Może to powodować u części potencjalnych wykonawców dodatkowe koszty skutkujące rezygnacją z ubiegania się o to zamówienie. Ponadto praktyka pokazuje, że potencjalni wykonawcy też uzyskują przybliżone informacje o środkach, które zamawiający zamierza przeznaczyć na zamówienie i w ten sposób mogą to uwzględniać w szacunkach cen ofert. Informacje te to sama procedura realizacji zamówienia – np. poniżej lub powyżej progów unijnych – czy też informacje z planów finansowych jednostek publicznych, w których są zapisane wydatki na określone przedsięwzięcia lub wniosków składanych o współfinansowanie projektów ze środków unijnych. Oczywiście zamawiający nie ma obowiązku wydatkować środków ujętych w planie, jednak pokazuje to poziom dokonanych szacunków, co może i jest istotne w projektach, w których poziom kosztów jest trudny do określenia. Zamawiający dokonuje szacunku wartości zamówienia, jednak dopiero otwarte, konkurencyjne postępowania przetargowe określą rynkową cenę dla danego zamówienia.

5.3. Koszty w okresie eksploatacji systemu informatycznego

Niezależnie od nakładów, które zostaną poniesione podczas realizacji przedsięwzięcia, konieczne jest dokonanie szacunku kosztów ponoszonych po zakończeniu wdrażania, czyli podczas użytkowania systemu. Wiąże się to z faktem oceniania przedsięwzięcia w dłuższym okresie, wówczas dopiero zaczną pojawiać się bowiem korzyści wynikające z wdrożenia projektu. Poza tym w części przypadków obniżanie wydatków w okresie inwestycyjnym – wdraża-

nia systemu – może i będzie skutkowało wzrostem wydatków w okresie eksploatacji systemu.

Wśród kosztów ponoszonych po wdrożeniu – podczas bieżącej pracy systemu informatycznego – można wymienić:

1. Koszty energii elektrycznej zwłaszcza zużywanej przez centrum przetwarzania danych oraz pozostałe urządzenia systemu.
2. Koszty przesyłania danych, w szczególności płatności na rzecz operatorów udostępniających sieci światłowodowe lub bezprzewodowe.
3. Usługi obce związane z ewentualną dzierżawą pomieszczeń na centra przetwarzania danych – świadczenie usług kolokacji serwerów lub usług przetwarzania danych.
4. Usługi naprawy sprzętu informatycznego w sytuacji, gdy naprawa ta nie była objęta gwarancją.
5. Koszty świadczenie usług utrzymania systemu oraz tzw. małego rozwoju systemu, tj. wprowadzanie zmian oraz poszerzanie funkcjonalności w związku z pojawiającymi się potrzebami w tym zakresie.
6. Koszty materiałów eksploatacyjnych, papier i inne materiały do drukarek lub urządzeń.
7. Koszty innych usług, np. koszty wydawania kart oraz prowadzenia rozliczeń, a w przypadku płatności kartami płatniczymi lub smartfonami – płatności na rzecz agentów rozliczeniowych lub dostawców usług.

Dyskusyjne może być, jak długi przyjąć okres do analiz danego przedsięwzięcia rozwojowego – najczęściej przyjmuje się okres użytkowania/amortyzacji podstawowych środków trwałych wchodzących w skład danego przedsięwzięcia. Często bowiem mogą to być różne środki trwałe o różnym okresie amortyzacji, np. w przypadku centrum przetwarzania danych są to zarówno budynki, jak i wyposażenie w sprzęt informatyczny. W przypadku, gdy w projekcie dominują urządzenia informatyczne oraz oprogramowanie, można mówić o stosunkowo krótkim okresie amortyzacji. Jednak okres amortyzacji często różni się od trwałości czy też okresu rzeczywistego użytkowania urządzeń oraz oprogramowania, poza tym długość okresów, dla których dokonuje się analiz, może wynikać z warunków formułowanych przez podmioty trzecie, np. udzielających finansowania zwrotnego lub bezzwrotnego – chociażby projekt w ramach programów Unii Europejskiej. W przypadku projektów informatycznych, jeśli nie ma innych wskazówek, proponuje się przyjąć okres 60 miesięcy, tj. 5 lat. Jednak duże systemy informatyczne, obejmujące swoim zasięgiem wiele podmiotów oraz wymagające znacznych nakładów podczas wdrożenia, nie są tak szybko zastępowane kolejnymi. Dlatego też okres eksploatacji systemu będzie z pewnością dłuższy niż ten, który przyjęto do wykonywanych ocen. Okres ten może być

wydłużony również ze względu na to, iż w przypadku dużych projektów informatycznych, część urzędów już pracuje i jest użytkowanych jeszcze przed zamknięciem okresu inwestycyjnego. Wynika to z faktu etapowania takich przedsięwzięć, co pozwala na rozłożenie odbiorów w czasie, na uzyskiwanie przez zamawiającego efektów częściowych, a z kolei wykonawcy umożliwia uzyskanie płatności za etapy zrealizowanej pracy, co zmniejsza zapotrzebowanie na kapitał oraz obniża ryzyko związane np. z brakiem płynności finansowej zamawiającego.

5.4. Identyfikacja korzyści związanych z wdrożeniem i eksploatacją systemu informatycznego

Korzyści dla świadczącego usługi miejskiego transportu zbiorowego

Identyfikacja korzyści uzyskiwanych w wyniku przedsięwzięć rozwojowych odbywa się w układzie korzyści odnoszonych bezpośrednio przez podmioty – beneficjentów wdrożenia systemu (ocena finansowa przedsięwzięcia) oraz również z uwzględnieniem wpływu na otoczenie (ocena ekonomiczna przedsięwzięcia)²³⁹. Z punktu widzenia podmiotu, na rzecz którego wdrażany jest system informatyczny, najogólniej oczekuje się zwiększenia przychodów i/lub zmniejszenia kosztów bieżącego funkcjonowania, wzrostu jakości usług, poprawy dostępności rozumianej jako łatwość skorzystania z oferowanych usług (łatwość zakupu biletów, informacja pasażerska) oraz usprawnienia procesów zarządzania zasobami i lepsze ich wykorzystanie. W szczególności jako korzyści wdrażania systemów informatycznych w miejskim transporcie zbiorowym wymienić można:

1. Zmniejszenie ponoszonych wydatków związanych z wykonywaniem pracy eksploatacyjnej w wyniku efektywniejszego zarządzania ofertą przewozową. Zbieranie danych o wykorzystaniu pojazdów, liczbie pasażerów wsiadających i wysiadających na poszczególnych przystankach ułatwia planowanie oferty przewozowej, ponadto narzędzia informatyczne wykorzystywane podczas planowania rozkładów jazdy oraz obiegów taboru i czasu pracy kierowców pozwalają na procesy optymalizacyjne i lepsze gospodarowanie zasobami.

²³⁹ Por. G. Dydkowski, Obszary zastosowań oraz efektywność rozwiązań telematycznych. Badania integracji transportu miejskiego [w:] Inteligentny System Zarządzania Transportem Publicznym, Zespół Automatyki w Transporcie, Wydział Transportu, Politechnika Śląska, Katowice 2008, s. 156-241.

bami²⁴⁰. Istotne są tu zwłaszcza sytuacje, gdy występują zarówno niewielkie napełnienia, jak i gdy pojazdy są przepełnione. W oparciu o posiadane informacje możliwe jest dynamiczne zarządzanie oferta przewozową, zwłaszcza w zakresie zmian częstotliwości kursowania pojazdów oraz pojemności pojazdów przeznaczanych do obsługi danych linii.

2. Wdrożenie systemów poboru opłat z wykorzystaniem kart elektronicznych, kart płatniczych lub smartfonów umożliwia w większym zakresie różnicowanie cen, niż ma to miejsce w przypadku korzystania z biletów papierowych. Ponadto zwiększa się również dostępność biletów, można je zakupić online, bez względu na porę dnia oraz istnienie stacjonarnych punktów sprzedaży, jak ma to miejsce w przypadku biletów papierowych. Ponadto upusty i prowizje udzielane podmiotom zewnętrznym w związku z obsługą elektronicznych systemów sprzedaży są niższe niż w przypadku sprzedaży biletów papierowych. Możliwe jest również wprowadzanie okresowych promocji. A zatem umożliwienie bieżącego zarządzania cenami powinno prowadzić do wzrostu efektywności systemów biletowych opartych na płatnościach elektronicznych. Zarządzanie cenami usług, w szczególności elastycznego reagowania na zmiany cen środków produkcji, zmiany wysokości pobieranych opłat, możliwości w szerszym zakresie różnicowania cen oraz stosowania promocyjnych cen i dodatkowych upustów cen dla stałych klientów.
3. Usprawnieniem procesu zarządzania, uporządkowaniem procesów zachodzących w podmiocie, lepszym i w czasie rzeczywistym dostępem do informacji, w tym informacji o kosztach oraz jakości świadczonych usług.
4. Efektywniejszym wykorzystaniem posiadanych zasobów, zarówno potencjału przewozowego, jak i zatrudnionych osób. Ułatwiają to systemy lokalizacji pojazdów, identyfikacji prędkości, czasu pracy, zużycia paliwa oraz mierzenia i rejestracji innych wybranych parametrów pracy pojazdów, które pozwalają kontrolować zachowania kierowców oraz prowadzić rozliczenia wykorzystując nośniki stymulujące efektywność pracy. Zwiększenie elastyczności działania podmiotu, co ma duże znaczenie w dopasowywaniu się do wymagań zgłaszanych przez rynek.
5. Poszerzaniem usług o różne dodatkowe elementy w postaci informacji czasu rzeczywistego o czasie przyjazdu środka transportu zbiorowego, alternatywnych połączeniach lub przesiadkach. Możliwość planowania podróży.
6. Dane do rozliczeń z tytułu biletów wspólnych pozwalają na uatrakcyjnienie oferty oraz optymalizację całego układu komunikacyjnego, nie tylko z punktu widzenia jednego podmiotu, ale wszystkich podmiotów oferujących usługi transportu zbiorowego w danym mieście czy regionie.

²⁴⁰ G. Dydkowski, Koszty i korzyści..., op. cit.

7. Poprawa bezpieczeństwa jako wynik wprowadzania systemów monitoringu wizyjnego wybranych obszarów i obiektów.

Systemy elektronicznego poboru opłat stwarzają możliwości uzyskania wymienionych korzyści, jednak ich skala będzie zależała od tego, na ile wraz z nowymi technologiami zmieni się organizacja pracy w jednostkach, a także na ile warunki pozwolą wykorzystać nowoczesne technologie. Ponadto miejski transport zbiorowy podlega regulacji zarówno w zakresie stanowienia cen, jak też zakresu świadczonych usług przewozowych. Za pomocą cen oraz dostępności usług miejskiego transportu zbiorowego realizuje się w dość szerokim zakresie politykę społeczną lub związaną z zagospodarowaniem przestrzennym miast. Dlatego też osiągnięcie korzyści finansowych w znacznej mierze uzależnione jest od decyzji mających wymiar społeczny i podejmowanych na szczeblu podmiotów realizujących politykę transportową, co jest poza kompetencjami jednostek zarządzających lub operatorów miejskiego transportu zbiorowego

Korzyści zewnętrzne

Wdrażanie systemów informatycznych obejmujących różne obszary działalności podmiotów świadczących usługi miejskiego transportu zbiorowego pozwala uzyskać korzyści zewnętrzne, istotne dla ogółu mieszkańców miasta, regionu czy kraju. Wymienić można korzyści zewnętrzne związane z optymalizacją i zmniejszeniem wielkości oferty przewozowej przy zachowaniu standardu usług. Wówczas obniżeniu ulegają koszty własne podmiotu świadczącego usługi przewozowe, ale również wielkość CO₂, szkodliwych związków oraz hałasu, co jest szczególnie istotne w miastach. Wdrożenie elektronicznych systemów zliczających korzystających z usług umożliwia wdrożenie rozwiązań w zakresie integracji taryfowej, co wychodzi naprzeciw oczekiwaniom i może być istotnym czynnikiem poprawiającym konkurencyjność transportu zbiorowego względem przemieszczeń prywatnymi samochodami osobowymi. Dotychczas istotną barierą integracji taryfowej był brak zasad rozliczeń dochodów z biletów wspólnych/zintegrowanych. Systemy elektronicznego poboru opłat pozwalają na dokonywanie takich rozliczeń, np. na podstawie liczby pasażerów przewożonych przez poszczególnych operatorów lub wielkości zrealizowanej pracy przewozowej. Pozwala to mieć nadzieję, że zwiększy się liczba przedsięwzięć integracji taryfowej transportu. W rezultacie ułatwień w korzystaniu z transportu zbiorowego, można oczekiwać będą one jednym z czynników hamującym spadek udziału transportu zbiorowego²⁴¹.

²⁴¹ G. Dydkowski, Koszty i korzyści..., op. cit.

W przypadku wdrożeń systemów biletów elektronicznych uzyskuje się korzyści zewnętrzne związane z upowszechnieniem obrotu bezgotówkowego. Rozliczenia gotówkowe są związane z fizycznym przemieszczaniem banknotów i bilonu oraz dokonywaniem nimi płatności, przez co generują wysokie koszty dla podmiotów, banków (przyjęcie gotówki, sprawdzenie autentyczności, ustalenie wartości, transport do banku, przyjęcie przez bank, przewóz pomiędzy bankami itd.) oraz skutki w skali makroekonomicznej. Wiele czynności wykonywanych jest ręcznie, niezbędna jest ochrona i występuje duże ryzyko. W rezultacie koszty zarządzania gotówką mogą sięgać nawet 4,5% jej wartości, a koszt obrotu gotówkowego w skali kraju nawet 1% PKB. Ponadto rozliczenia gotówkowe sprzyjają nadużyciom, omijaniu księgowania płatności, tym samym utrudniając opodatkowanie transakcji i zmniejszając wpływy do budżetu państwa. Stąd też dąży się do upowszechnienia obrotu bezgotówkowego²⁴².

Również rozwój systemów informacji i planowania podróży oraz biletów elektronicznych, a także systemy monitoringu mają wpływ na zwiększenie konkurencyjności transportu zbiorowego. Oczekuje się w ten sposób zwiększenia udziału transportu zbiorowego w obsłudze transportowej miast, co pozwala na obniżenie negatywnych skutków zewnętrznych związanych z systemem transportowym.

Upowszechnianie technologii informatycznych ułatwia korzystanie z wielu usług, najogólniej jest to zatem promowanie rozwoju społeczeństwa informacyjnego, nowych technologii, telepracy, dostępności wielu usług wykorzystujących sieci komputerowe. Wdrożenie nowych technologii podczas korzystania z usług publicznych to także poprawa wizerunku miast regionu jako miast o rozwiniętych technologiach i wdrażających rozwiązania innowacyjne²⁴³.

Wdrażanie systemów informatycznych w miejskim transporcie zbiorowym wiąże się z koniecznością stworzenia rozległej infrastruktury teleinformatycznej. Infrastruktura ta związana jest w szczególności z systemami płatności elektronicznych – zasilaniem kart oraz pobieraniem opłat, a także systemami informacji komunikacyjnej, monitoringu oraz nadzoru ruchu. Wydanie kart elektronicznych (zakup nośnika, personalizacja, wydanie karty, archiwizacja dokumentacji), zakup automatów umożliwiających zasilanie kart, zakup urządzeń oraz w pojazdach transportu zbiorowego, a także utworzenie centrów przetwarzania danych,

²⁴² Ibid.

²⁴³ Por. B. Kos, Systemy informatyczne w tworzeniu wartości dodanej w usługach sektora TSL (transport – spedycja – logistyka) [w:] Marketing przyszłości. Trendy. Strategie. Instrumenty. „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług” 2010, nr 595(55), s. 49-57, https://bazhum.muzhp.pl/media/files/Ekonomiczne_Problemy_Uslug/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2010-t-n55/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2010-t-n55-s49-58/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2010-t-n55-s49-58.pdf

powoduje duże koszty zarówno te w okresie inwestycji, jak i po wdrożeniu rozwiązania. Wprowadzenie systemów informatycznych generuje korzyści, które można rozpatrywać w układzie korzyści uzyskiwanych bezpośrednio przez beneficjentów oraz korzyści zewnętrznych identyfikowanych również na szczeblu lokalnym, ale także krajowym. Elektroniczne systemy poboru opłat dostarczają danych o podróżach pasażerów, stąd w ramach korzyści uzyskiwanych w transporcie miejskim można wymienić korzyści uzyskiwane w ramach efektywniejszego zarządzania ofertą przewozową, obniżenia wydatków związanych z drukowaniem biletów papierowych oraz możliwego wzrostu dochodów z tytułu sprzedaży biletów w wyniku lepszego zarządzania cenami.

5.5. Źródła finansowania projektów informatycznych

Podjęcie przedsięwzięć związanych z zakupem i wdrożeniem technologii informatycznych to nie tylko wyzwania dotyczące określenia zakresu wdrożenia, przygotowania projektu, wyboru wykonawcy oraz wdrożenia i uruchomienia stworzonego systemu, ale także zapewnienia odpowiednich środków finansowych i wybór sposobu finansowania. Projekty informatyczne wymagają bowiem zaangażowania znacznych środków finansowych na dostawy sprzętu i oprogramowania oraz później na bieżące utrzymanie i rozwój systemu. Usługi miejskiego transportu zbiorowego są usługami publicznymi, a dochody uzyskiwane z ich sprzedaży nie pokrywają ponoszonych kosztów – stosowane jest tu współfinansowanie ze środków publicznych, najczęściej pochodzących z budżetów gmin. Poza tym organizatorzy miejskiego transportu zbiorowego to jednostki publiczne działające zgodnie z ustawą o finansach publicznych, trudno zatem mówić tu o zatrzymanych zyskach, które można przeznaczyć na inwestycje. Konieczne zatem staje się zaangażowanie środków publicznych. Oczywiście operatorzy wykonujący przewozy to podmioty działające w oparciu o prawo handlowe, dokonujący zakupów inwestycyjnych z funduszu amortyzacji oraz zysków, jednak ich wielkość jest pochodną otrzymywanego wynagrodzenia za świadczenie usług, a zatem zwiększone koszty prowadzą do zwiększenia obciążeń samorządów gminnych finansujących miejski transport zbiorowy.

Korzystanie ze środków publicznych w sposób szczególny powinno zobowiązywać do wydatkowania środków w sposób celowy i oszczędny. Stąd coraz silniejsza jest potrzeba poszukiwania rozwiązań, w ramach których zapewni się świadczenie usług publicznych o coraz wyższym standardzie, a jednocześnie nie będzie wymagało to zaangażowania przez sektor publiczny coraz większych środków finansowych. Działania zmierzające do poprawy sprawności i efektywności

funkcjonowania sektora publicznego powinny równocześnie przebiegać w wielu obszarach, wśród których można wymienić: doskonalenie zarządzania podmiotami oraz usługami publicznymi, wdrażanie innowacji, świadczenie usług z wykorzystaniem nowoczesnych technologii, zarządzanie cenami i opłatami za usługi publiczne oraz coraz lepsze, kompetentne kadry. W szczególności w przypadku miejskiego transportu zbiorowego wskazać należy konieczność poszukiwania rozwiązań pozwalających na efektywne zarządzanie przewozami oraz taryfami, kontrole biletowe oraz skuteczną windykację opłat dodatkowych, a także wdrażanie innowacji usprawniających pozostałe obszary działalności organizatorów i operatorów, tak aby uzyskiwane oszczędności i wolne środki mogły być przeznaczone na wdrożenia, których efekty będą widoczne w poprawie jakości świadczonych usług oraz konkurencyjności miejskiego transportu zbiorowego.

Powstaje zatem pytanie, na ile możliwe jest pozyskanie dodatkowych środków, w wyniku lepszego zarządzania posiadanymi zasobami i zarządzania transportem miejskim, tak aby możliwe było finansowanie znacznych zakupów w ograniczony sposób, obciążając przy tym dodatkowo budżety publiczne. Każde dodatkowe wydatki publiczne to albo środki pochodzące z lepszego gospodarowania istniejącymi zasobami, albo rezygnacja z innych zadań publicznych, albo wzrost obecnie lub – w przypadku kredytów i innych źródeł zwrotnych – w przyszłości obciążeń podatkowych. Dlatego rozważania muszą być prowadzone szerzej, na ile jest możliwy wzrost efektywności funkcjonowania sektora publicznego oraz jak finansować zakupy, aby stworzone rozwiązanie nie obciążało całością wydatkowanych środków budżetów jednostek publicznych.

Oprócz uzyskania korzyści finansowych w wyniku wdrożenia systemu informatycznego w części niwelujących wielkość wydatków poniesionych na ten cel, należy w miarę możliwości skorzystać z dostępnych bezzwrotnych środków zewnętrznych pochodzących z budżetu Unii Europejskiej czy też np. funduszy związanych z ochroną środowiska lub rozwojem infrastruktury informatycznej. Systemy informatyczne pozwalają racjonalizować ofertę przewozową transportu zbiorowego, czyniąc ją atrakcyjniejszą, ale także ze względu na ograniczenia przebiegów o niskim wykorzystaniu środków transportowych. Obniża się w ten sposób koszty zewnętrzne związane z emisją przez silniki spalinowe szkodliwych związków oraz CO₂.

Niezależnie od źródeł pozyskania środków, które będą przeznaczone na projekty informatyczne, różny – bardziej lub mniej efektywny – może być sposób zarządzania przedsięwzięciem, w szczególności zakres outsourcingu oraz sposób finansowania przedsięwzięcia. Podmioty koncentrują się na realizacji celów, które leżą w podstawowym zakresie ich działalności, decydując się na różne formy outsourcingu lub zakresie oprogramowania i usług informatycz-

nych. Wśród głównych powodów korzystania z outsourcingu można wymienić²⁴⁴:

- poprawę efektywności kosztowej, redukcje kosztów operacyjnych,
- specjalizację w głównych obszarach działalności,
- poprawę wydajności w obszarze obsługiwanych przez dostawcę usług outsourcingowych,
- pozyskanie nowych zasobów, technologii itp.,
- uzyskanie rzetelnych, zewnętrznych ekspertyz pochodzących z niezależnych źródeł.

Podczas korzystania z outsourcingu i wykonawców zewnętrznych możliwe jest dość często występujące rozwiązanie, w którym zamawiający finansuje całość dostaw i usług związanych z wdrożeniem systemu informatycznego, przyjmując ryzyko uzyskania (lub nie) dodatkowych efektów związanych z wdrożeniem. Możliwe są też inne rozwiązania, np. obniżenie ryzyka i początkowych wydatków na inwestycje w sytuacji, gdy część urządzeń pozostaje własnością podmiotów zewnętrznych, świadczą one określone usługi z wykorzystaniem tych urządzeń, a wynagrodzenie jest wynagrodzeniem prowizyjnym uzależnionym od wielkości sprzedaży. Można zastosować również rozwiązania, w których podmioty zewnętrzne, wdrażając na swój własny koszt całe przedsięwzięcie, uzyskują wynagrodzenie np. zależne od wzrostu dochodów czy też obniżenia kosztów organizatora. W tych rozwiązaniach znacząco zmniejsza się ryzyko zamawiającego oraz koszty ponoszone na początkowym etapie, w trakcie przygotowania i realizacji przedsięwzięcia.

5.6. Stałe wynagrodzenie ryczałtowe oraz formuły uzależniające wysokość wynagrodzenia od uzyskanych efektów

Wykonywanie prac budowlanych, realizacja dostaw lub świadczenie usług na rzecz organizatorów miejskiego transportu zbiorowego jako jednostek publicznych może być realizowane przez podmioty zewnętrzne – wykonawców zamówień publicznych. W tradycyjnej formule zamówienia publicznego podmiot publiczny zamawia i płaci za dostawy lub usługi, jakimi np. mogą być urządzenia oraz wdrożenie i uruchomienie systemu informatycznego. W tym rozwiązaniu wykonawcę nie interesuje co z dostarczonym dobrem dzieje się dalej,

²⁴⁴ Zintegrowane systemy informatyczne w zarządzaniu, pod red. C.M. Olszak i H. Sroki, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2001.

czy przynosi ono jakąś korzyść, jest to już problem i ryzyko zamawiającego, który później ponosi wydatki związane z kosztami utrzymania, eksploatacji, modernizacji systemu informatycznego wytworzonego w ramach zrealizowanego przedsięwzięcia. Podmiot publiczny ponosi w tym modelu praktycznie w całości ryzyko powodzenia przedsięwzięcia i uzyskiwania odpowiednich dochodów, w tzw. okresie eksploatacji, czyli normalnego użytkowania obiektu. Ryzyko to jest szczególnie duże w przypadku systemów informatycznych, są to bowiem przedsięwzięcia, których użyteczność często wynika z odpowiedniej funkcjonalności, niezawodności i łatwości korzystania. Rozwiązania te wymagają dość częstych poprawek, modyfikacji, uaktualnień, których przyczyny mogą być różne. Mogą być wynikiem niedopracowania dostarczonego systemu, co często występuje w przypadku dedykowanych modułów systemu, czyli stworzonych specjalnie na potrzeby zamawiającego, ale też potrzeba poprawek i modyfikacji może wynikać z niebyt dobrze wcześniej zbadanych lub zmieniających się oczekiwań użytkowników.

W tradycyjnej formule zamówienia publicznego, gdy za system ten odpowiada podmiot publiczny, zlecając wykonywanie wybranych czynności podmiotom zewnętrznym, trudno jest uzyskać wysoką motywację tego podmiotu do prac nad uzyskaniem takich parametrów, funkcjonalności i sprawności pracy systemu, które wysoko będą oceniali użytkownicy i które tym samym przełożą się na przychody uzyskiwane za pośrednictwem danego systemu informatycznego. Często jest tak, że systemy zarządzane przez podmioty publiczne działają poprawnie, natomiast brak im innowacyjności, łatwości korzystania czy też zgodnie z oczekiwaniami użytkowników – integracji w szerszym zakresie z innymi systemami. Po części problemy z modyfikacjami i rozwojem systemów są również wynikiem trudności w opisie wymagań oraz rozciągającymi się w czasie procedurami, w których zleca się wykonanie określonych czynności serwisowych czy też rozwojowych.

Inna sytuacja może być w rozwiązaniu, w którym podmiot prywatny zarządza funkcjonowaniem i rozwojem systemu informatycznego oraz czerpie, przynajmniej w jakiejś części, korzyści z jego sprawnego funkcjonowania. Na przykład podmiot prywatny zarządzający danym systemem może uzyskiwać część dochodów z tytułu elektronicznych płatności za usługi miejskiego transportu zbiorowego. Wówczas zainteresowany jest on realizowaniem na bieżąco takich poprawek czy modyfikacji systemu, które spełniają, a nawet wyprzedzają oczekiwania użytkowników. Oczywiście można oczekiwać, że będzie to miało przełożenie na wzrost zainteresowania danymi usługami, a w rezultacie także wpłynie na wzrost uzyskiwanych dochodów. Ponadto wdrożenia systemów, które odbywają się na koszt podmiotów zewnętrznych, cechuje większe dopasowanie urzą-

dzeń oraz rozwiązań do rzeczywistych potrzeb niż w przypadku, gdy finansującym całość zakupów jest podmiot publiczny. Wtedy częstymi są sytuacje, w których system jest przewymiarowany, część urządzeń oraz modułów systemu nie jest i z dużym prawdopodobieństwem nie będzie wykorzystana – zostały zakupione bowiem, by realizowane było jedno duże zamówienie publiczne i nie zakładało się sukcesywnego rozwoju systemu w odpowiedzi na pojawiające się potrzeby. Ewentualne późniejsze uzupełnianie, modernizacje i dodatkowe wydatki w kontekście zrealizowanego wcześniej przedsięwzięcia inwestycyjnego są dla podmiotów sektora publicznego zawsze pewną niedogodnością i problemem.

Rozważając możliwość stosowania formuły, w której wykorzystany będzie w pewnym zakresie outsourcing oraz naliczanie wynagrodzenia w zależności od uzyskanego efektu, nie bez znaczenia jest także sam fakt uczestnictwa finansowego podmiotu zewnętrznego w realizacji przedsięwzięcia. Pomniejsza się bowiem wydatki podmiotu publicznego w trakcie wdrażania na dostawy, ponieważ część urządzeń pozostaje własnością podmiotu zewnętrznego. Przykładem może być korzystanie z zewnętrznych centrów przetwarzania danych, zamiast budowy własnego, korzystanie z automatów biletowych, urządzeń zasilających karty elektroniczne czy też z zewnętrznej infrastruktury informatycznej służącej do sprzedaży biletów przez aplikacje na smartfonach lub windykacji nałożonych opłat dodatkowych itp. Można również korzystać z zewnętrznych podmiotów wykonujących kontrole oraz windykację – procesy z tym związane realizowane są na urządzeniach i w systemie informatycznym dostawcy usługi. Znane są wdrożenia systemów sprzedaży opartych na kartach elektronicznych oraz aplikacjach na smartfony w miejskim transporcie zbiorowym, w których praktycznie całe wyposażenie pojazdów, punktów sprzedaży, kontrolerów pozostaje własnością podmiotów zewnętrznych, a wynagrodzenie jest pochodną wielkości sprzedaży.

Oprócz wykorzystania know-how partnerów zewnętrznych, przeniesienia części ryzyka na wykonawcę oraz zaangażowania kapitałów podmiotów zewnętrznych w realizację przedsięwzięć publicznych, korzystanie z outsourcingu ma też inną zaletę. Wymienić tu można rzetelną ocenę opłacalności realizowanych przedsięwzięć, w tym też ustalenie, na jakich warunkach będzie możliwa ich realizacja i z jakim zaangażowaniem środków publicznych. Zawierając umowę z podmiotem zewnętrznym, tworzy się rzeczywistą projekcję zaangażowania środków publicznych. W przypadku części przedsięwzięć będzie wyraźnie widoczne zaangażowanie finansowe strony publicznej, w całym okresie życia przedsięwzięcia.



Podsumowanie

Technologie i rozwiązania informatyczne są powszechne w życiu gospodarczym i społecznym, wykorzystują je podmioty wszystkich sektorów, są częścią funkcjonowania miast, regionów, państw oraz podmiotów, organizacji i rozwiązań o zasięgu globalnym oraz życia codziennego ludzi. Powszechnym stał się dostęp i korzystanie z Internetu, automatyzacja wielu procesów, zaawansowane informatyczne systemy zarządzania w podmiotach, symulacje, prognozy, zarządzanie infrastrukturą, funkcjonowanie zintegrowanych łańcuchów dostaw, ale także korzystanie z urządzeń mobilnych i aplikacji wspierających i ułatwiających niemal wszystkie obszary życia.

Systemy informatyczne są powszechnie stosowane w transporcie, w tym w miejskim transporcie zbiorowym. Na rynkach dostępne są systemy swoją funkcjonalnością obejmujące cały obszar działalności, od prognoz zapotrzebowania na usługi, prowadzenia badań marketingowych, poprzez tworzenie oferty przewozowej oraz przydział kierujących i taboru do zadań przewozowych, zarządzanie dyspozytorskie, monitoring, a także kontrolę świadczonych usług. Rozwiązania informatyczne wspierają systemy sprzedaży usług, w tym umożliwiając zdalne wnoszenie płatności za usługi, planowanie przemieszczeń przez pasażerów, wspierają informację i promocję, zarządzanie infrastrukturą i zasobami podmiotu. Wdrożone rozwiązania informatyczne prowadzą do powstawania dużych zbiorów danych, a to po ich przetworzeniu pozwala na usprawnienie zarządzania, ułatwia w szczególności prowadzenie prognoz, symulacji, rozliczeń oraz daje wiedzę o procesach przebiegających w podmiocie lub w systemie transportu miejskiego. Duże znaczenie gromadzonych w sposób zautomatyzowany danych to wykorzystanie ich do rozliczeń związanych z publicznym finansowaniem miejskiego transportu zbiorowego, operatorami świadczącymi usługi przewozowe oraz w związku z funkcjonowaniem umów w zakresie wspólnych biletów lub uprawnień do ulgowych i bezpłatnych przejazdów.

Lokalizacja jest kluczową technologią wykorzystywaną w działalności transportowej, w tym w również w miejskim transporcie zbiorowym, i przekazuje informacje o bieżącej pozycji pojazdów, a to z kolei umożliwia monitorowa-

nie prawidłowości – zgodnie z rozkładem jazdy – świadczenia usług przewozowych oraz przekazywanie informacji pasażerskiej. Umożliwia również stosowanie wielu funkcjonalności wykorzystujących lokalizację, jak np. naliczanie opłat za przejazd z uwzględnieniem pokonanej odległości. Drugą podstawową technologią jest bezprzewodowa transmisja danych na większe odległości, zapewniająca bieżącą transmisję danych z pojazdami – mogą to być dane z urządzeń umieszczonych w pojazdach, takich jak czytniki kart, lokalizacja, monitoring wizyjny, ale również dane monitorujące parametry pracy samego pojazdu i możliwość wystąpienia ewentualnych zagrożeń (bieżąca prędkość pojazdu, temperatura w komorze silnika). Poprzez sieci bezprzewodowe zapewnia się również łączność z innymi urządzeniami związanymi ze świadczeniem usług w miejskim transporcie zbiorowym. Mogą to być urządzenia do zasilania kart elektronicznych wykorzystywanych podczas płatności, automaty biletowe, kamery monitoringu wizyjnego i inne, co pozwala na kontrolę pracy urządzeń, bieżące uzyskiwane danych oraz wykrywanie ewentualnych nieprawidłowości i możliwych zagrożeń. Obecne sieci bezprzewodowe charakteryzuje wysoka pojemność, prędkość przesyłania danych oraz przepustowość, co sprawia, że w praktyce systemy działają online, dane przekazywane są na bieżąco, a nie z opóźnieniem lub na koniec dnia, jak to miało miejsce w przeszłości.

Stosowane w miejskim transporcie zbiorowym technologie oraz rozwiązania teleinformatyczne powinny być ukierunkowane na wzrost jakości świadczenia usług, efektywne wykorzystanie zasobów rzeczowych, w szczególności taboru oraz infrastruktury oraz wzrost bezpieczeństwa pasażerów zarówno w pojazdach, jak i na przystankach czy dworcach. Technologie informatyczne – wdrożenie dynamicznych systemów informacji pasażerskiej, ułatwiają korzystanie z usług, jak również dostępność w Internecie informacji o możliwych połączeniach i czasach odjazdu środków przewozowych. Ułatwiają one również dostęp do pozostałych informacji związanych z korzystaniem z usług, np. regulacji taryfowych oraz warunków świadczenia usług przewozowych, także nabywania biletów i wnoszenia opłat za usługi miejskiego transportu zbiorowego.

Znaczącym ułatwieniem dla pasażerów są systemy opłat i bilety elektroniczne i z tym też wiąże się korzyści dla organizatora miejskiego transportu zbiorowego. Można wykorzystać tu różne rozwiązania – karty miejskie wydawane przez miasta lub organizatorów miejskiego transportu zbiorowego albo karty płatnicze wydawane przez banki – wykorzystuje się technologie zbliżeniowe wnoszenia płatności. Innym rozwiązaniem jest wnoszenie płatności przy pomocy urządzeń mobilnych – przede wszystkim smartfonów, wykorzystując odpowiednie aplikacje. Opłaty można wносить w technologii zbliżeniowej, w której smartfon pełni wówczas funkcje karty płatniczej, lub w technologii zdalnej,

w której następuje zakup biletu poprzez aplikację, bez konieczności zbliżania telefonu do czytnika w pojeździe. Wdrażane są tu coraz bardziej innowacyjne rozwiązania zmierzające do automatyzacji sposobu płatności, tak aby system automatycznie identyfikował większość lub wszystkie parametry wynikające z taryfy i niezbędne do naliczenia wysokości opłaty za przejazd, a pasażer jedynie akceptował sam zakup biletu. Możliwe jest również wprowadzenie systemów dynamicznego naliczania opłaty za korzystanie z miejskiego transportu zbiorowego, polegających np. na naliczaniu najkorzystniejszej dla pasażera opłaty w danym okresie korzystania z usług. Na przykład naliczenia opłaty według ceny biletu wieloprzejazdowego lub okresowego, jeśli jest ona korzystniejsza – niższa, niż przy naliczeniu opłat jako suma pojedynczych przejazdów jednorazowych.

Wdrożenie płatności elektronicznych to również istotne korzyści z punktu widzenia organizacji miejskiego transportu zbiorowego. Systemy płatności elektronicznych umożliwiają pozyskiwanie danych o przejazdach, tj. o wykorzystaniu środków przewozowych. Umożliwia to w sposób bieżący dostosowywanie rozkładów jazdy do zmieniających się potrzeb, ograniczanie połączeń, które stają się zbędne, oraz zwiększanie częstotliwości kursowania czy pojemności taboru na trasach, które tego wymagają. Ponadto dane pozyskiwane z płatności wnoszonych drogą elektroniczną, umożliwiają stosowne rozliczenia pomiędzy różnymi podmiotami z tytułu wdrożenia biletów wspólnych. Rozliczenia dokonywane są wówczas z wykorzystaniem danych o rzeczywistej liczbie przewiezionych pasażerów na podstawie danego rodzaju biletu, co zapewnia trwałość porozumień taryfowych oraz eliminuje poczucie, że którakolwiek ze stron podczas takich rozliczeń uzyskuje nienależne dochody. Systemy biletów elektronicznych to również możliwość zakupu biletu bez udawania się do punktu sprzedaży, możliwość zakupu w praktyce przez całą dobę, a także różne okresowe promocje w zakresie wysokości cen.

Funkcjonujące obecnie w podmiotach systemy informatyczne obejmują lub powinny obejmować całą działalność podmiotu i mają bardzo rozbudowaną funkcjonalność. Nie wszystkie jednak funkcje i możliwości tych rozwiązań są wykorzystywane. Wynika to przede wszystkim z utrwalenia rozwiązań stosowanych od wielu lat oraz niechęci do zmian, związanego z tym ryzyka i obaw. Wdrożenie, unowocześnienie lub rozwój systemu informatycznego wynika m.in. z potrzeby usprawnienia i tym samym dokonania zmian w realizowanych procesach związanych ze świadczeniem usług, jednak jedynie pełne wykorzystanie możliwości, wdrożenie procesów ukierunkowanych na wzrost sprawności i efektywności funkcjonowania, wdrożenie również zmian niepopularnych czy trudnych, ale przynoszących korzyści, poprawi efektywność wydatkowanych środków, nie

tylko z punktu widzenia jakości świadczonych usług oraz udziału w przewozach w mieście, ale również ze względów społecznych i środowiskowych.

Wykorzystanie pełnych możliwości, które dają systemy informatyczne, jest wyzwaniem w sektorze publicznym, w tym transportu zbiorowego. Podmioty tego sektora nie podlegają weryfikacji rynkowej, tak jak w przypadku podmiotów świadczących usługi na konkurencyjnych rynkach. Brakuje presji ze strony konkurentów na działania w zakresie wzrostu efektywności, co osłabia działania w tym zakresie, ukierunkowuje strategię na przetrwanie, a nie na innowacyjność. Można wskazać kilka kierunków nowych rozwiązań i modeli biznesowych w miejskim transporcie zbiorowym, możliwych do wdrożenia wykorzystując obecnie dostępne i w znacznym zakresie wdrożone technologie informatyczne. Należy przy tym uwzględnić różne lokalne rozwiązania organizacyjne oraz różne lokalne otoczenie zewnętrzne systemu transportu zbiorowego, stąd możliwe są tu odstępstwa i inne podejście – wskazać można:

1. Wprowadzenie elementów uzależniających wynagrodzenie operatorów od wielkości przewozów oraz jakości świadczonych usług. Podstawowy element wynagrodzenia mógłby mieć postać dotychczasową, jednak proponuje się wprowadzenie tzw. części zmiennej, w której uzależni się wysokość wynagrodzenia od liczby przewiezionych pasażerów, punktualności i ewentualnie innych czynników związanych z jakością usług. Utrzymywanie bowiem zasady pokrywania przez organizatorów poniesionych kosztów (plus rozsądny zysk) lub płatność jedynie za zrealizowaną pracę eksploatacyjną nie zawiera elementów motywujących operatora do działań ukierunkowanych na wzrost jakości usług i wielkości przewozów.
2. Wykorzystanie dużych zbiorów danych z automatycznych pomiarów liczby przewożonych pasażerów oraz systemów biletowych do planowania oraz bieżącego zarządzania ofertą przewozową, w tym w większym zakresie uwzględnianie okresowych zmian w popycie na usługi na wielkość oferty przewozowej, a także zarządzania cenami lub rozliczeń z tytułu publicznego finansowania miejskiego transportu zbiorowego. Od przynajmniej kilkunastu lat, a zatem od momentu wdrożenia płatności z wykorzystaniem kart elektronicznych, a później również aplikacji instalowanych na urządzeniach mobilnych oraz wdrożeń systemów automatycznych pomiarów pasażerów, np. z wykorzystaniem bramek, powstają duże zbiory danych o korzystających z usług, jednak ich wykorzystanie w stosunku do możliwości, a też poniesionych kosztów nie jest satysfakcjonujące. W tym kontekście również należy rozważyć ograniczenie do minimum pomiarów wykonywanych przez obserwatorów i wykorzystywanie systemów pomiarów automatycznych poprzez systemy kamer lub w innych technologiach.

3. Przetwarzanie i udostępnianie zestawień (w ramach otartego dostępu) z dużych zbiorów danych dotyczących wielkości przemieszczeń na liniach, trasach, w jednostkach administracyjnych i wykorzystywanie ich do rozliczeń z tytułu publicznego finansowania, ale również przez wiele podmiotów w mieście.
4. Poszerzenie wykorzystanych narzędzi informatycznych z zakresu planowania oferty przewozowej o nowoczesne rozwiązania informatyczne wspierające synchronizację i koordynację rozkładów jazdy.
5. Poprawę jakości interfejsów użytkownika aplikacji mobilnych umożliwiających planowanie oraz wnoszenie opłat za podróże, udostępnianych przez organizatora lub inne podmioty, jednak za zgodą organizatora, zwracając uwagę na łatwość, intuicyjność i niezawodność oraz bezpieczeństwo. Należy zwrócić także uwagę, że aplikacja mobilna organizatora transportu jest również formą promocji usług, stąd wystawiane przez korzystających niskie oceny jej użytkowania nie świadczą dobrze o organizatorze transportu, zwłaszcza gdy wyższe oceny uzyskują aplikacje oferowane przez zewnętrzne podmioty prywatne. Do rozważenia jest także wprowadzenie dostępnych wykazów aplikacji mobilnych wspieranych i polecanych przez organizatora, w sytuacji bowiem, gdy więcej zewnętrznych podmiotów oferuje pobranie i instalację aplikacji, jednak bez gwarancji i odpowiedzialności, że zawarte dane np. o ofercie są chociażby na bieżąco aktualizowane.
6. Wdrożenie rozwiązań w zakresie informacji pasażerskiej, w których nastąpi integracja informacji, a tym samym możliwość planowania podróży nie tylko w układzie danego organizatora transportu, ale również w powiązaniu z podmiotami świadczącymi usługi przewozowe o zasięgu regionalnym, krajowym i międzynarodowym. Poszerzenie funkcjonalności oferowanych przez organizatora aplikacji mobilnych o usługi ułatwiające dotarcie do przystanków miejskiego transportu zbiorowego, a zatem uwzględnieniem również indywidualnych środków transportowych w ramach krótkoterminowego wynajmu, a także umożliwienie wniesienia płatności z tego tytułu.
7. Poszerzenie funkcjonalności systemów monitoringu; systemy kamer mogą łączyć funkcje związane z bezpieczeństwem z funkcjami pomiaru liczby osób korzystających z danego obiektu lub środka transportowego.

Wdrażanie systemów informatycznych jest złożonym przedsięwzięciem związanym z dużym ryzykiem opóźnień, wzrostu kosztów wdrożeń ponad te, które zostały zaplanowane, oraz uzyskania zakładanych funkcjonalności. Rozpoczęcie samego projektu powinno być poprzedzone stosownymi analizami, co wymaga rzetelnej oceny ryzyka, kosztów oraz korzyści, a w sytuacji, gdy przedsięwzięcia te, jak w przypadku miejskiego transportu zbiorowego, są finansowane ze środków publicznych i/lub współfinansowane z różnych środków pomo-

cowych, wykonania również analiz i ocen kosztów oraz korzyści zewnętrznych. Niestety mogą mieć miejsce wówczas sytuacje, w których ocenia się przedsięwzięcie przez pryzmat pozyskania bezzwrotnych środków, a zatem poglądu, że koszty są niewielkie, bo w znacznej części było sfinansowane z bezzwrotnych środków zewnętrznych. Projekt informatyczny powinien być również tak prowadzony, aby w efekcie jego wdrożenia uzyskana została zakładana funkcjonalność i były zrealizowane zakładane cele przedsięwzięcia, a także aby w okresie po zakończeniu wdrożenia, na zasadach rynkowych można było wybierać podmioty zapewniające rozwój, dodawanie nowych funkcji oraz zakup urządzeń.



Bibliografia

Wydawnictwa zwarte i ciągle

- Adamski A., Inteligentne systemy transportowe: sterowanie, nadzór i zarządzanie, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2003.
- Alexandersson G., Hultén S., Jardón J.J., Hybrid Markets in Public Transport – Contract Design, Performance and Conflicts, “Research in Transportation Economics” 2020, Vol. 83, 100897, <https://hdl.handle.net/2123/27131>
- Aleksandrowicz J., Przydatność automatycznych systemów zliczania pasażerów w celach predykcji popytu na usługi transportowe, „Transport Miejski i Regionalny” 2018, nr 4, s. 10-14, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-23687bf1-a7cb-49c6-98ab-8689e6aba932?q=bwmeta1.element.baztech-02179517-7ef8-465d-97ee-0e81eb737ba2;1&qt=CHILDREN-STATELESS>
- Aleksandrowicz J., Piwowarczyk M., Sposoby detekcji pojazdów transportu zbiorowego i ich funkcjonalność, „Transport Miejski i Regionalny” 2016, nr 5, s. 49-52, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-b2465d92-0fbc-439f-8aba-937cf73dcead>
- Aleksandrowicz J., Starowicz W., Automatyczne systemy zliczania pasażerów w miejskim transporcie zbiorowym, „Transport Miejski i Regionalny” 2020, nr 6, s. 5-10, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1fea7e91-3a5b-4385-b4af-95c0e23e31c0>
- ANA, Nowe dane NBP. Spadła wartość płatności kartami, 2021, <https://www.money.pl/pieniadze/nowe-dane-nbp-spadla-wartosc-platnosci-kartami-6657977236838976a.html> (dostęp: 19.07.2021).
- Baltes M.R., Rey J.R., The “Ins and Outs” of APCs: An Overview of Automatic Passenger Counters, “Journal of Public Transportation” 1999, Vol. 2, No. 2, s. 47-64, <https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1781&context=jpt>
- Bannister F., Remenyi D., Act of Faith: Instinct, Value and IT Investment Decisions, “Journal of Information Technology” 2000, Vol. 15, s. 231-241, <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/026839620001500305>
- Baraniewicz-Kotasińska S., Smart city. Ujęcie nowych technologii w koncepcji inteligentnego miasta, Nowoczesne Systemy Zarządzania” 2017, z. 12, nr 3, s. 29-40, <https://nsz.wat.edu.pl/SMART-CITY-UJECIE-NOWYCH-TECHNOLOGII-W-KO-NCEPCJI-INTELIGENTNEGO-MIASTA,129410,0,2.html>

- Bartuś S., Nowoczesne systemy informacji pasażerskiej w pojazdach transportu zbiorowego na przykładzie wybranych polskich miast, „Transport Miejski i Regionalny” 2014, nr 7, s. 31-36.
- Bąk M., Wydatki na badania i rozwój w transporcie europejskim w świetle polityki innowacyjności UE, „Problemy Transportu i Logistyki” 2016, nr 2(34), s. 77-88, <https://wnus.usz.edu.pl/ptil/pl/issue/319/article/4813/>
- Bąkowski W., Problemy komputeryzacji ewidencji pojazdów, Referat na sesję Komitetu Transportu PAN. Informatyka w Transporcie, Warszawa 1974.
- Bąkowski W., Programowanie liniowe w transporcie, Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1975.
- Bieńczyk M., Kiciński M., Fierek Sz., Badania napełnień pojazdów publicznego transportu zbiorowego przy użyciu monitoringu wewnątrzpojazdowego, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport” 2017, 119, s. 29-39.
- Birr K., Modelowanie podziału zadań przewozowych w obszarach zurbanizowanych, Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2018, <https://birr.pl/biblioteka/Birr%20K.%20-%20Modelowanie%20podzia%C5%82u%20zad%C5%84%20przewozowych%20w%20obszarach%20urbanizowanych.pdf>
- Birr K., Jamroz K., Kustra W., Analiza czynników wpływających na prędkość pojazdów transportu zbiorowego na przykładzie Gdańska, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej: 2013, z. 96, s. 87-98.
- Bitetkine A., Prospective Case Study Design. Qualitative Method for Deductive Theory Testing, “Organizational Research Method” 2007, Vol. 11, Issue 1, s. 160-180, https://www.academia.edu/382335/Prospective_Case_Study_Design
- Bernard H.R., Social Research Methods, Qualitative and Quantitative Approaches, Sage Publications, Los Angeles – London – New Delhi 2013.
- Bojda K., Rola informacji pasażerskiej w miejskim transporcie zbiorowym, „Transport Miejski i Regionalny” 2011, nr 9, s. 24-29, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPS6-0002-0016>
- Bukowski A., Od miasta inteligentnego do miasta „smart” [w:] Sprawne państwo. Systemowe zmiany w funkcjonowaniu polskiego samorządu terytorialnego, pod red. M. Ćwiklickiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Małopolska Szkoła Administracji Publicznej, Kraków 2015, s. 167-176, http://pri.msap.pl/doki/publ/SWPZ_Systemowe_zmiany_2015.pdf
- Burnewicz J., Nowoczesna wizja transportu i jej potencjalny wpływ na zagospodarowanie przestrzenne [w:] Koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju a wizje i perspektywy rozwoju przestrzennego Europy, pod red. T. Markowskiego, KPZK PAN, Warszawa 2008, s. 63-93.
- Burnewicz J., Nowoczesna wizja transportu i jej potencjalny wpływ na zagospodarowanie przestrzenne, Konferencja „Koncepcja zagospodarowania kraju a wizje i perspektywy rozwoju przestrzennego Europy”, Jachranka, 25-26 września 2008.

- Burnewicz J., Perspektywa innowacyjna transportu i logistyki [w:] *Innowacje w transporcie. Korzyści dla Użytkownika*, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, pod red. E. Załogi i B. Liberadzkiego, *Zeszyty Naukowe*, nr 603, *Ekonomiczne Problemy Usług*, nr 59, Szczecin 2010, s. 51-63.
- Ceci L., Number of Active Apps from the Apple App Store 2008-2022, 2023, <https://www.statista.com/statistics/268251/number-of-apps-in-the-itunes-app-store-since-2008/> (dostęp: 30.07.2021).
- Ceci L., Number of Apps Available in Leading App Stores Q3 2022, 2022, <https://www.statista.com/statistics/276623/number-of-apps-available-in-leading-app-stores/> (dostęp: 30.07.2021).
- Chmielarz W., Łuczak K., Systemy mobilnych płatności w Polsce – analiza preferencji klientów [w:] *Mobilne aspekty technologii informacyjnych*, pod red. W. Chmielarza, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2016, s. 211-227, http://www.wz.uw.edu.pl/portaleFiles/6133-wydawnictwo-/Mobilne_aspekty_ebook.pdf
- Chmielarz W., Uwarunkowania technologii aplikacji mobilnych [w:] *Mobilne aspekty technologii informacyjnych*, pod red. W. Chmielarza, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2016, s. 51-64, http://www.wz.uw.edu.pl/portaleFiles/6133-wydawnictwo-/Mobilne_aspekty_ebook.pdf
- Chu Z., Cheng L., Chen H., A Review of Activity-Based Travel Demand Modeling, The Twelfth COTA International Conference of Transportation Professionals, July 2012, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, Engineers, <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784412442.006>
- Ciesielski M., *Koszty kongestii transportowej w miastach*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań 1986.
- Ciesielski M., Szudrowicz A., *Ekonomika transportu*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań 2001.
- Cypryjański J., *Metodyczne podstawy ekonomicznej oceny inwestycji informatycznych przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2008.
- Dalka P., *Metody algorytmicznej analizy obrazu wizyjnego do zastosowań w monitorowaniu ruchu drogowego*, Rozprawa doktorska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2014.
- Daszkiewicz M., *Rola konsumentów w rozwoju inteligentnych miast*, „Marketing i Rynek” 2015, nr 8, s. 109-116.
- Datka S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.
- Dorozik L., *Informatyka w koordynacji przewozów samochodowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1977.
- Dybiczyński T., *Modelowanie i symulacje ruchu, rys historyczny i aktualnie stosowane oprogramowanie*, „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie” 2009, nr 90, z. 148, s. 57-73.

- Dybicz T., Pakiet oprogramowania Visum jako narzędzie do modelowania ruchu transportu publicznego w Warszawie, Konferencja „Transport Publiczny w Warszawie”, 10-11.10.2005, Urząd m.st. Warszawy, https://www.transeko.pl/publik/Modelowanie_ruchu.pdf (dostęp: 27.04.2023).
- Dydkowski G., Effectiveness of the Urban Services Electronic Payment Systems on the Example of Silesian Card of Public Services, “Archives of Transport System Telematics” 2014, Vol. 7, Issue 4, s. 3-8, November 2014, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-b80abb0f-bc1a-46e9-832c-a05754067c7f>
- Dydkowski G., Innowacje w transporcie miejskim [w:] Innowacje na poziomie regionalnym i lokalnym, pod red. I. Ostoj i I. Pawlas, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2020, s. 26-40, <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171606787>
- Dydkowski G., Integracja transportu miejskiego, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2009.
- Dydkowski G., Kierunki optymalizacji wykorzystania pojazdów ze szczególnym uwzględnieniem służb ratowniczych i bezpieczeństwa [w:] Innowacyjny rozwój. Inteligentne organizacje, pod red. C.M. Olszak i R. Wolny, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2020, s. 26-36.
- Dydkowski G., Koszty i korzyści wynikające z wprowadzania bezgotówkowych systemów płatności za usługi miejskie, „Zeszyty Naukowe. Problemy Transportu i Logistyki” 2010, nr 602(12), s. 29-42.
- Dydkowski G., Obszary zastosowań oraz efektywność rozwiązań telematycznych. Badania integracji transportu miejskiego [w:] Inteligentny system zarządzania transportem publicznym, Zespół Automatyki w Transporcie, Wydział Transportu, Politechnika Śląska, Katowice 2008, s. 156-241.
- Dydkowski G., Ocena efektywności działalności oraz przedsięwzięć rozwojowych transportu [w:] Efektywność transportu w warunkach gospodarki globalnej, pod red. M. Michałowskiej, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2012, s. 96-119.
- Dydkowski G., Wykorzystanie nowoczesnych technologii w sprzedaży usług transportu zbiorowego [w:] Nowoczesne produkty na rynku usług Transportowo-Logistyczno-Spedycyjnym, pod red. B. Kos, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2003, s. 55-73.
- Dydkowski G., Gamrot W., Tomanek R., Wykorzystanie metod statystycznych w badaniu popytu na usługi transportu miejskiego, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2009.
- Dydkowski G., Tomanek R., Urbanek A., Taryfy i systemy poboru opłat w miejskim transporcie zbiorowym, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2018.
- Dydkowski G., Urbanek A., Directions and Benefits of Using Traffic Modelling Software in the Urban Public Transport [w:] Activities of Transport Telematics. 13th International Conference on Transport Systems Telematics, TST 2013, Katowice-

- Ustron, Poland, October 2013. Selected Papers, ed. by J. Mikulski, Communications in Computer and Information Science, Vol. 395, Springer, Berlin-Heidelberg 2013, s. 23-31, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-41647-7_4
- Dyr T., Kozłowska M., Koszty kongestii w Unii Europejskiej, „Autobusy” 2018, R. 19, nr 1-2, s. 26-31. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-e44f79aa-396e-405d-aa77-89cadebfdeee>
- Dziubak P., Łódzka komunikacja otwiera nowy rozdział w swojej historii. Od teraz bilety na tramwaj nie będą już potrzebne, 2017, <https://www.cashless.pl/3053-lodzka-komunikacja-otwiera-nowy-rozdzial-w-swojej-historii-od-teraz-bilety-na-tramwaj-nie-beda-juz-potrzebne> (dostęp: 20.07.2021).
- Eastin M.S., Brinson N.H., Doorey A., Wilcox G., Living in a Big Data World: Predicting Mobile Commerce Activity through Privacy Concerns, “Computers in Human Behavior” 2016, Vol. 58, s. 214-220.
- Ellegård E., Svedin U., Torsten Hagerstrands Time-Geography as the Cradle of the Activity Approach in Transport Geography, “Journal of Transport Geography” 2012, Vol. 23, s. 17-25, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966692312000865?via%3Dihub>
- Friedberg J., Wykorzystanie analiz i prognoz ruchu w analizie marketingowej projektów transportowych, „Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP” 2009, nr 148, s. 107-116.
- Gagnepain Ph., Ivaldi M., Contract Efficiency in Public Transport Services, 2019, [https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/gagnepain-philippe/ch0000_un-102_gagnepain-18-oct-2019\(1\).pdf](https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/gagnepain-philippe/ch0000_un-102_gagnepain-18-oct-2019(1).pdf) (dostęp: 27.04.2022).
- Gnap J., Konieczny V., Poliak M., Aplikacia informacnych sistemov v cestnej doprave, EDIS, Vydavateľstvo Žilinskej Univerzity, Žilina 2007.
- Gössling S., ICT and Transport Behaviour: A Conceptual Review. “International Journal of Sustainable Transportation” 2017, Vol. 12, Issue 3, s. 153-164, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15568318.2017.1338318>
- Goszczyński T., Czujniki i sensorowe systemy pomiarowe, 2010, <https://automatykaonline.pl/layout/set/print/Artykuly/Pomiary/czujniki-i-sensorowe-systemy-pomiarowe>
- Gromadzki M., Grzelec K., Standardy wyposażenia technicznego systemów transportu miejskiego – uwarunkowania i perspektywy zastosowania, “Transport Miejski i Regionalny” 2015, nr 12, s. 7-10, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1a09bb5c-5d3e-4582-aeaa-f874b0afd56e>
- Gryga Ł., Wojtaszek M., Firlejczyk G., Obszarowy system sterowania ruchem i nadawania priorytetu dla transportu zbiorowego w Krakowie, „Transport Miejski i Regionalny” 2013, nr 6, s. 4-12, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-8ac81dfb-16c3-4cb5-9709-123ad58726f6>
- Grzelec K., Uwarunkowania organizacyjne rozwoju pasażerskiego transportu miejskiego, “Transport Miejski i Regionalny” 2020, nr 2, s. 22-27. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-90511b0e-ef8f-41b1-be7b-5a8d80c57bd8>

- Grzelec K., Hebel K., Wyszomirski O., Zarządzanie miejskim transportem zbiorowym w warunkach polityki zrównoważonej mobilności, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2020.
- Grzelec K., Wyszomirski O., Polityka transportowa w miastach i aglomeracjach [w:] Współczesna polityka transportowa, pod red. W. Rydzkowskiego, PWE, Warszawa 2017, s. 253-271.
- Hagerstrand T., What about People in Regional Science? "Papers and Proceedings of the Regional Science Association" 1970, Vol. 24, s. 7-24, <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01936872>
- Hajduk S., Analiza bibliometryczna koncepcji inteligentnego miasta w światowym piśmiennictwie naukowym, "Handel Wewnętrzny" 2017, nr 3(368), tom II, s. 301-312, <https://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-10d7db5d-27ba-4b79-8a26-6d3a007373eb>
- Hall M.D., Van Vliet D., Willumsen L., SATURN – a Simulation-Assignment Model for the Evaluation of Traffic Management Schemes, "Traffic Engineering and Control" 1980, Vol. 21, Issue 4, s. 168-176, https://www.researchgate.net/profile/Luis-Willumsen/publication/279570997_SATURN-a_simulation-assignment_model_for_the_evaluation_of_traffic_management_schemes/links/5714e89408aebef399606f7e/SATURN-a-simulation-assignment-model-for-the-evaluation-of-traffic-management-schemes.pdf
- Hebel K., Nowa kultura mobilności w polskich miastach. „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego. Ekonomia Transportu i Logistyka”, nr 62: Wyzwania rozwoju transportu. Ujęcie gałęziowe, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2017.
- Hebel K., Polityka parkingowa w kształtowaniu zachowań transportowych mieszkańców miast, „Zeszyty Naukowe Wydziału Ekonomicznego Uniwersytetu Gdańskiego” 2015, nr 57: Ekonomia transportu i logistyka, s. 173-191, <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171409813>
- Helbin M., Wyszomirski O., Możliwości wykorzystania Big Data w badaniach popytu i podaży w transporcie miejskim, „Transport Miejski i Regionalny” 2019, nr 2, s. 3-8, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-bd5120bf-c16e-4b2f-b539-58cd054d2464>
- Helbin M., Wyszomirski O., Ewolucja informacji o usługach w zbiorowym transporcie miejskim na przykładzie Zarządu Komunikacji Miejskiej w Gdyni, „Transport Miejski i Regionalny” 2020, nr 4, s. 16-21, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-7ef340d9-a059-44b5-9e1c-83d51730ff20>
- Helbin M., Wyszomirski O., Wykorzystanie nowoczesnych technologii do kontroli usług przewozowych na przykładzie Zarządu Komunikacji Miejskiej w Gdyni, „Transport Miejski i Regionalny” 2019, nr 3, s. 3-8, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-d7a24ba1-954c-43bc-a2e6-2aafe339ec67>
- Hensher D.A., Stanley J., Performance-Based Quality Contracts in Bus Service Provision, Working Paper, ITS-WP-02-11, The University of Sydney, June 2002, <https://core.ac.uk/download/pdf/212694904.pdf> (dostęp: 27.4.2022).

- Hidayat A., Terabe S., Yaginuma H., Estimating Bus Passenger Volume Based on a Wi-Fi Scanner Survey, "Transportation Research Interdisciplinary Perspectives" 2020, Vol. 6, 100142, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198220300531?via%3Dihub>
- Higuchi Y., History of the Development of Beverage Vending Machine Technology in Japan, National Museum of Nature and Science: Survey Reports on the Systemization of Technologies, Vol. 7, March 2007, http://sts.kahaku.go.jp/diversity/document/system/pdf/026_e.pdf (dostęp: 14.07.2021).
- Hildebrand C., Hörtn S., A Comparative Study between Emme and Visum with Respect to Public Transport Assignment, Master Thesis carried out at Division of Communications- and Transport Systems, Linköping University, Norrköping 2014, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:772068/FULLTEXT01.pdf>
- Hodges C.C., Automatic Passenger Counter Systems: The State of the Practice, Final Report for Urban Mass Transportation Administration, Washington, D.C., June 1985, <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/398>
- Informatyka ekonomiczna. Teoria i zastosowania, pod red. S. Wrycza i J. Maślankowskiego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019.
- Inigo R.M., Traffic Monitoring and Control Using Machine Vision: A Survey, "IEEE Transactions on Industrial Electronics" 1985, Vol. IE-32, Issue 3, 177-183, <https://ieeexplore.ieee.org/document/4158617>
- Innovative Perspective of Transport and Logistics, ed. by J. Burnewicz, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2009.
- Integrated Urban e-Ticketing for Public Transport and Touristic Sites. Final report on application concepts and the role of involved stakeholders, Science and Technology Options Assessment, European Parliamentary Research Service, Brussels 2014, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0beb1338-a991-4612-91df-528721b55e0e/language-en> (dostęp: 20.7.2021).
- Jamroz K., Birr K., Kustra W., Strzebrakowska B., Strategia transportu i mobilności obszaru metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot do roku 2030. Załącznik nr 4. Transportowy model prognostyczny podróży dla Obszaru Metropolitalnego, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, Gdańsk, październik 2015, [https://www.metropoliagdansk.pl/upload/files/31_%20Model%20podr%C3%B3%C5%BCy%20dla%20Obszaru%20Metropolitalnego%20\(zal_%204%20STIM\)\(1\).pdf](https://www.metropoliagdansk.pl/upload/files/31_%20Model%20podr%C3%B3%C5%BCy%20dla%20Obszaru%20Metropolitalnego%20(zal_%204%20STIM)(1).pdf)
- Kamargianni M., Matyas M., The Business Ecosystem of Mobility as a Service. 96th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, Washington, D.C., 8-12 January 2017, https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10037890/1/a2135d_445259f704474f0f8116ccb625bdf7f8.pdf
- Kamargianni M., Matyas M., Li W., Schäfer A., Feasibility Study for "Mobility as a Service" Concept in London. FS-MaaS Project – Final Deliverable, UCL Energy Institute, Department for Transport, London 2015, <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/energy/sites/bartlett/files/fs-maas-compress-final.pdf> (dostęp: 20.08.2021).

- Kasujemy bilety kupione przez komórkę, Archiwum, Zarząd Transportu Miejskiego w Warszawie, <https://www.wtp.waw.pl/newsy/2021/03/04/skasujemy-bilety-kupione-przez-komorke/> (dostęp: 20.07.2021).
- Kędziora R., Brynarska Z., Informacja pasażerska w publicznym transporcie zbiorowym, „Transport Miejski i Regionalny” 2015, nr 6, s. 26-33, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-77e0b569-d6be-4930-b344-2bb17e5ed2e1>
- Kidyba M., Makowski Ł., Smart city, czyli miasto jako ekosystem innowacji, „Chorzowskie Studia Polityczne” 2017, nr 13, s. 13-30, <http://foodie-vm4.man.poznan.pl/Content/913/PDF/Smart%20city,%20czyli%20miasto%20jako%20ekosystem%20innowacji.pdf>
- Kisielnicki J., Sroka H., Systemy informacyjne biznesu. Informatyka dla zarządzania, Wydanie II, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2001.
- Kłós-Adamkiewicz Z., Załoga E., Miejski transport zbiorowy. Kształtowanie wartości usługi dla pasażera w świetle wyzwań nowej kultury mobilności, BEL Studio, Warszawa 2017.
- Kod QR na przystanku ułatwi sprawdzenie rozkładu jazdy, Archiwum newsów, Warszawski Transport Publiczny, <https://www.wtp.waw.pl/newsy/2020/04/17/kod-qr-na-przystanku-ulatwi-sprawdzenie-rozkladu-jazdy/> (dostęp: 20.07.2021).
- Komentarz do: M. Randelhoff, Die Finanzierung des öffentlichen Verkehrs in Deutschland: Struktur, Probleme und Alternativen “Zukunft Mobilität” 2013(2018), <https://www.zukunft-mobilitaet.net/28179/analyse/finanzierung-des-oe-pnv-in-deutschland/#comments> (dostęp: 27.01.2023).
- Kos B., Dydkowski G., Modelowanie ruchu jako narzędzie zarządzania ruchem w transporcie miejskim [w:] Ekonomiczno-społeczne i techniczne wartości w gospodarce opartej na wiedzy. Tom 2, pod red. J. Buki, Ekonomiczne Problemy Usług, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2014, s. 231-242.
- Kos B., Systemy informatyczne w tworzeniu wartości dodanej w usługach sektora TSL (transport – spedycja – logistyka) [w:] Marketing przyszłości. Trendy. Strategie. Instrumenty. „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług” 2010, nr 595(55), s. 49-58, https://bazhum.muzhp.pl/media/files/Ekonomiczne_Problemy_Uslug/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2010-t-n55/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2010-t-n55-s49-58/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2010-t-n55-s49-58.pdf
- Kos B., Krawczyk G., Tomanek R., Modelowanie mobilności w miastach, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2018.
- Kos B., Krawczyk G., Tomanek R., Inkluzywna mobilność w metropoliach, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2020.
- Kos B., Krawczyk G., Mercik A., Tomanek R., Mobilność miejska w czasie pandemii COVID-19, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice 2021.
- Kos-Łabędowicz J., Urbanek A., Korzystanie z płatności bezgotówkowych w miejskim transporcie zbiorowym przez młodych konsumentów w świetle badań ankietowych, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach” 2017, nr 316, s. 123-135, <https://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.cejsh-e7e9cefb-532d-4ede-a112-3f104c6b2bf1>

- Koszlajda T., Estymacja projektów informatycznych, Instytut Informatyki Politechniki Poznańskiej, referat z 7 Konferencji PLOUG, Zakopane 2001, <https://www.scribd.com/document/505989771/Koszlajda-A-Zarza-dzanie-projektami-IT-przewodnik-po-metodykach> (dostęp: 21.02.2012).
- Koźlak A., *Ekonomika transportu. Teoria i praktyka gospodarcza*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010.
- Koźlak A., *Gospodarcze, społeczne i ekologiczne skutki kongestii transportowej [w:] Polityka ekonomiczna*, pod red. J. Sokołowskiego i A. Żabińskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2015.
- Koźlak A., *Mobility-as-a-Service jako postępowanie w integracji transportu*, „Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG” 2020, nr 23(5), s. 7-17, [https://www.ejournals.eu/PKGKPTG/2020/23\(5\)/art/18648/](https://www.ejournals.eu/PKGKPTG/2020/23(5)/art/18648/)
- Krukowski P., *Warszawska Karta Miejska na tle innych systemów karty miejskiej i biletu elektronicznego w Polsce. Prezentacja*, Biuro Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m.st. Warszawy, Warszawa 2008.
- Kucharski R., *Przegląd możliwych technologii ITS dla transportu zbiorowego*, IV Polski Kongres ITS, Warszawa 2017.
- Kuksov I., *Reklamy ukierunkowane offline*, Kaspersky Daily, <https://plblog.kaspersky.com/offline-tracking-ads/6877/> (dostęp: 22.05.2021).
- Lalik E., *O co chodzi z tymi Beaconami? To kolejna rewolucja technologiczna czy następny niewypał?* 2014, <http://www.spidersweb.pl/2014/01/beacon.html> (dostęp: 19.7.2021).
- Lech P., *Metodyka ekonomicznej oceny przedsięwzięć informatycznych wspomagających zarządzanie organizacją*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2007.
- Laine A., Lampikoski T., Rautiainen T., Bröckl M., Bang Ch., Stokkendal Poulsen N., Kofoed-Wiuff A., *Mobility as a Service and Greener Transportation Systems in a Nordic Context*, Report „Mobility as a Service”, Nordic Council of Ministers, ThemaNord, Copenhagen 2018, <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1267951/FULLTEXT01.pdf> (dostęp: 21.08.2021).
- Laurisz M., *Wydajemy coraz więcej, wymieniamy coraz częściej! Digital Care przedstawiło wyniki badania „Smart Barometr, czyli Polacy i ich smartfony” dotyczące korzystania ze smartfonów w Polsce, 2020*, <https://itreseller.com.pl/wydajemy-coraz-wiecej-wymieniamy-coraz-czesciej-digital-care-przedstawilo-wyniki-badania-smart-barometr-czyli-polacy-i-ich-smartfony-dotyczacego-korzystania-ze-smartfonow-w-polsce/> (dostęp: 20.07.2021).
- Lengvenis P., Simutis R., Vaitkus V., Maskeliunas R., *Application of Computer vision systems for passenger counting in public transport*, „Elektronika ir Elektrotechnika” 2013, Vol. 19, No. 3, s. 69-72, <https://eejournal.ktu.lt/index.php/elt/article/view/1232>
- Leśko M., Guzik J., *Sterowanie ruchem drogowym, sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.

- Lilpop Z., Sidorenko A., Waltz A., Prognozowanie ruchu miejskiego, Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa 1983.
- Liu Y., Liu M., Automatic Recognition Algorithm of Quick Response Code Based on Embedded System [w:] Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (IS DA '06), IEEE, 2006, s. 783-788, <https://ieeexplore.ieee.org/document/4021764>
- Łukasik Z., Kusmińska-Fijałkowska A., Żurek-Mortka M., Możliwości wykorzystania czujników ruchu w transporcie, „Autobusy” 2016, R. 17, nr 12/2016., s. 684-688, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-2bc2b5f0-c1cb-4dc4-9fd1-a7ae4db31e31?q=bwmeta1.element.baztech-544b6d3a-f548-458a-a1df-2aaea2957afe;124&qt=CHILDREN-STATELESS>
- Makiela Z.J., Stuss M.M., Mucha-Kuś K., Kinelski G., Budziński M., Michałek J., Smart City 4.0: Sustainable Urban Development in the Metropolis GZM. “Sustainability” 2022, Vol. 14, Issue 6, 3516, <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3516>
- Metropolitan Travel Forecasting: Current Practice and Future Direction, Special Report 288, Committee for Determination of the State of the Practice in Metropolitan Area Travel Forecasting, Transportation Research Board, Washington, D.C. 2007, <https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr288.pdf>
- Mikowska M., Polska. Jest. Mobi 2015, Trzecia edycja raportu „Marketing mobilny w Polsce” w nowej formule, TNS, https://branden.biz/wp-content/uploads/2016/11/POLSKA_JEST_MOBI_2015.pdf (dostęp: 27.06.2016).
- Mintzberg H., An emerging strategy of “direct” research, “Administrative Science Quarterly” 1979, Vol. 24, No. 4, s. 582-589, <https://www.jstor.org/stable/2392364>
- Metzger M.J., Communication Privacy Management in Electronic Commerce, “Journal of Computer-Mediated Communication” 2007, Vol. 12, s. 335-361, <https://academic.oup.com/jcmc/article/12/2/335/4582963?login=true>
- Moser I., McCarthy C., Jayaraman P.P., Ghaderi H., Dia H., Li R., Simmons M., Mehmood U., Tan A.M., Weizman Y., Yavari A., Georgakopoulos D., Fuss F.K., A Methodology for Empirically Evaluating Passenger Counting Technologies in Public Transport, Australasian Transport Research Forum 2019 Proceedings, 30 September – 2 October, Canberra, Australia, https://australasiantransportresearchforum.org.au/wp-content/uploads/2022/03/ATRF2019_resubmission_48.pdf
- Muraszkiewicz M., Ku nowej utopii, ku inteligentnym miastom [w:] Smart city. Informacja przestrzenna w zarządzaniu inteligentnym miastem, pod red. G. Gotliba i R. Olszewskiego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016, s. 14-28.
- Nam T., Pardo T.A., Smart City as Urban Innovation: Focusing on Management, Policy, and Context [w:] 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance, Tallinn 2011, s. 185-194, https://www.ctg.albany.edu/media/pubs/pdfs/icegov_2011_smartcity.pdf
- Nasir A.S.A., Gharib N.K.A., Jaafar H., Automatic Passenger Counting System Using Image Processing Based on Skin Colour Detection Approach, 2018 International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications (ICASSDA), Kuching 2018, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8477628>

- Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, Jaspers – Joint Assistance to Support Projects in European Regions, Nowa edycja, sierpień 2015, <https://rpo.opolskie.pl/wp-content/uploads/2015/04/Niebieska-Ksi%C4%99ga-Sektor-Transportu-Publicznego1.pdf>
- Niedzielski P., Polityka innowacyjna w transporcie, Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2003.
- Nowak A., Nikt nie pomyli App Store z Appstore? A może jednak..., 2013, <https://komorkomania.pl/4740,nikt-nie-pomyli-app-store-z-appstore-a-może-jednak> (dostęp: 30.07.2021).
- Paprocki W., Wolański M., Transformacja cyfrowa mobilności aglomeracyjnej a ewolucja usług komunikacji miejskiej [w:] Przemiany na rynku pasażerskich usług transportowych, praca pod red. K. Hebel i D. Tłoczyńskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2021, s. 117.
- Paprocki W., Elektromobilność: program wieloletni czy koncepcyjna utopia [w:] Elektromobilność w Polsce na tle tendencji europejskich i globalnych, pod red. J. Gajewskiego, W. Paprockiego i J. Pieriegud, Europejski Kongres Finansowy, Centrum Myśli Strategicznych, CeDeWu, Warszawa 2019, https://fundacjacms.pl/wp-content/uploads/2019/08/elektromob_internet.pdf
- Pawłowska B., Koszty zewnętrzne transportu w Polsce, „Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska” 2018, nr vol. 27, nr 1, <http://iks.pn.sggw.pl/PN79/A4/art4.pdf>
- Perenc J., Problemy budowy zintegrowanego systemu kierowania transportem. „Automatyka Kolejowa” 1978, nr 3, s. 94-96.
- Perenc J., Uwarunkowania realizacji komputerowego systemu kierowania przewozami, „Automatyka Kolejowa” 1978, nr 4, s. 124-128.
- Perenc J., Szyjewski Z., Doświadczenia z projektowania informatycznego systemu zarządzania wspólnym parkiem wagonów, materiały na konferencję INTRA-78, Szczecin–Kołobrzeg 1978.
- Perenc J., Szyjewski Z., Problemy projektowania i programowania informatycznego systemu zarządzania wagonami, „Automatyka Kolejowa” 1980, nr 1, s. 29-32.
- Petronio S., Child J.T., Conceptualization and Operationalization: Utility of Communication Privacy Management Theory. “Current Opinion in Psychology” 2020, Vol. 31, s. 76-82. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352250X19301320?via%3Dihub>
- Piecha J., Systemy informatyczne transportu – badania, inżynieria, kształcenie, „ITS Przegląd” luty 2009, nr 5, s. 49-52, <https://bibliotekanauki.pl/articles/193780>
- Pieriegud J., Aglomeracje przyszłości: koncepcje i wyzwania w erze cyfrowej [w:] Mobilność w aglomeracjach przyszłości, praca pod red. J. Gajewskiego, W. Paprockiego i J. Pieriegud, Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego, Sopot 2018.
- Podstawy informatyki w transporcie, pod red. T. Wierzbickiego, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1975.

- Polacy a smartfony. Poznaj statystyki! Ciekawostki, 2021, <https://trybawaryjny.pl/polacy-smartfony-statystyki/> (dostęp: 20.07.2021).
- Poliak M., Semanova Š., Poliakova A., Risk Allocation in Transport Public Service Contracts, "Ekonomski Pregled" 2015, Vol. 66, Issue 4, s. 384-403, <https://hrca.srce.hr/file/217461>
- ps, Microsoft chce zrezygnować z marki Lumia, koniec sprzedaży telefonów w grudniu 2016 roku, 2016, <https://www.wirtualnemedi.pl/artykul/microsoft-chce-zrezygnowac-z-marki-lumia-koniec-sprzedazy-telefonow-w-grudniu-2016-roku> (dostęp: 20.07.2021).
- Ratalewska M., Rozwój rynku aplikacji mobilnych, Prace Naukowe, nr 487, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2017.
- Rozmowa redaktora naczelnego Przeglądu Organizacji Stanisława Brzezińskiego z prof. dr hab. Zdzisławem Szyjewskim, przewodniczącym Rady Naukowej Polskiego Towarzystwa Informatycznego, „Przegląd Organizacji” 2015, nr 6, <https://przegladorganizacji.pl/wywiad/po-2015-06>
- Sansweet J., Introducing the QR Code: The Reality & the Magic, Proof-readNZ, New Zealand 2011.
- Shah S., Corley K., Building Better Theories by Bridging the Qualitative-Quantitative Divide. „Journal of Management Studies” 2006, Vol. 43, Issue 8, s. 1821-1835. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-6486.2006.00662.x>
- Shaheen S.A., Cohen A.P., Roberts J.D., Carsharing in North America: Market Growth, Current Developments, and Future Potential, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board” 2004, Vol. 1986, Issue 1, s. 116-124, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198106198600115>
- Segrave K., Vending Machines. An American Social History, McFarland & Company, Jefferson, North Carolina – London 2002.
- Siebert M., Ellenberger D., Validation of Automatic Passenger Counting: Introducing the t-Test-Induced Equivalence Test, “Transportation” 2020, Vol. 47, s. 3031-3045, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-019-09991-9>
- Siemaszko W., Szeszycki B., Perenc J., Popiak M., Górecka G., Winiarska J., Szyjewski Z., Projekt techniczny podsystemu analizy i statystyki zarządzania wagonami OPW, Instytut Rachunku Ekonomicznego, Szczecin 1977.
- Siergiejczyk M., Korczak D., Rosiński A., Wspomaganie informatyczne funkcjonowania systemów monitoringu wizyjnego w kolejowych obiektach transportowych, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej” 2016, z. 113, Warszawa 2016, s. 421-429.
- Siergiejczyk M., Rosiński A., Alternatywne wykorzystanie systemów monitoringu wizyjnego w obiektach transportowych, „Logistyka” 2012, nr 3, s. 1985-1989.
- Sierpińska M., Jachna T., Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.
- Signor L., Karjalainen P., Kamargianni M., Matyas M., Pagoni I., Stefanelli T., Galli G., Malgieri P., Bousse Y., Mizaras V., Aifadopoulou G., Hoadley S., De Roeck M.,

- Kishchenko K., Geier T., Mobility as a Service (MaaS) and Sustainable Urban Mobility Planning, ERTICO – ITS Europe, European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans, Brussels 2019, https://www.eltis.org/sites/default/files/mobility_as_a_service_maas_and_sustainable_urban_mobility_planning.pdf (dostęp: 21.08.2021).
- Siwek K., Wybrane zagadnienia budowy modeli popytu w Wielkiej Brytanii, „Transport Miejski i Regionalny” 2016, nr 8, s. 3-13, <https://bibliotekanauki.pl/articles/193756>
- Skiba C., Bilety na transport miejski z kodem QR? Zmiany od przyszłego roku, 2020, <https://www.rdc.pl/informacje/bilety-na-transport-miejski-z-kodem-qr-zmiany-od-2021/> (dostęp: 20.07.2021).
- Sobolewska S., Aplikacje mobilne w procesie przepływu informacji między przedsiębiorstwem a klientem, „Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych” 2017, nr 44: Uwarunkowania funkcjonowania gospodarki cyfrowej, s. 99-109, <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171496346>
- Spoleczeństwo informacyjne w Polsce w 2020 roku. Analizy statystyczne, pod kier. M. Wegner, Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Szczecinie, Warszawa, Szczecin 2020, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-w-2020-roku,1,14.html> (dostęp: 20.07.2021).
- Suchorzewski W., Brzeziński A., Waltz A., Modelowanie i prognozowanie ruchu – od liczydła do Big Date, „Transport Miejski i Regionalne” 2020, nr 12, s. 5-11, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-35540d04-7b57-40ee-9a79-451898c06c68>
- Suda J., Innowacyjne zarządzanie miejskim transportem publicznym, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport” 2017, z. 118, s. 265-276.
- Suda J., Lenartowicz J., Zarządzanie flotą pojazdów miejskiego transportu publicznego, „Transport Miejski i Regionalny” 2018, nr 11, s. 24-29, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-12e646b3-1aa7-4c92-a7c8-538b6c271e0c>
- Suda J., Operatywne zarządzanie miejskim transportem publicznym na przykładzie MZA Warszawa, „Transport Miejski i Regionalny” 2017, nr 12, s. 21-26, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-58766b1e-3584-4f19-a90c-13eaa8b68672>
- Szarata A., Modelowanie ruchu i układu transportowego cz. I, rozmowę przeprowadziła A. Serbeńska, 2011, <https://edroga.pl/drogi-i-mosty/modelowanie-ruchu-i-ukladu-transportowego-cz-i-12074274> (dostęp: 28.05.2021).
- Szarata A., Modelowanie ruchu i układu transportowego cz. II, rozmowę przeprowadziła A. Serbeńska, 2011, <https://edroga.pl/drogi-i-mosty/modelowanie-ruchu-i-ukladu-transportowego-cz-ii-13074280> (dostęp: 28.05.2021).
- Szarata A., Wpływ zmian w strukturze przestrzennej na parametry 4-stadiowego modelu transportowego miasta, „Architektura, Czasopismo Techniczne” 2010, R. 107, z. 1-A, s. 249-261.
- Szołtysek J., Logistyczne aspekty zarządzania przepływami osób i ładunków w miastach, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2009.

- Szulc W., Rosiński A., Monitoring wizyjny o nadzorze informatycznym dla rozległych obiektów transportowych, „Logistyka” 2011, nr 3, s. 3681-3686.
- Szyjewski G., Wykorzystanie dwuwymiarowych kodów QR (Quick Response) w procedurach automatyzacji, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług”, nr 781(106), s. 77-87, <http://bazekon.icm.edu.pl/bazekon/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171260337>
- Szymańska D., Korolko M., Inteligentne miasta – idea, koncepcje i wdrożenia. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2015.
- The Online BRT Planning Guide, 13.2BRT Operating Contract Types, Institute for Transportation & Development Policy, <https://brtguide.itdp.org/branch/master/guide/business-structure/brt-operating-contract-types> (dostęp: 27.01.2023).
- The Use of Transport Models in Transport Planning and Project Appraisal, JASPERS Appraisal Guidance (Transport), August 2014, <https://jaspers.eib.org/LibraryNP/JASPERS%20Working%20Papers/The%20Use%20of%20Transport%20Models%20in%20Transport%20Planning%20and%20Project%20Appraisal.pdf> (dostęp: 21.01.2021).
- Tomanek R., Integracja komunikacji miejskiej – od porozumienia taryfowego do zarządu transportu, „Transport Miejski” 1996, nr 10, s. 14-18.
- Tomanek R., Konkurencyjność transportu miejskiego, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2002.
- Transport miejski. Ekonomika i organizacja, pod red. O. Wyszomirskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2007.
- Trwałość banknotów i monet jest ograniczona, 2020, <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Trwalosc-banknotow-i-monet-jest-ograniczona-7821688.html> (dostęp: 14.07.2021).
- Urbanek A., Fare-Free Public Transport vs. Private Cars. Zero Fares as an Instrument of Impact on Public Transport Mode Share? [w:] TranSopot Conference. Transport Development Challenges in the 21st Century, ed. by M. Suchanek, Springer, Heidelberg 2021, s. 215-225, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-50010-8_19
- Urbanek A., Potential of Modal Shift from Private Cars to Public Transport: A Survey on the Commuters' Attitudes and Willingness to Switch – A Case Study of Silesia Province, Poland, “Research in Transportation Economics” 2021, Vol. 85, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0739885920302067?via%3Dihub>
- Urbanek A., Public Transport Fares as an Instrument of Impact on The Travel Behaviour. An Empirical Analysis of the Price Elasticity of Demand [w:] Challenges of Urban Mobility, Transport Companies and Systems. 2018 TranSopot Conference, ed. by M. Suchanek, Springer, Heidelberg 2018, <https://www.springerprofessional.de/en/public-transport-fares-as-an-instrument-of-impact-on-the-travel-/16733828>
- Uryniuk J., JustTravel. Ta aplikacja odmieni podróż komunikacją miejską. Jest jednak jedno „ale”, 2016, <https://www.cashless.pl/1349-justtravel-ta-aplikacja-odmieni-podroz-komunikacja-miejska-jest-jednak-jedno-ale> (dostęp: 20.07.2021).

- UTU, Beacons na gdyńskich przystankach ZKM, 2017, <https://www.mobilnagdynia.pl/transport-publiczny/429-beacons-na-gdynskich-przystankach-zkm> (dostęp: 20.07.2021).
- Vijayakumar N., Mehendiratta G., Role of ICT in Sustainable Transportation – Focus on Reducing Traffic Congestion, Master's (one year) Thesis in Informatics, University of Borås 2010, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1312377/FULLTEXT01.pdf>
- Velde D. van de, Beck A., Elburg J.-C. van, Terschüren K.-H., Contracting in urban public transport, European Commission – DG TREN, January 2008, <https://civcity.de/en/publications/contracting-in-urban-public-transport/>
- Walters J., Potential Cost Implications of Contracting Risks – the View of Bus Operators in South Africa, "Research in Transportation Economics" 2018, Vol. 69(C), s. 235-244, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0739885917302044?via%3Dihub>
- Weiner E., Urban Transportation Planning in the United States: An Historical Overview, Report, Fifth Edition, Department of Transportation, Washington, D.C. 1997, <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/42349>
- Witkowski J., Modelowanie logistyki miejskiej. W poszukiwaniu nadrzędnego celu i kryteriów oceny modelu, Strategie i logistyka w sektorze usług: logistyka w nietypowych zastosowaniach, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 234, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2011.
- Witkowski J., Rodawski B., Kołakowski T., Uproszczona metoda diagnozowania popytu i jakości transportu zbiorowego w dużych aglomeracjach, „Transport Miejski i Regionalny” 2011, nr 2, s. 17-20, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPS6-0001-0093>
- World Urbanization Prospects 2014, Demographic Yearbook 2014.
- Wolszczan J., Zastosowania teorii masowej obsługi w transporcie samochodowym, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1970.
- Wymagania dla podmiotów zainteresowanych sprzedażą biletów komunikacji miejskiej w Warszawie za pośrednictwem telefonów komórkowych, Witryna internetowa Zarządu Transportu Miejskiego w Warszawie, <https://www.ztm.waw.pl/wspolpracasprzedaz-biletow/wymagania-dla-podmiotow-zainteresowanych-sprzedaza-biletow-komunikacji-miejskiej-w-warszawie-za-posrednictwem-telefonow-komorkowych/> (dostęp: 14.07.2022).
- Wyraz E., Lorenc A.K., Systemy pomiaru napełnienia pojazdów komunikacji miejskiej – przegląd współczesnych rozwiązań, „Logistyka” 2015, nr 3, s. 4963-4970, CD 1.
- Wyszomirski O., Zrównoważony rozwój transportu w miastach a jakość życia, „Transport Miejski i Regionalny” 2017, nr 12, 27-32, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-496f6e5e-e090-4279-a330-ead58b50df31>
- Young H.P., Sprawiedliwy podział, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2003.

Zawieska J., Smart cities – koncepcja i trendy rozwoju miast przyszłości [w:] Megatrendy i ich wpływ na rozwój sektorów infrastrukturalnych, pod red. J. Gajewskiego, W. Paprockiego, J. Pierieguda, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową – Gdańska Akademia Bankowa, Gdańsk 2015, s. 26-55, https://www.researchgate.net/profile/Jana-Pieriegud/publication/329544373_Megatrendy_i_ich_wplyw_na_rozwoj_sektorow_infrastrukturalnych/links/5c0ee83192851c39ebe43a33/Megatrendy-i-ich-wplyw-na-rozwoj-sektorow-infrastrukturalnych.pdf#page=27

Ziembicki M., Pyza D., System zarządzania ruchem pojazdów ułatwiający zarządzanie taborem w aglomeracji miejskiej, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport” 2017, z. 118, s. 413-421.

Zintegrowane systemy informatyczne w zarządzaniu, pod red. C.M. Olszak i H. Sroki, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2001.

Witryny internetowe

<http://home.ezlink.com.sg> (dostęp: 20.08.2017).

<http://www.octopus.com.hk> (dostęp: 20.08.2017).

<http://www.taran.com.pl/> (dostęp: 20.05.2021).

<http://www.ztm.waw.pl/?c=557> (dostęp: 27.04.2023).

<https://dpkssystem.pl/> (dostęp: 20.05.2021).

<https://eng.t-money.co.kr/> (dostęp: 20.08.2017).

<https://genesismobo.com/> (dostęp: 20.06.2021).

<https://geoforum.pl/gnss/glonass> (dostęp: 16.07.2021).

<https://oyster.tfl.gov.uk/> (dostęp: 20.08.2017).

<https://satkurier.pl/news/199764/komisja-europejska-zamawia-12-satelitow-nawigacyjnych-galileo.html>

<https://saturnsoftware2.co.uk/> (dostęp: 28.05.2021).

<https://trapezegroup.pl/> (dostęp: 28.05.2021).

<https://um.wrotatczewa.pl/tczew-karta-miejska> (dostęp: 20.10.2017).

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/World_Wide_Smartphone_Sales_Share.png (dostęp: 20.01.2021).

<https://www.agc.pl/> (dostęp: 20.05.2021).

<https://www.aimsun.com/> (dostęp: 28.05.2021).

<https://www.bentley.com/en/products/brands/cube> (dostęp: 28.05.2021).

<https://www.caliper.com/transmodeler/default.htm> (dostęp: 28.05.2021).

<https://www.focus.pl/artykul/beatony-juz-wkrotce-w-warszawskich-urzedach> (dostęp: 20.7.2021).

<https://www.gmv.com/pl-pl/sektory/inteligentne-systemy-transportowe> (dostęp: 28.05.2021).

<https://www.inrosoftware.com/en/products/emme/> (dostęp: 28.05.2021).

<https://www.iris-sensing.com/pl/produkty/technologie-time-of-flight/> (dostęp: 22.05.2021).

<https://www.kzkgop.com.pl> (dostęp: 20.10.2017).

<https://www.mpk.krakow.pl/> (dostęp: 20.10.2017).

<https://www.peka.poznan.pl> (dostęp: 20.10.2017).

<https://www.ptvgroup.com> (dostęp: 28.05.2021).

<https://www.ptvgroup.com/pl/rozwiazania/produkty/ptv-visum/> (dostęp: 28.05.2021).

<https://www.qrcode.com/en/about/version.html> (dostęp: 15.03.2022.)

<https://www.saturnsoftware.co.uk/saturn/manual/index.html#!Modules/31/11thefunctionofsaturn.htm> (dostęp: 28.05.2021).

<https://www.urbancard.pl/> (dostęp: 27.04.2023).

<https://www.wasko.pl/dyspozytornia/> (dostęp: 20.05.2021).

https://www.transeko.pl/publik/Modelowanie_ruchu.pdf (dostęp: 27.04.2023).

<https://klient.ibcs.pl/aktualnosci/id/56/RFID-kontra-NFC.-Co-bylo-pierwsze-a-co-jest-lepsze.html> (dostęp: 17.07.2021).

Regulacje prawne

Ustawa z dnia 9 września 2000 roku o podatku od czynności cywilnoprawnych, Dz. U. z 2005 roku, Nr 41, poz. 399 z późn. zm.

Ustawa z dnia 12 września 2002 roku o elektronicznych instrumentach płatniczych, Dz. U. z 2012 roku, poz. 1232 – Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 13 września 2012 w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy z dnia 12 września 2002 o elektronicznych instrumentach płatniczych, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20120001232>

Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 o usługach płatniczych, t.j. Dz. U. z 2020 roku, poz. 794, 1639, z 2021 roku, poz. 355.

Ustawa z dnia 21 marca 1985 roku o drogach publicznych, t.j. Dz. U. z 2022 roku poz. 1693, 1768, 1783, 2185.

Ustawa z dnia 8 marca 1990 roku o samorządzie gminnym, t.j. Dz. U. z 2023 roku, poz. 40.



Spis rysunków

1. Obszary nowoczesnych rozwiązań i technologii w transporcie	20
2. Sześć podsystemów inteligentnych miast	33
3. Jednostki administracji publicznej z szerokopasmowym dostępem do Internetu poprzez stałe łącze	39
4. Udział procentowy jednostek administracji publicznej posiadających politykę lub strategię udostępniania otwartych danych publicznych w 2019 roku	40
5. Gospodarstwa domowe z szerokopasmowym dostępem do Internetu według stopnia urbanizacji i obszarów Polski w 2020 roku	43
6. Osoby posiadające ogólne umiejętności cyfrowe według ich poziomu i grup wieku w 2020 roku	44
7. Udział sprzedaży smartfonów z różnymi systemami operacyjnymi w latach 2007 do I kwartału 2018	73
8. Zmiany w sposobach wnoszenia płatności za usługi transportu zbiorowego	80
9. Sposoby płatności – obecna sytuacja oraz w modelu mobilności jako usługi (MaaS)	89
10. Etapy czterostopniowego modelu ruchu	104
11. Etapy opracowywania rozkładów jazdy	129
12. Udział powodów zatrzymań w sumarycznej liczbie zatrzymań	132
13. Sumaryczny czas zatrzymań z podziałem na powód zatrzymania	133
14. Klasyfikacja metod oceny przedsięwzięć inwestycyjnych	157
15. Decyzje w zależności od różnych wartości zaktualizowanej netto (NPV) oraz ekonomicznej wartości zaktualizowanej netto (ENPV)	159



Spis tabel

1. Udział ludności wiejskiej i miejskiej w ogólnym zaludnieniu świata	35
2. Liczba miast i aglomeracji ≥ 1 mln osób na świecie	36
3. Gospodarstwa domowe posiadające dostęp do Internetu w domu.....	41
4. Gospodarstwa domowe posiadające szerokopasmowy dostęp do Internetu w domu	42
5. Podstawowe zalety i wady tzw. umów hybrydowych, tj. z elementami motywacji	49
6. Alokacja ryzyka pomiędzy organizatorem i operatorem w umowach hybrydowych	51
7. Przykłady największych w świecie systemów elektronicznego poboru opłat w transporcie zbiorowym	62
8. Systemy biletu elektronicznego u największych organizatorów miejskiego transportu zbiorowego w Polsce	63
9. Przykłady elektronicznych systemów poboru opłat opartych o dynamiczne naliczanie opłat	67
10. Porównanie wybranych elementów taryf w systemach kart miejskich wdrożonych przez wybranych organizatorów publicznego transportu zbiorowego w Polsce	68
11. Zachowanie użytkowników wobec aplikacji (w %)	74

Systemy informatyczne są obecnie powszechnie wykorzystywane w organizacji miejskiego transportu zbiorowego, umożliwiają zmiany jakościowe w transporcie oraz wspierają prowadzenie polityki zrównoważonego rozwoju transportu miejskiego i tym samym miast. Pomimo znacznego dorobku informatyki ekonomicznej, odczuwa się niedostatek badań i publikacji w zakresie informatyzacji procesów miejskiego transportu oraz zmian, które są możliwe do wdrożenia w wyniku postępującej cyfryzacji. W publikacji przedstawiono kluczowe rozwiązania informatyczne w miejskim transporcie zbiorowym, zasady ocen efektywności tego typu przedsięwzięć oraz wskazano nie tylko, jak mogą i jak przyczyniają się do poprawy konkurencyjności tego sektora usług, ale również jak mogą zmienić się realizowane procesy i modele rozwiązań. Pozwoli to na usystematyzowanie procesów zmian zachodzących w transporcie miejskim, wskazanie kierunków dalszych wdrożeń systemów informatycznych oraz – co ma wymiar nie tylko poznawczy, ale też pragmatyczny – odpowiednie kształtowanie w praktyce procesów zmian związanych z nowymi technologiami i wdrażanie rozwiązań korzystnych dla podmiotów sektora transportu zbiorowego, ale również z punktu widzenia jakości życia oraz samego rozwoju miast.

dr hab. Grzegorz Dydkowski – ekonomista, zatrudniony w Katedrze Transportu Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach. Autor kilkuset publikacji dotyczących transportu zbiorowego, mobilności i logistyki miejskiej oraz wykorzystania systemów informatycznych w transporcie i logistyce. Posiada wieloletnie doświadczenie praktyczne na samodzielnych i kierowniczych stanowiskach w biurach planowania systemów transportowych miast oraz w podmiocie zarządzającym miejskim transportem zbiorowym.

ISBN 978-83-7875-844-0



Uniwersytet
Ekonomiczny
w Katowicach