

JAN ALEKSANDROWICZ

mgr inż., Politechnika Krakowska,
Wydział Inżynierii Lądowej, Katedra Systemów Transportowych,
31-155 Kraków, ul. Warszawska
24, e-mail: jaleksandrowicz@pk.edu.pl

Informowanie pasażerów o wolnych miejscach w pojazdach miejskiego transportu zbiorowego z wykorzystaniem automatycznych systemów zliczania pasażerów¹

Streszczenie: Artykuł stanowi podsumowanie prowadzonych pod koniec 2018 roku badań będących kontynuacją pomiarów weryfikujących poprawność zbieranych danych przez automatyczny system zliczania pasażerów, wykorzystywany przez MPK SA w Krakowie. Dodatkowo artykuł stanowi wstęp do rozważań na temat projektu aplikacji dla pasażerów prezentującej aktualną lub prognozowaną liczbę pasażerów w każdym pojeździe miejskiego transportu zbiorowego. Artykuł został podzielony na trzy części. W pierwszej zaprezentowano wyniki wcześniejszych badań oraz aktualnego stanu wiedzy na temat automatycznych systemów zliczania pasażerów. Przypomniano w niej najważniejsze wyniki prowadzonych wcześniej analiz, w tym niskiej zgodności pomiarów dla autobusów przegubowych. Druga część prezentuje aktualne wyniki pomiarów będących kontynuacją badań prowadzonych od 2017 roku. Badania wykazały, że naprawa systemu znacząco wpłynęła na zwiększenie zgodności zbieranych danych. Dodatkowo wykazano, że średnie liczby pasażerów w autobusach uzyskiwane w pomiarach automatycznych są bardzo zbliżone do danych rzeczywistych. W trzeciej części przedstawione zostały wnioski z całości badań oraz opisano szerszą koncepcję modułu prezentowania danych o liczbie pasażerów w pojazdach, w ramach jednej z funkcjonujących na rynku aplikacji mobilnych. W końcowej części artykułu zaprezentowano wnioski i plan dalszych badań związanych z wykorzystaniem danych z automatycznego systemu zliczania pasażerów.

Słowa kluczowe: automatyczny system zliczania pasażerów, prognozowanie, liczba pasażerów w autobusach, aplikacje mobilne w transporcie zbiorowym.

Wprowadzenie

Wymiana floty pojazdów miejskiego transportu zbiorowego na nowocześniejszą, modernizacja istniejących pojazdów i doposażanie ich w nowoczesne systemy umożliwiają rozwijanie różnych narzędzi przeznaczonych dla pasażerów. Wśród nich warto wymienić przystankowe tablice zmiennej treści i aplikacje mobilne:

- prezentujące aktualne rozkłady jazdy i plany podróży (m.in.: Jak Dojadę, mobileMPK),
- prezentujące aktualną lokalizację pojazdów (m.in.: Kraków Pod Ręką, BusLive),
- umożliwiające zakup biletów (m.in. MPay, moBilet),
- informujące o opóźnieniach pojazdów (m.in. mobileMPK, myBus),
- informujące o utrudnieniach w ruchu, remontach i czasowych objazdach (m.in.: Przystanek, Mapy Google Go) [1, 2].

Szeroki wachlarz aplikacji umożliwia pasażerom dostęp prawie do wszystkich informacji na temat miejskiego i aglomeracyjnego transportu zbiorowego. Ostatnim nierozpowszechnionym w aplikacjach zagadnieniem jest informacja na temat zatłoczenia w pojazdach. Informacje na temat wolnych miejsc można uzyskać w transportach kolejowym, lotniczym i drogowym międzymiastowym, ale opiera się ona głównie na informacji o liczbie sprzedanych biletów. W przypadku pojazdów, gdzie bilety można kupować bezpośrednio w pojazdach, jak choćby w miejskim transporcie zbiorowym, informacja na temat aktualnej liczby pasażerów nie istnieje lub jest trudno dostępna.

Rozwiązaniem problemu braku danych dotyczących aktualnej liczby pasażerów mogą być automatyczne systemy zliczania pasażerów. Wdrażane od kilku lat przez różnych przewoźników w Polsce. W zależności od wykorzystywanej technologii dają różne możliwości wykorzystania i przetwarzania danych. Przyjmując bezproblemowy dostęp do szybkiej transmisji danych, możliwe jest wykorzystywanie danych w czasie rzeczywistym. Problemem, jaki się pojawia, jest zbyt mała liczba pojazdów wyposażonych w systemy automatycznego zliczania pasażerów. Montaż systemu nie jest standardem, dlatego staje się elementem, za który trzeba dodatkowo zapłacić. Na tę możliwość decyduje się niewiele polskich przewoźników.

Dodatkowym mankamentem systemów automatycznego zliczania pasażerów jest rzadko określana poprawność zbieranych danych. W literaturze powtarzane są dane prezentowane przez producentów określające zgodność zbieranych danych z rzeczywistością na poziomie 95%–98% [3]. Badania przedstawione w [4] pokazują, że tak wysoka zgodność nie ma poparcia w praktyce. Jednym z celów niniejszego artykułu jest zaprezentowanie wyników dalszych analiz zapoczątkowanych badaniami opisanymi w [4].

Pomiary kontrolne – część 1

Pod koniec roku 2017 przeprowadzane były w Krakowie pomiary weryfikujące dane na temat liczby pasażerów zbierane przez automatyczny system zliczania pasażerów [5]. Na potrzeby niniejszego artykułu zostaną zaprezentowane najważniejsze wyniki badań i wnioski z analiz [4]. Pomiary wykonywano zarówno w autobusach przegubowych, jak i standardowych 12-metrowych w godzinach szczytu porannego (od godziny 6:00 do 10:00). W tym samym czasie na wybranych liniach: 139 (autobusy przegubowe) i 124/424 (autobusy standardowe) kursowały autobusy

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2019.

wyposażone w bramki zliczające liczbę pasażerów wsiadających i wysiadających z pojazdu.

Obserwatorzy odnotowali prawie 2000 obserwacji. Aby uzyskać możliwie najwyższą dokładność pomiarów po stronie obserwatorów w autobusach przegubowych, pomiary wykonywały trzy osoby, a w standardowych dwie. Zebrane dane po stronie obserwatorów i przewoźnika wprowadzono do wspólnych arkuszy kalkulacyjnych, co umożliwiło przeanalizowanie wszystkich wyników pomiarów. W tabeli 1 zaprezentowano zgodność danych, jaką uzyskano podczas pomiarów w roku 2017.

Tabela 1

Zgodność wykonanych pomiarów			
Zgodność pomiarów		Autobus przegubowy [%]	Autobus standardowy [%]
Zgodność +/- 0 pas.	Wejścia	28,7	59,6
	Wyjścia	31,5	46,8
Zgodność +/- 1 pas.	Wejścia	45,9	83,1
	Wyjścia	46,1	76,5
Zgodność +/- 3 pas.	Wejścia	55,2	94,0
	Wyjścia	56,5	91,3
Zgodność +/- 5 pas.	Wejścia	59,8	97,3
	Wyjścia	60,2	97,3

Źródło: [4]

Niska zgodność pomiarów w autobusach przegubowych związana była z awarią systemu. Dla wielu przystanków uzyskano zerową wartość osób wsiadających i wysiadających, a dla innych kilkukrotnie zawyżoną. Z tego powodu zdecydowano się powtórzyć pomiary po wprowadzeniu wymaganych aktualizacji w oprogramowaniu systemu zliczającego. W przypadku autobusów standardowych uzyskana zgodność uznana została za wystarczającą, aby na podstawie pomiarów z systemu automatycznego prowadzić dalsze analizy.

Pomiary kontrolne – część 2

Dokładnie rok po pierwszej serii pomiarów w autobusach wyposażonych w automatyczny system zliczania pasażerów (ASZP) podjęto się ponownych pomiarów w autobusach przegubowych. Wybór tego typu pojazdów podyktowany był błędami systemu, jakie zostały zauważone podczas pomiarów w roku 2017 [4]. Do pomiarów wybrano linię 129 kursującą pomiędzy Dworcem Głównym Zachód a Dworcem Czyżyny. Podczas wstępnych obserwacji zauważono, że linia charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem liczby pasażerów, zarówno pod względem odcinków międzyprzystankowych, jak i godzin przejazdu. Pomiary z wykorzystaniem systemu automatycznego były prowadzone przez dwa tygodnie. Podczas nich wykonywane były pomiary kontrolne przez obserwatorów. Ze względu na potrzebę uzyskania wysokiej dokładności danych zbieranych przez obserwatorów przyjęto, że na każde drzwi w pojeździe przypadał jeden obserwator. Pozostałe założenia do pomiarów były takie same jak w przypadku prac prowadzonych w roku 2017 [4]. W analizie danych przyjęto, że dane z pomiarów klasycznych są rzeczywistą liczbą pasażerów wsiadających i wysiadających z pojazdu.

Podobnie jak w przypadku wcześniejszych pomiarów wyniki zostały podzielone na wejścia i wyjścia. Rozdzielenie danych umożliwiło sprawdzenie, czy istnieje różnica pomiędzy zgodnością danych w obu grupach. Wyniki analizy zgodności danych zostały przedstawione w tabeli 2.

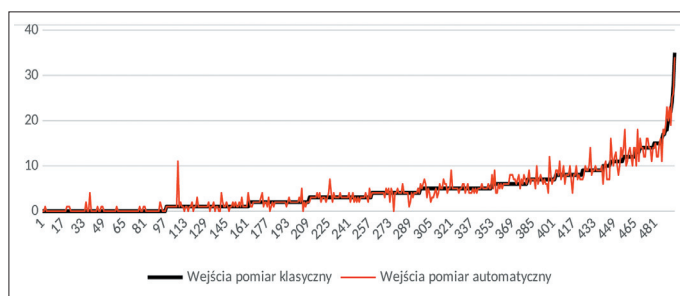
Tabela 2

Zgodność wykonanych pomiarów		
Zgodność pomiarów		Procent zgodności [%]
Zgodność +/- 0 pasażerów	Wejścia	57,1
	Wyjścia	63,1
Zgodność +/- 1 pasażer	Wejścia	84,1
	Wyjścia	85,9
Zgodność +/- 3 pasażerów	Wejścia	97,2
	Wyjścia	96,4
Zgodność +/- 5 pasażerów	Wejścia	99,6
	Wyjścia	99,0

Źródło: opracowanie własne

Porównując wyniki aktualne oraz uzyskane podczas pierwszych pomiarów porównawczych [4], można łatwo zauważyć, że naprawa oprogramowania automatycznego systemu zliczania pasażerów przyniosła skutek i zgodność uzyskiwanych danych się poprawiła.

Podobnie jak za pierwszym razem sprawdzono korelację między danymi z pomiarów klasycznych i automatycznych dla liczby pasażerów wsiadających i wysiadających. Dla wejść uzyskano współczynnik o wartości: 0,96, a dla wyjść: 0,98, co wskazuje na silną korelację pomiędzy wynikami pomiarów prowadzonych przez obserwatorów i system automatyczny. Na rysunkach 1 i 2 zaprezentowano w formie wykresów uszeregowane dane na temat liczby pasażerów wsiadających i wysiadających.



Rys. 1. Porównanie danych z ASZP i z pomiarów – wejścia

Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Porównanie danych z ASZP i z pomiarów – wyjścia

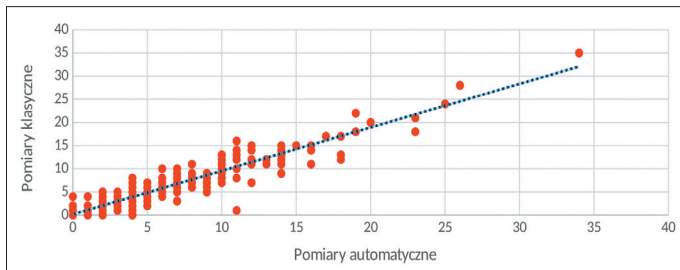
Źródło: opracowanie własne

Dla zebranych danych opracowano także modele regresji liniowej oddzielnie dla wejść i wyjść z pojazdu. Zmienną objaśnianą jest rzeczywista liczba pasażerów wsiadających i wysiadających, a zmienną objaśniającą pomiar liczby pasażerów wsiadających i wysiadających wykonany przez system automatyczny. Uzyskane modele, wraz z wyliczonymi współczynnikami determinacji oraz błędem standardowym zostały przedstawione w tabeli 3.

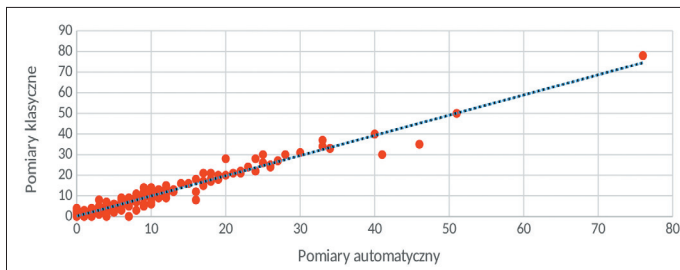
Tabela 3

Modele regresji liniowej					
Typ danych	Model	R ²	Standardowy błąd oceny y	Szacunkowy błąd średni dla b1	Szacunkowy błąd średni dla b2
Wejścia	$y = 0,938x + 0,181$	0,96	1,29	0,012	0,08
Wyjścia	$y = 0,979x + 0,157$	0,96	1,49	0,009	0,075

Wykresy regresji liniowej dla wejść i wyjść zostały zaprezentowane na rysunkach 3 i 4.



Rys. 3. Wykres regresji liniowej dla wejść do autobusu
Źródło: opracowanie własne

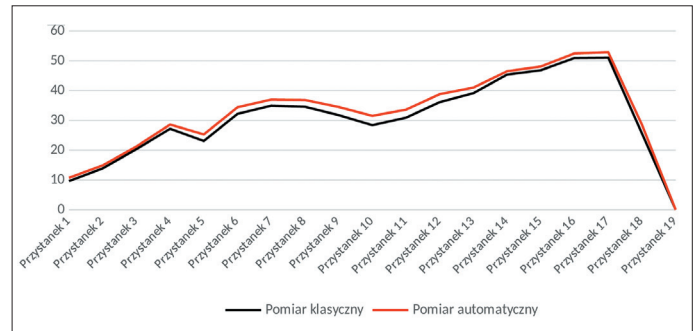


Rys. 4. Wykres regresji liniowej dla wyjść z autobusu
Źródło: opracowanie własne

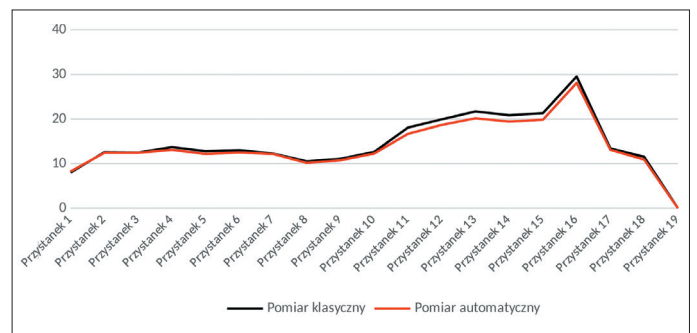
Na podstawie powyższych danych można stwierdzić, że uzyskane modele regresji liniowej są dobrze dopasowane.

Drugi etap analizy zebranych danych polegał na sprawdzeniu, w jaki sposób różnice w liczbie liczonych pasażerów (pomiędzy pomiarami automatycznymi a rzeczywistą liczbą pasażerów) wpływają na uzyskiwane napelnienia po odjeździe z przystanków. Na podstawie wykonanych obliczeń zauważono, że w większości przypadków (94%) liczba pasażerów w pojeździe jest niezgodna z rzeczywistą liczbą pasażerów. Obliczono, że liczba pasażerów w pojeździe określana na podstawie danych z systemu automatycznego średnio różni się o 14% względem pomiarów klasycznych. Odchylenie standardowe wyniosło 19%. Warto jedna zwrócić uwagę na to, że średnie napelnienie dla wszystkich porównywanych kursów było wyższe o 4,8% dla pomiarów automatycznych.

Średnie liczby pasażerów w pojeździe dla kierunku 1 (Czyżyny Dworzec – Dworzec Główny Zachód) zostały przedstawione na rysunku 5, dla kierunku 2 (Dworzec Główny Zachód – Czyżyny Dworzec) na rysunku 6.



Rys. 5. Średnia liczba pasażerów w pojeździe po odjeździe z przystanku, kierunek 1
Źródło: opracowanie własne



Rys. 6. Średnia liczba pasażerów w pojeździe po odjeździe z przystanku, kierunek 2
Źródło: opracowanie własne

Dodatkowo dla powyższych danych obliczono współczynnik korelacji oraz wyznaczono model regresji liniowej. Zmienną objaśnianą w tym wypadku było rzeczywiste napelnienie w pojeździe (reprezentowane przez wyniki pomiarów klasycznych), a zmienną objaśniającą wyniki pomiarów automatycznych. Uzyskane wyniki zaprezentowano w tabeli 4.

Tabela 4

Modele regresji liniowej dla liczby pasażerów w pojeździe					
Współczynnik korelacji	Model	R ²	Standardowy błąd oceny y	Szacunkowy błąd średni dla b1	Szacunkowy błąd średni dla b2
0,937	$y = 0,911x + 1,076$	0,88	5,77	0,016	0,464

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że liczby pasażerów w pojeździe po odjeździe z przystanku dla obu typów pomiaru są ze sobą silnie skorelowane, a uzyskany model regresji liniowej jest dobrze dopasowany.

Podsumowując powyższą analizę, można stwierdzić, że dane na temat liczby pasażerów pozyskiwane w sposób automatyczny mogą mieć zastosowanie do określania popytu w miejskim transporcie autobusowym, co umożliwia wykorzystanie ich do:

- optymalizowania przydziału taboru ze względu na kryterium popytu,
- tworzenia prognoz popytu dla miejskich linii autobusowych,

- tworzenia aplikacji mobilnych informujących o aktualnej lub prognozowanej liczbie pasażerów w poszczególnych pojazdach,
- uwzględnienia w mobilnych planerach podróży miejskim transportem zbiorowym jako dodatkowe kryterium – optymalizowanie trasy przejazdu z kryterium wyboru linii i kursów o najmniejszym zatłoczeniu.

Koncepcje zastosowania danych z systemu automatycznego zliczania pasażerów do informowania pasażerów

Do najszybciej rozwijających się obecnie narzędzi umożliwiających informowanie pasażerów o aktualnym stanie miejskiego transportu zbiorowego można zaliczyć:

- przystankowe tablice zmiennej treści,
- aplikacje mobilne na telefony komórkowe.

Pierwsze z nich umożliwiają wyświetlanie takich informacji jak:

- kolejność zbliżających się do przystanku pojazdów (linia i kierunek),
- czas do przyjazdu kolejnych kilku pojazdów,
- informację na temat przystosowania pojazdu do przewozu osób niepełnosprawnych (pojazd niskopodłogowy),
- informację na temat klimatyzacji w pojeździe,
- utrudnień w ruchu transportu zbiorowego w tym tymczasowych zmianach tras,
- a m.in. w Krakowie, także na temat stanu jakości powietrza w mieście.

Przykład przystankowej tablicy zmiennej treści został zaprezentowany na rysunku 7.

Linia	Przystanek docelowy	Odjazd
194	Krowodrza Górka	22:45
18	Krowodrza Górka	4min
116	Kozienicka	22:50
52	Os. Piastów	9min
244	Wieliczka Kam	23:01
18	Krowodrza Górka	24min
62		42min
o odjazdach autobusów		22:45

Rys. 7.
Krakowska przystankowa tablica zmiennego treści
Źródło: <https://www.facebook.com/PKKInfo>

Do powyższych informacji, jakie mogą być wyświetlane na przystankowych tablicach zmiennej treści, można dodać także informację na temat rzeczywistej lub prognozowanej liczby pasażerów. Podawanie informacji na ten temat wymagałoby dość dużych inwestycji we wdrożenie zintegrowanego automatycznego systemu zliczania pasażerów. Łatwiejszym i tańszym rozwiązaniem w tym wypadku jest informowanie pasażerów o prognozowanym zatłoczeniu. W przypadku podawania prognozy nie wszystkie pojazdy musiałyby być wyposażone w systemy liczące pasażerów. Uzyskanie prognozy na temat popytu wymagałoby ciągłego rotowania pojazdów wyposażonych w system po wszystkich liniach, tak aby zebrane dane umożliwiłyby wykonanie prognozy. Im większy procent floty pojazdów byłby wyposażony w automatyczny system zliczania pasażerów, tym prognoza byłaby dokładniejsza.

Sposób prezentowania danych na temat liczby pasażerów w pojazdach na tablicach mógłby przybrać różną formę. Od wyświetlania procentu wypełnienia nadjeżdżających pojazdów (propozycja na rys. 8), po informację w różnej formie graficznej (np. jak zaprezentowanej w artykule [6] – w formie 4 kolorowych pikseli reprezentujących 4 poziomy wypełnienia pojazdu). Tego typu informacja, podobnie jak te wyżej wymienione, mogłyby realnie wpłynąć na wybór trasy, linii lub konkretnego pojazdu przez pasażerów oczekujących na przystanku.

Linia	Przystanek docelowy	Wypełnienie	Odjazd
501	Chełmońskiego Pętla	80%	1min
179	Kurdwanów	30%	4min
129	Czyżyny Dworzec	70%	6min
105	Prądnik Czerwony	40%	7min
Uwaga zatrzymanie na ulicy Długiej			

Rys. 8.
Propozycja prezentowania danych o liczbie pasażerów na przystankowej tablicy zmiennego treści
Źródło: opracowanie własne

Drugim narzędziem, które należy brać pod uwagę jako sposób informowania pasażerów, są aplikacje mobilne [1]. Obecny poziom ich rozwoju umożliwia informowanie pasażerów o:

- lokalizacji poszczególnych pojazdów w sieci (linia i kierunek);
- czasie do przyjazdu wybranego pojazdu na przystanek;
- aktualnych rozkładów jazdy z uwzględnieniem rzeczywistego czasu opóźnień;
- informację na temat przystosowania pojazdu do przewozu osób niepełnosprawnych (pojazd niskopodłogowy);
- informację na temat klimatyzacji w pojeździe;
- utrudnień w ruchu transportu zbiorowego w tym tymczasowych zmianach tras;
- optymalnej trasie przejazdu, z uwzględnieniem m.in. takich kryteriów jak czas przejazdu, możliwość poruszenia się pojazdami niskopodłogowymi, wygoda przesiadek;
- koszty wybranej trasy przejazdu.

Podobnie jak w przypadku przystankowych tablic zmiennego treści także w aplikacjach mobilnych nie ma informacji na temat liczby pasażerów w pojazdach. Tego typu kryterium przy wyborze trasy mogłoby istotnie wpłynąć na rozkład ruchu pasażerskiego na sieć, jednakże nie można tego jednoznacznie stwierdzić bez przeprowadzenia badań po wprowadzeniu tego typu rozwiązania.

Na podstawie przeglądu obecnie stosowanych aplikacji mobilnych przeznaczonych dla pasażerów miejskiego transportu zbiorowego [1, 2] zauważono, że większość z nich opiera się na rozkładach jazdy i od nich uzależniane są pozostałe funkcje. Od niedawna przewoźnicy i zarządcy transportu w miastach zaczęli udostępniać sygnał z nadajników GPS zlokalizowanych w pojazdach. Dzięki temu część twórców aplikacji mobilnych uzupełniło swoje programy o informację na temat aktualnych opóźnień poszczególnych kursów.

Jedną z aplikacji, która opiera się wyłącznie na aktualnej lokalizacji pojazdów, jest Kraków Pod Ręką [7]. Aplikacja ta wyświetla na mapie lokalizację każdego pojazdu (tramwaje i autobusy) wyposażonego w nadajnik GPS w Krakowie. Dodatkowo można uzyskać dane na temat poszczególnych tras przejazdu, typu taboru kursującego na każdej brygadzie oraz informacji dodatkowych jak lokalizacja rowerów miejskich i samochodów osobowych jednej z firm wypożyczających pojazdy na minuty.

Przegląd rozwiązań na rynku aplikacji mobilnych dla pasażerów wykazał, że prezentowanie danych na temat prognozowanej liczby pasażerów byłoby w powyższej aplikacji najłatwiejszy do wdrożenia. Dane zbierane przez system automatyczny trafiałyby bezpośrednio do oprogramowania wykonującego prognozę na każdy dzień na podstawie wcześniej zebranych danych. Prognozy te mogłyby być tworzone na podstawie różnych narzędzi opisanych m.in. w artykułach [4, 8]. Następnie prognozy trafiałyby na serwer aplikacji, która wyświetlałaby je w formie graficznej (np. poprzez użycie odpowiedniej kolorystyki na znacznikach pojazdów: zielony – pojazd niezatłoczony, ciemny czerwony – pojazd bardzo zatłoczony). Poszczególne etapy przesyłania danych zostały zaprezentowane na rysunku 9.

Kolory znaczników zmieniałyby się wraz z kolejnymi zatrzymaniami na przystankach, a wywołanie kolejnych danych uzależnione byłoby jedynie od lokalizacji pojazdu. Dzięki temu pasażer uzyskiwałby pełną informację na temat pojazdów, którymi planuje się przemieszczać. Propozycja prezentowania informacji na temat liczby pasażerów w pojeździe w sposób graficzny został przedstawiona na rysunku 10.

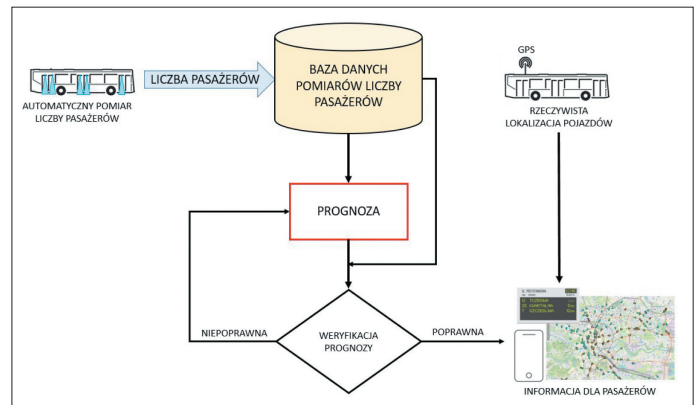
W przypadku aplikacji opierających się na rozkładach jazdy i w ten sposób pomagających zaplanować podróż, dane na temat prognozy należałoby uwzględnić w formie wyboru kryterium wyznaczania trasy z punktu początkowego do punktu docelowego. Dodatkowo możliwe byłoby w aplikacji oznaczanie kursów o dużym zatłoczeniu, jednakże ten sposób prezentowania danych należałoby sprawdzić w formie badań ankietowych, ponieważ istnieje ryzyko nieczytelności przekazywanych danych.

Podsumowanie i wnioski

Przedstawione w artykule wyniki pomiarów porównawczych wraz z wcześniej prowadzonymi pracami [4] wykazały, że automatyczne systemy zliczania pasażerów uzyskują coraz lepszą dokładność zbieranych danych. Dodatkowo warto zauważyć, że już uzyskiwane wyniki na temat m.in. liczby pasażerów w pojeździe można wykorzystać do tworzenia prognoz i modeli optymalizujących przydział taboru.

Wykorzystanie systemów automatycznych do liczenia pasażerów w pojazdach daje szansę użycia danych na ten temat do poszerzenia oferty mobilnej i przystankowej informacji pasażerskiej. Dodatkowo dostęp do informacji na temat liczby pasażerów w poszczególnych pojazdach mógłby istotnie wpłynąć na zmianę decyzji w wyborze trasy i godziny przejazdu miejskim transportem zbiorowym.

Dalsze badania w ramach wyżej opisanej tematyki będą polegały na stworzeniu aplikacji mobilnej umożliwiającej



Rys. 9. Etapy tworzenia i publikowania prognozy na temat liczby pasażerów w środkach miejskiego transportu zbiorowego

Źródło: opracowanie własne



Rys. 10. Propozycja prezentowania informacji o zatłoczeniu w pojazdach miejskiego transportu zbiorowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://krakowpodreka.pl/pl/>

prezentowanie danych na temat prognozy zatłoczenia w pojazdach miejskiego transportu zbiorowego. Dodatkowo w ramach prac nad wykorzystaniem danych z systemu automatycznego zliczania pasażerów powstają modele i aplikacja umożliwiająca optymalizowanie przydziału taboru do linii miejskiego transportu zbiorowego.

Literatura

- Bryniarska Z., Gacek K., *Wykorzystanie planerów podróży jako źródła informacji pasażerskiej w komunikacji miejskiej w Krakowie*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2018, nr 11.
- <https://play.google.com/store> dostęp 26.07.2019 r.
- Wyraz E., Lorenc A.K., *System pomiaru napelnienia pojazdów komunikacji miejskiej – przegląd współczesnych rozwiązań*, „Logistyka”, 2015, nr 3.
- Aleksandrowicz J., *Przydatność automatycznych systemów zliczania pasażerów w celach predykcji popytu na usługi transportowe*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2018, nr 4.
- <https://www.dilax.com/pl> dostęp 26.07.2019 r.
- Drabicki A., Kucharski R., Cats O., Fonzone A., *Simulating the effects of real-time crowding information in public transport networks*, Conference: 2017 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS).
- <https://krakowpodreka.pl/pl/> dostęp 26.07.2019 r.
- Więcek P., Kubek D., Aleksandrowicz J.H., Strózek A., *Framework for Onboard Bus Comfort Level Predictions Using the Markov Chain Concept*, „Symmetry in Mathematical Analysis and Applications”, 2019.