

SZYMON OLEKSIUK

mgr, Miejski Zarząd Dróg
w Bielsku-Białej, ul. Michała
Grażyńskiego 10, 43-300 Bielsko-
-Biała, e-mail: szymon.oleksiuk@
mzd.bielsko.pl

Podsystem zarządzania transportem publicznym w ramach Inteligentnego Systemu Transportowego (ITS) w Bielsku-Białej¹

Streszczenie: Artykuł ma na celu przedstawienie mechanizmów wdrożeniowych systemu ITS w Bielsku-Białej, zastosowanych w ramach projektu realizowanego w latach 2017–2018. Miasto dokonało pierwszego etapu kluczowych działań, z wykorzystaniem telematyki – celem automatyzacji zadań związanych z funkcjonowaniem systemów transportowych, w szczególności w dziedzinie transportu zbiorowego. Przedstawiony został zakres wykorzystania Inteligentnych Systemów Transportowych do poprawy płynności ruchu oraz wzrostu efektywności transportu publicznego, zaprezentowana została architektura logiczna systemu oraz pełnione funkcje systemu. Ponadto scharakteryzowano podsystem zarządzania transportem publicznym, technologie umożliwiające jego działanie, jak również proces realizacji funkcji priorytetu dla pojazdów transportu publicznego oraz rozwiązania w obszarze informacji pasażerskiej.

Słowa kluczowe: transport pasażerski, transport zbiorowy, Inteligentne Systemy Transportowe (ITS)

Wprowadzenie

Intensyfikacja postępu gospodarczego, uprzemysłowienia, jak również rosnąca mobilność mieszkańców, wpływają na wzrost popytu na przewozy towarowe oraz pasażerskie, a tym samym na dynamikę liczby pojazdów poruszających się po sieci transportowej i pogorszenie jej przepustowości. Próba rozwiązania problemu rosnącego ruchu miejskiego oraz ograniczania zjawiska kongestii transportowej jest wdrażanie rozwiązań technologicznych (telekomunikacyjnych, informatycznych oraz pomiarowych) wspomagających zarządzanie ruchem drogowym oraz transportem zbiorowym – określanym jako Inteligentne Systemy Transportowe (ITS).

Wspólnym mianownikiem dla implementacji rozwiązań ITS do miejskiego transportu zbiorowego jest dążenie do osiągnięcia wyższej jakości świadczonych usług przewozowych, w głównej mierze poprzez pryzmat oceny samych klientów (pasażerów). Parametry jakościowe, a w szczególności postulat szybkości dotarcia do celu (czas podróży) oraz zgodności z rozkładem (punktualność), stają się kluczowymi kryteriami oceny w tej materii².

Bielsko-Biała jest miastem na prawach powiatu – centralnym ośrodkiem subregionalnym południowej części województwa śląskiego³. Położenie na skrzyżowaniu międzynarodowych kanałów transportowych E75 oraz E462,

a także krajowych sieci S52 oraz S1 pozytywnie wpływa na potencjał rozwojowy miasta, także w aspekcie transgranicznym. Bielsko-Biała jako ośrodek aglomeracyjny wykazuje wysoką dynamikę w zakresie powiązań gospodarczo-przestrzennych tj. odbywanych przez mieszkańców regionu obowiązkowych podróży (dojazdów do pracy i jednostek edukacyjnych)⁴.

Podstawę funkcjonowania sieci komunikacyjnej Bielska-Białej stanowią przewozy realizowane przez transport miejski, będące przewozami o charakterze użyteczności publicznej⁵. Obsługę komunikacji zbiorowej na terenie miasta oraz na terenie gmin sąsiadujących – z którymi Bielsko-Biała podpisało porozumienia komunalne – zapewnia Miejski Zakład Komunikacyjny (MZK) w Bielsku-Białej. MZK w Bielsku-Białej, jako zakład użyteczności publicznej (samorządowy zakład budżetowy), realizuje zadania własne gminy w zakresie lokalnego transportu zbiorowego, stanowi podmiot wewnętrzny w rozumieniu przepisów Rozporządzenia (WE) Nr 1370/2007 oraz Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym⁶. Na obszarze miasta sieć komunikacyjna MZK w Bielsku-Białej uzupełniana jest przewozami PKM Czechowice-Dziedzice (linie nr 5, VII, X). Natomiast przewozy o charakterze powiatowo-gminnym realizuje PKS w Bielsku-Białej SA.

Sieć komunikacji miejskiej MZK w Bielsku-Białej, w ramach której wykonywane są przewozy o charakterze użyteczności publicznej organizowane przez miasto Bielsko-Biała, ma długość 518,2 km i składa się z 48 linii dziennych oraz 2 linii nocnych.

Na potrzeby stworzenia „Modelu Ruchu dla miasta Bielska-Białej” w 2015 roku przeprowadzona została analiza

⁴ Analizy w zakresie powiązań gospodarczo-przestrzennych wykazują, że suma wszystkich powiązań zewnętrznych w województwie śląskim jest w Bielsku-Białej najwyższa po stolicy regionu (Katowice: 166,5 tys.) i wynosi 34,5 tys. Por. M. Brzezinka, W. Bról, *Analiza powiązań funkcjonalnych na obszarze województwa śląskiego*, Zeszyt Analizy RCAS 1/2012, s. 12–16.

⁵ Bielsko-Biała jest jednym z pierwszych miast w Polsce, w którym pojawił się publiczny transport zbiorowy. Początki elektrycznej sieci tramwajowej w mieście datuje się na 1895 r. (*Bielitz-Bialaer Electricitäts und Eisenbahn Gesellschaft*), natomiast od 1927 r. w mieście funkcjonuje komunikacja autobusowa. Tramwaje w Bielsku-Białej przestały pełnić swą służbę w 1971 r. <http://mzk.bielsko.pl/51,artykul.html> (dostęp: listopad 2019 r.).

⁶ Z dniem 1 stycznia 2020 r. nastąpi przekształcenie MZK (zakładu budżetowego) w spółkę prawa handlowego – spółkę z o.o., jako podmiotu wewnętrznego w rozumieniu przepisów rozporządzenia (WE) nr 1370/2007.

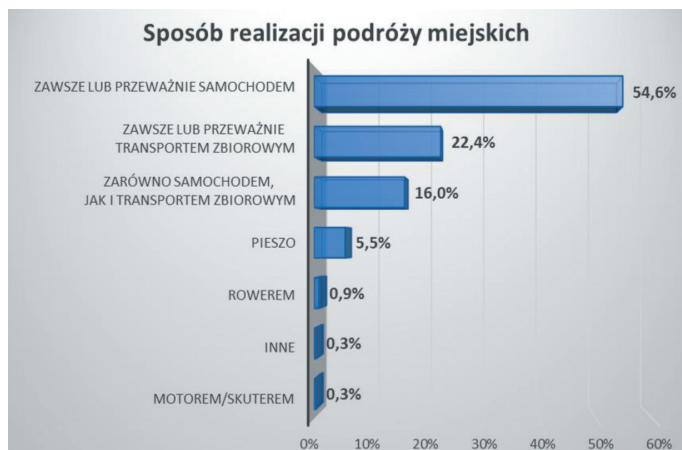
Por. Uchwała Nr XII/226/2019 Rady Miejskiej w Bielsku-Białej z dnia 22 października 2019 r. w sprawie przekształcenia Miejskiego Zakładu Komunikacyjnego w Bielsku-Białej poprzez likwidację do zawiązania jednoosobowej spółki z ograniczoną odpowiedzialnością.

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2019.

² W. Starowicz, *Charakterystyka polskiej normy „Jakość usług w publicznym transporcie pasażerskim”*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2004, nr 9, s. 29–41.

³ Powierzchnia miasta wynosi ok. 124,5 km², a populacja 171 251 mieszkańców. Główny Urząd Statystyczny (Bank Danych Lokalnych), stan na 31.12.2018 r.

i ocena zachowań oraz preferencji transportowych mieszkańców miasta⁷. Podział modalny (ang. *modal split*) realizacji podróży miejskich w Bielsku-Białej kształtuje się następująco: blisko 55% respondentów podróżuje zawsze lub przeważnie przy użyciu samochodu. Z transportu zbiorowego zawsze lub przeważnie korzysta co piąty ankietowany mieszkaniec (około 22%), a 16% wykorzystuje zarówno transport indywidualny, jak i zbiorowy. Pieszko odbywa podróż 5,5% mieszkańców, a tylko 1% wykorzystuje rower do podróży miejskich, pomimo faktu, że w 50% gospodarstw jest on obecny (rys. 1)⁸.



Rys. 1. Sposób realizacji przez ankietowanych podróży miejskich

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Zintegrowany System Zarządzania Transportem..., s. 47.



Rys. 2. Sposób realizacji przez ankietowanych podróży miejskich

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Zintegrowany System Zarządzania Transportem..., s. 50

Z przeprowadzonych badań wynika, iż mieszkańcy Bielska-Białej, mając do dyspozycji sieć komunikacji miejskiej składającą się z 50 linii na terenie całego miasta, rzadko wykorzystują tę formę transportu (rys. 2). Tylko nieco ponad 15% respondentów codziennie podróżuje transportem zbiorowym, a kolejne 16% kilka razy w tygodniu. Są

to przede wszystkim osoby, które zadeklarowały, że nie posiadają w swoim gospodarstwie domowym żadnego środka transportu. Aż 54,2% ankietowanych wykorzystuje autobus jako środek transportu raz w miesiącu lub rzadziej (36% nigdy) – na co dzień osoby te podróżują samochodem.

Z analizy przedstawionej przez Izbę Gospodarczą Komunikacji Miejskiej (IGKM) wynika, iż w ośrodkach miejskich poniżej 200 tysięcy mieszkańców, w latach 2009–2015 – komunikacja miejska generalnie odnotowała tendencje spadkowe, zarówno w kwestiach podaży oraz popytu, jak również niższą rentowność. Wskazuje się, że szansą na zatrzymanie tego niekorzystnego trendu są, spośród szeregu zmian o charakterze ofertowym, także działania ukierunkowane na wdrażanie nowoczesnych rozwiązań m.in. priorytety dla transportu zbiorowego w systemach sterowania ruchem⁹.

Zastosowania ITS w transporcie publicznym w Bielsku-Białej

Inteligentne Systemy Transportowe jest to bogaty zbiór różnorodnych technologii (telekomunikacyjnych, informatycznych, automatycznych oraz pomiarowych), które mogą być wykorzystywane do świadczenia usług różnych gałęzi transportu, celem poprawy ich standardu i bezpieczeństwa¹⁰. ITS może być rozpatrywany także jako zespół wielopłaszczyznowych rozwiązań dla stworzenia nowoczesnej sieci komunikacyjnej w kontekście realizacji koncepcji *Smart City*¹¹.

Od Inteligentnych Systemów Transportowych oczekuje się, iż odpowiednio zaprojektowane i skonfigurowane – usprawnią procesy transportowe, zmniejszą kongestię w sieci transportowej, jak również zwiększą mobilność użytkowników oraz przyczynią się do zrównoważonego rozwoju systemowego¹².

W ramach badań do analizy i oceny zachowań transportowych mieszkańców na potrzeby stworzenia Modelu Ruchu dla miasta Bielska-Białej, dokonane zostało także rozpoznanie preferencji dotyczących rozwiązań techniczno-funkcjonalnych, które mogą przyczynić się do zmniejszenia udziału samochodów osobowych w odbywanych podróżach, w szczególności na rzecz transportu zbiorowego oraz pozostałych form transportu. Badania ankietowe w powyższym zakresie przeprowadzone zostały w gospodarstwach domowych, w publicznym transporcie zbiorowym, na parkingach oraz wśród kierowców samochodów na kordonie miasta. Najliczniej wskazywanymi rozwiązaniami były postulaty odnoszące się do elementów dziedzinowych ITS z zakresu transportu zbiorowego (łączenie 39,1%), w tym:

⁷ Model ruchu został wykonany w 2015 r. przez Politechnikę Śląską (Wydział Transportu) – praca naukowo-badacza NB-148/RT5/2014, w ramach opracowania „Zintegrowany System Zarządzania Transportem na obszarze miasta Bielska-Białej. Etap I – wykonanie modelu ruchu dla miasta Bielsko-Biała”. W ramach badań wykonano ankiety w gospodarstwach domowych, wśród pasażerów transportu zbiorowego, a także wśród osób korzystających z indywidualnego środka transportu – sumarycznie otrzymano ok. 15 tys. odpowiedzi dotyczących charakterystyki mieszkańców miasta, ich sposobu podróżowania oraz motywacji podróży.

⁸ „Zintegrowany System Zarządzania Transportem na obszarze miasta Bielska-Białej. Etap I – wykonanie modelu ruchu dla miasta Bielsko-Biała” – Raport III Opracowanie wyników badań i pomiarów ruchu. Tom I, s. 47.

⁹ M. Woliński (red.), *Raport o stanie komunikacji miejskiej...*, op.cit. 128–129.

¹⁰ A. Mercik, *Inteligentne Systemy Transportowe a polityka zrównoważonej mobilności miejskiej*, „Komunikacja Publiczna”, 2017, nr 2(67), s. 20.

¹¹ M. Czupich, M. Kola-Bezka, A. Ignasiak-Szulc, *Czynniki i bariery wdrażania koncepcji smart city w Polsce*, Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Nr 276/2016, s. 226.

¹² Por. G. Karoń, R. Zochowska, *Oddziaływanie usług ITS na potoki ruchu w sieci transportowej – założenia do modelowania procesów transportowych*, „Logistyka”, 2015, nr 4, s. 437–446.

- system informacji o rzeczywistej godzinie odjazdu autobusu, podawany na wyświetlaczach na przystankach (tablice DIP), w internecie oraz na urządzeniach mobilnych (smartfonach, tabletach): 11,6% odpowiedzi;
- skrócenie czasu jazdy autobusem oraz zwiększenie jego punktualności dzięki uprzywilejowaniu pojazdów na skrzyżowaniach: 9,9% wskazań;
- możliwość zaplanowania podróży środkami komunikacji zbiorowej – z wykorzystaniem internetu oraz aplikacji mobilnych: 9,9% odpowiedzi;
- monitoring wizyjny w celu poprawy bezpieczeństwa publicznego (np. kamery zamontowane na tablicach DIP): 7,7% wskazań¹³.

Dlatego też władze Bielska-Białej zdecydowały, żeby realizacja systemu ITS – jego pierwszy etap – miał charakter wysoce priorytetowy w dziedzinie miejskiego transportu zbiorowego.

Zbudowany w mieście system ITS jest częścią realizowanego w latach 2016–2018 większego zadania inwestycyjnego pn.: *Rozwój Zrównoważonego Transportu Miejskiego w Bielsku-Białej*¹⁴. Celem projektu współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR) jest promowanie zrównoważonej mobilności miejskiej oraz ograniczenie zanieczyszczenia środowiska poprzez poprawę konkurencyjności oraz obniżenie emisyjności transportu zbiorowego¹⁵.

Miasto Bielsko-Biała, realizując dziedzinowy projekt ITS, postawiło sobie za cel realizację następujących postulatów¹⁶:

- zwiększenia przepustowości dróg miejskich (niższe zatłoczenie);
- zwiększenia płynności i bezpieczeństwa ruchu drogowego;
- skrócenia czasu przejazdu taborem publicznej komunikacji pasażerskiej;
- zwiększenia liczby osób korzystających z transportu publicznego (zmniejszenie wykorzystania samochodów osobowych, szersze wykorzystanie bardziej efektywnego transportu publicznego i niezmotoryzowanego);
- podniesienia jakości obsługi transportowej;
- poprawy stanu środowiska naturalnego poprzez ograniczenie zanieczyszczeń powietrza z sektora transportowego, emisji CO₂ oraz hałasu;
- lepszej integracji gałęzi transportu;
- obniżenia energochłonności systemu transportowego.

¹³ *Zintegrowany System Zarządzania Transportem...*, op.cit. s. 62.

¹⁴ Postępowanie przetargowe dotyczące ITS zostało wszczęte w dniu 13 sierpnia 2016 r., umowa z wyłonionym wykonawcą – firmą SPRINT S.A. została podpisana w dniu 5 września 2017 r. (umowa nr FE/201/IZ/43/B/17).

¹⁵ Projekt pn. „Rozwój Zrównoważonego Transportu Miejskiego w Bielsku-Białej” jest współfinansowany ze środków UE z EFRR w ramach RPO WSL 2014–2020, Oś Priorytetowa IV „Efektywność energetyczna, odnawialne źródła energii i gospodarka niskoemisyjna”, Działanie 4.5 „Niskoemisyjny transport miejski oraz efektywne oświetlenie”. Umowa o dofinansowanie projektu została podpisana w dniu 22 września 2016 r. Całkowita wartość projektu wynosi 82 905 472,00 zł. Koszty kwalifikowane wynoszą ogółem: 69 842 326,31 zł, a dofinansowanie: 59 170 418,84 zł (84,72% kosztów kwalifikowanych).

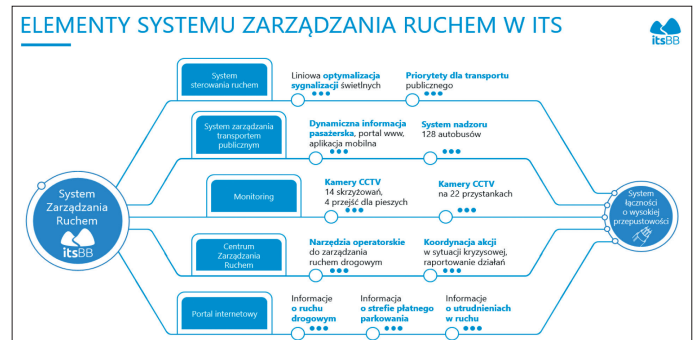
<http://mzk.bielsko.pl/177,aktualnosci.html> (dostęp: listopad 2019 r.).

¹⁶ <https://mzd.bielsko.pl/its-bb/> (dostęp: listopad 2019 r.).

W ramach ITS w Bielsku-Białej zastosowane zostało rozwiązanie programistyczne oferowane przez firmę SPRINT SA (SCATS)¹⁷ – będące warstwą systemu nadrzędnego, jako System Zarządzania Ruchem (SZR).

SZR stanowi platformę integrującą wszystkie wdrażane podsystemy i jest określany mianem aplikacji centralnej (rys. 3). Na warstwę podsystemów składa się:

- podsystem sterowania ruchem,
- podsystem zarządzania transportem publicznym wraz z dynamiczną informacją pasażerską,
- podsystem monitoringu wizyjnego,
- Centrum Zarządzania Ruchem (CZR).



Rys. 3. Schemat blokowy elementów składowych systemu zarządzania ruchem w ramach ITS
Źródło: opracowanie własne

Wskazane podsystemy pełnią funkcję autonomicznych elementów SZR. Mogą one realizować podstawowe funkcje bez udziału systemu nadrzędnego (aplikacji centralnej). Podsystemy, które z uwagi na częstotliwość komunikacji oraz wolumen danych z nią związanych stanowiłyby swoje wąskie gardło dla klasycznej szyny danych, obsługiwane są przez dedykowane interfejsy oraz moduły warstwy pośredniczącej.

W ramach projektu ITS wdrożony został podsystem zarządzania transportem publicznym z Dynamiczną Informacją Pasażerską – firmy Pixel Sp. z o.o., o handlowej nazwie CeSIP.

Szczegółowym zakresem zadań dla podsystemu zarządzania transportem publicznym w ramach ITS w Bielsku-Białej jest:

- zapewnienie dynamicznej informacji dla pasażerów na przystankach,
- priorytet dla transportu publicznego,
- pozycjonowanie przystanków i innych punktów sieci,
- wyznaczanie czasów przejazdu i odległości,
- wspomaganie działań dyspozytorskich (zapewnienie płynnej wymiany informacji między dyspozytorem a pojazdami),
- zarządzanie opóźnieniami i przyspieszeniami,

¹⁷ SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) australijskiej firmy Roads and Maritime Services jest to obszarowy system sterowania ruchem poprzez sygnalizację świetlną, pracujący w czasie rzeczywistym (true on-line) oraz umożliwiający realizację priorytetu dla pojazdów komunikacji miejskiej, czy też pojazdów uprzywilejowanych. Por. K. Lejda, S. Siedlecka, *Inteligentne systemy sterowania ruchem drogowym w miastach*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy, Transportowe”, 2016, nr 12, s. 681–682.

- śledzenie pojazdów na mapie,
- kontrola listy opóźnień i przyspieszeń,
- tworzenie statystyk porównawczych pomiędzy czasem planowym/aktualnym,
- nadzór w czasie rzeczywistym nad pojazdami w ruchu,
- scentralizowane zarządzanie dynamiczną informacją pasażerską,
- zapewnienie informacji dla pasażerów poprzez internet oraz aplikację na urządzenia mobilne;

Zadania powyższe ukierunkowane są na poprawę punktualności oraz regularności kursowania taboru operatora (MZK w Bielsku-Białej), a tym samym podniesienie atrakcyjności transportu publicznego w mieście.

Podsystem zarządzania transportem publicznym został zaprojektowany w sposób otwarty, modułowy, możliwy do adaptacji do nowych warunków, umożliwiając tym samym w przyszłości łatwą rozbudowę w jednym z trzech kierunków:

- zmiany w zakresie obsługi kolejnych pojazdów, linii, zajezdni, nowych tras;
- rozbudowy funkcjonalnej, tzn. dołączanie kolejnych modułów z możliwością integrowania ich w jeden system centralny;
- zwiększenia liczby operatorów obsługujących komunikację miejską.

Realizacja funkcji priorytetu dla pojazdów transportu zbiorowego w ramach systemu sterowania ruchem ITS

W celu zapewnienia możliwości uprzywilejowania pojazdów transportu zbiorowego na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną stosowane są różnego typu systemy detekcji. Wyróżnić można następujące główne rodzaje detekcji (ze względu na charakter urządzenia)¹⁸:

- detekcja indukcyjna (pętle indukcyjne)¹⁹,
- detekcja radiowa (Dopplerowska)²⁰,
- detekcja wideo (system kamer)²¹,
- detekcja GPS (system lokalizacji satelitarnej),
- detekcja za pomocą promieniowania optycznego (podczerwień).

Systemy ITS oferują obecnie liczne rozwiązania wspomagające proces zarządzania transportem. Podstawowym warunkiem funkcjonowania takich systemów jest wyposażenie

nie pojazdów w urządzeniu pozwalające na ich lokalizację w czasie rzeczywistym celem udzielenia im priorytetu na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną²². W dziedzinie nadawania priorytetów w sygnalizacji świetlnej dla pojazdów transportu zbiorowego wykorzystywanie detekcji indukcyjnej oraz radiowej nie umożliwi takiego spektrum możliwości zarządzania priorytetami np. poprzez wyznaczanie odpowiedniej sekwencji nadawania sygnałów uprawniających na przejazd w obrębie węzłów komunikacyjnych²³.

Na obszarze miasta Bielska-Białej nie występują wydzielone pasy ruchu dla pojazdów transportu zbiorowego, tym samym autobusy MZK poruszają się tymi samymi odcinkami dróg, co pozostałe pojazdy, doświadczając tożsamyh utrudnień w ruchu związanych z sygnalizacją świetlną, organizacją ruchu na skrzyżowaniach czy zdarzeniami drogowymi. Dlatego też, przy dynamicznie rosnącym natężeniu ruchu, zdecydowano, iż realizacja rozwiązań ITS w mieście będzie oparta na uprzywilejowanym transporcie zbiorowym. Pojazdy opóźnione względem czasu rozkładowego będą korzystać z priorytetu względnego na sygnalizacjach objętych wdrażanym systemem.

Centralny moduł priorytetów dla transportu publicznego w systemie CeSIP jest odpowiedzialny za:

- generowanie danych dotyczących punktów meldunkowych na skrzyżowaniach,
- odbiór danych z pojazdów,
- prognozowanie przybycia pojazdów na skrzyżowaniach,
- przesyłanie do Podsystemu Zarządzania Ruchem telegramów, w oparciu o które następuje podjęcie decyzji o nadaniu priorytetów pojazdom transportu publicznego.

Wdrożenie modułu priorytetów, w ramach ITS w Bielsku-Białej, ma na celu²⁴:

- zwiększenia prędkości komunikacyjnej pojazdów transportu zbiorowego, a w konsekwencji skrócenia czasów przejazdu;
- poprawy regularności (punktualności) kursowania autobusów na liniach przebiegających przez obszar objęty ITS;
- efektywniejsze pokonywanie specyficznych obszarów (np. miejsc robót drogowych) poprzez uwzględnienie ograniczeń związanych z bezpieczeństwem;
- zwiększenia zdolności przewozowej komunikacji zbiorowej;
- efektywniejszego wykorzystywania taboru będącego w dyspozycji przewoźnika;
- wzrostu atrakcyjności transportu publicznego, co może wpłynąć na korzystne zmiany rozkładu modalnego podróży.

¹⁸ J. Aleksandrowicz, M. Piwowarczyk, *Sposoby detekcji pojazdów transportu zbiorowego i ich funkcjonalność*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2016, nr 5, s. 49–52; Ł. Gryga, M. Wójciszek, G. Firlejczyk, *Obszarowy system sterowania ruchem i nadawania priorytetu dla transportu zbiorowego w Krakowie*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2013, nr 6, s. 10–11.

¹⁹ Głównie zasadność wykorzystania pętli indukcyjnych jest w przypadku wydzielonych torowisk tramwajowych lub wydzielonych pasów autobusowych i autobusowo-tramwajowych. W innych przypadkach pojazd transportu zbiorowego traktowany jest (wykrywany) jak każdy inny pojazd w ruchu – problem ustalenia struktury rodzajowej pojazdów przejeżdżających przez badany przekrój drogi. Por. M. Leśko, J. Guzik, *Sterowanie ruchem drogowym, sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.

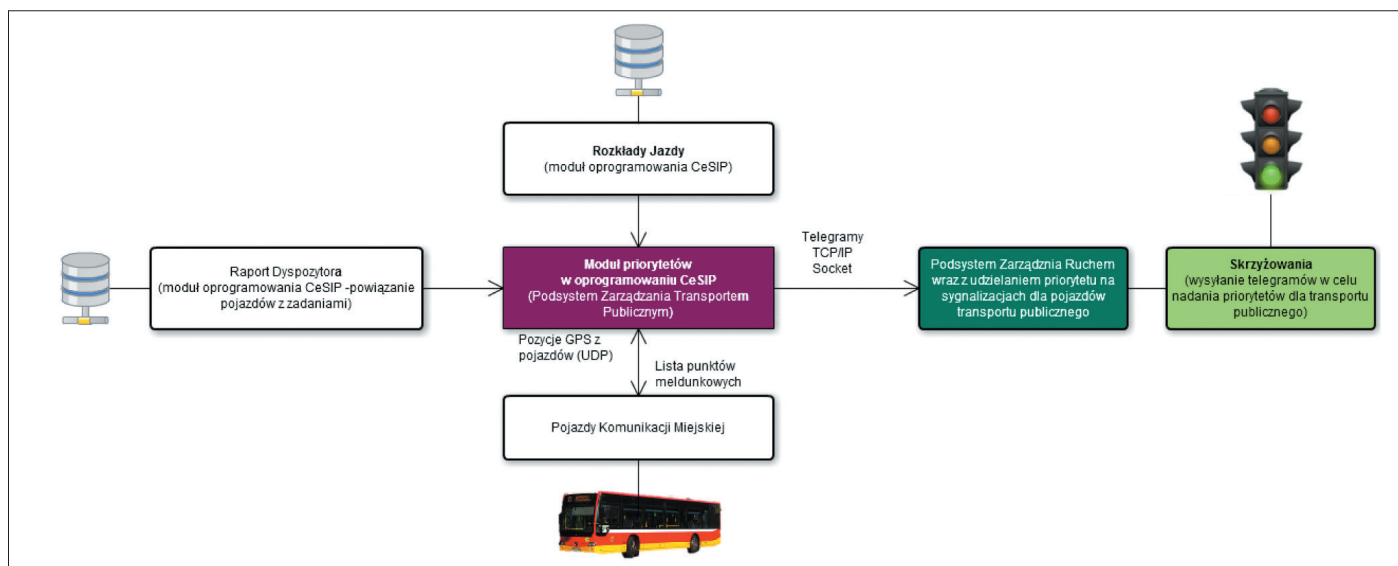
²⁰ Detekcja radiowa najczęściej wykorzystywana jest w systemach tramwajowych, jak ma to miejsce w Krakowie, Wrocławiu.

²¹ Interpretacja obrazu z kamer zlokalizowanych w obrębie skrzyżowań – rozpoznawanie tablic rejestracyjnych lub numerów taborowych – celem sprawdzenia punktualności pojazdów w czasie rzeczywistym.

²² J. Oskarbski, K. Birr, M. Miszewski, K. Żarski, *Wyznaczanie prędkości średniej pojazdów transportu zbiorowego na podstawie danych z systemów zarządzania ruchem*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2016, nr 5, s. 12.

²³ J. Aleksandrowicz, M. Piwowarczyk, *Sposoby detekcji pojazdów...*, op.cit., s. 50.

²⁴ Dokumentacja wykonawcza „Zaprojektowanie, dostarczenie, wykonanie i uruchomienie do działania w ruchu ulicznym miasta Bielsko-Biała Systemu ITS. Część I – Projekt Systemu ITS. Tom 1 – Opis techniczny oferowanych rozwiązań”, Bielsko-Biała 2017, s. 40.



Rys. 4. Uproszczony schemat realizacji priorytetu dla transportu zbiorowego

Źródło: Dokumentacja wykonawcza: „Zaprojektowanie, dostarczenie, wykonanie i uruchomienie do działania w ruchu ulicznym miasta Bielsko-Biała Systemu ITS, Część V...”, op.cit., s. 147

Na obszarze objętym realizacją projektu ITS w Bielsku-Białej mechanizm priorytetów zastosowany został w 18 lokalizacjach tj. na 14 kluczowych skrzyżowaniach oraz 4 przejściach dla pieszych z sygnalizacją świetlną. W celu umożliwienia realizacji priorytetu dla transportu publicznego w oprogramowaniu CeSIP utworzona została warstwa układu skrzyżowań oraz relacji na nich ze zdefiniowanymi miejscami wlotów i wylotów. Następnie wprowadzone zostały punkty meldunkowe, których wykrycie generować będzie telegram priorytetu do Podsystemu Zarządzania Ruchem.

Na schemacie blokowym (rys. 4) przedstawiony został uproszczony układ komponentowy wymiany danych pozwalający generować informację (telegramy), na podstawie których następuje decyzja o nadaniu priorytetu – dla danego pojazdu, na danej relacji, na danym skrzyżowaniu.

Na potrzeby priorytetów w transporcie publicznym, w danych rozkładowych wysyłanych z systemu CeSIP do autokomputera w pojazdach, zawarta jest lista wirtualnych punktów meldunkowych zlokalizowanych w okolicy skrzyżowań (są to zarówno punkty wjazdowe/wloty i zjazdowe/punkty odmeldowania) na trasie przejazdu autobusu. Lista punktów wjazdowych i zjazdowych z ich umiejscowieniem definiowana jest unikatowym numerem ID, po uprzednim określeniu skrzyżowań oraz relacji na nich.

Moduł priorytetów systemu CeSIP pozwala na zdefiniowanie do 3 punktów wjazdowych na każdej relacji skrzyżowania i do 2 punktów zjazdowych na danej relacji. Najczęściej przyjmuje się, że lokalizacja punktów wjazdowych jest w odległości od 0 m do 600 m od linii zatrzymania na wlocie. W przypadku punktów zjazdowych można je zdefiniować w dowolnym miejscu trasy pojazdu, począwszy od linii warunkowego zatrzymania np. na tarczy skrzyżowania.

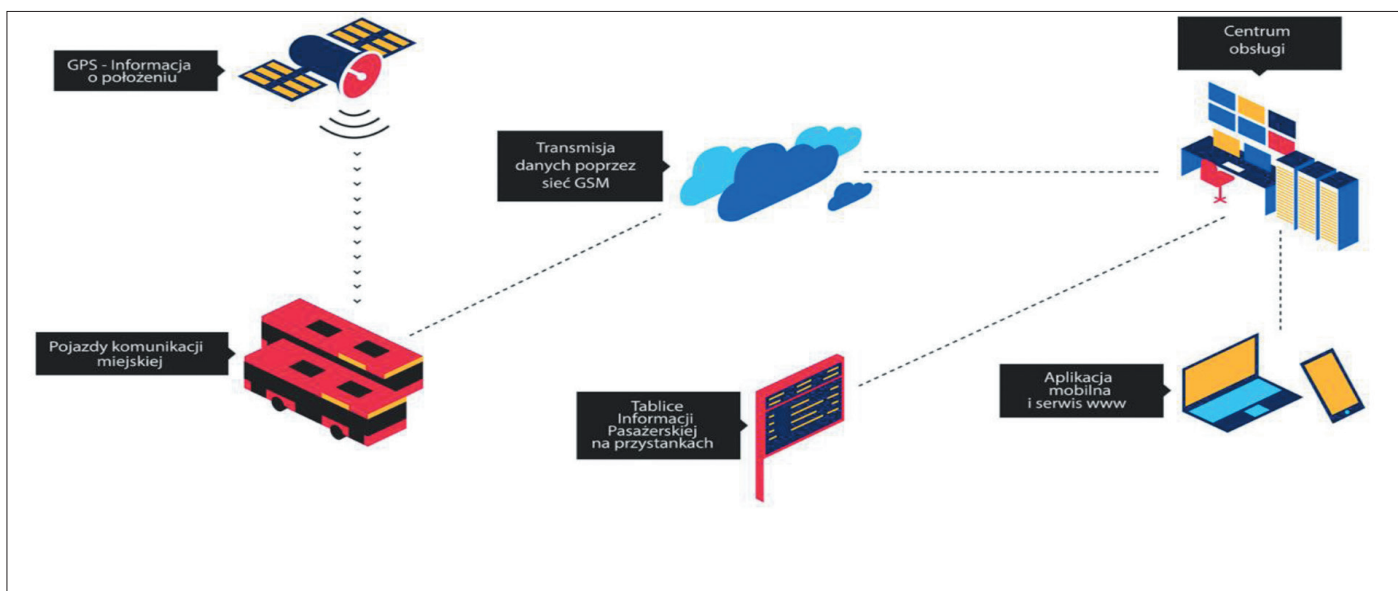
Moduł priorytetów systemu CeSIP na podstawie dostępnych informacji o rozkładach jazdy i aktualnej pozycji GPS prognozuje przybycie pojazdu do punktów meldunkowych.

Dodatkowo w momencie osiągnięcia (wykrycia) przez autokomputer w pojeździe zdefiniowanego punktu meldunkowego do Podsystemu Zarządzania Transportem Publicznym przesyłana jest stosowna informacja potwierdzająca. W zależności od skrzyżowania oraz relacji na nim, Operator (inżynier ruchu w Miejskim Zarządzie Dróg w Bielsku-Białej) w podsystemie sterowania ruchem ma możliwość definiowania dwóch poziomów priorytetu (statusu). W kolejnym kroku na podstawie sumy parametrów służących do ustalenia wagi priorytetu w module priorytetów wyliczany jest globalny poziom priorytetu dla otrzymanej informacji.

Moduł priorytetu umożliwia definiowanie wagi priorytetu m.in. dla cech pojazdu (np. długi/krótki), poziomu jego odchyłki względem teoretycznego rozkładu jazdy (w zadanym zakresie czasu). Innym parametrem mającym wpływ na wartość wagi priorytetu są: numer linii i brygady, jak również informacja o napełnieniu pojazdu (jeśli dane są dostępne).

Wyszczególniony zespół cech wpływa na budowę tzw. macierzy wagi priorytetów pozwalającej na dynamiczne przypisanie poziomu priorytetu w zależności od występowania tychże cech. W macierzy definiowane są cechy uwzględniane podczas nadawania wartości priorytetów. W zależności od cechy, przyjmuje się minimalne i maksymalne punkty, które można jej przypisać. Po zsumowaniu wszystkich punktów cech dany wynik odnoszony jest do uprzednio zdefiniowanej skali priorytetów, czyli przedziałów punktów, których osiągnięcie oznacza nadanie zdarzeniu określonego poziomu priorytetu.

Na podstawie informacji (telegramów) przesyłanych z modułu priorytetów Podsystemu Zarządzania Transportem (CeSIP) do Podsystemu Zarządzania Ruchem podejmowana jest decyzja o nadaniu priorytetu oraz jego poziomie – pojazdowi transportu publicznego na danej relacji danego skrzyżowania. Dzięki centralnemu udzieleniu priorytetów możliwe jest przygotowywanie priorytetu na następnym skrzyżowaniu w trakcie jego realizacji na poprzednim. W zależności



Rys 5. Schemat Systemu Dynamicznej Informacji Pasażerskiej w Bielsku-Białej

Źródło: PIXEL Sp. z o.o.

od przypisanego poziomu, obsługa pojazdu na skrzyżowaniu będzie cechować się inną realizacją priorytetu:

- w przypadku priorytetu 1 – nastąpi wydłużenie fazy sprzyjającej lub skrócenie fazy niesprzyjającej,
- w przypadku priorytetu 2 – podobnie jak w sytuacji priorytetu 1, z tą różnicą, że system może przez nadanie priorytetu dokonać realizacji fazy czyszczącej pozwalającej na opróżnienie obszaru na skrzyżowaniu.

Priorytet może być dla poszczególnych obiektów wyłączany (i następnie włączany) ręcznie przez operatora systemu oraz automatycznie przez System Sterowania Ruchem (dotyczy to przypadków wystąpienia takiego poziomu zatłoczenia, że realizacja priorytetu jest nieefektywna). System pozwala też na wyłączenie priorytetu w pojazdach przyspieszonych lub jadących zgodnie z rozkładem jazdy.

Nowoczesne rozwiązania w obszarze informacji pasażerskiej w ramach ITS

Postęp technologiczny stanowi immanentną cechę procesu dążenia do poprawy jakości świadczonych usług w zakresie miejskiego transportu zbiorowego²⁵. Dynamiczny rozwój sektora IT sprawia, że „informacja pasażerska staje się nawigatorem towarzyszącym podróżnemu przez całą drogę i bieżąco dostarcza mu niezbędnych informacji oraz istotnych wskazówek”²⁶.

Nowoczesne technologie wspierają proces dostosowywania miejskiego transportu zbiorowego do oczekiwań klientów – pasażerów²⁷. Szczególnie widoczne i odczuwalne są rewolucyjne zmiany, jakie nastąpiły w obszarze informacji

pasażerskiej na różnych jej szczeblach np. malowane tablice kierunkowe z płyty pilśniowej zastąpiły nowej generacji wyświetlacze kierunkowe z diodami LED, ponadto przeprowadza się już pierwsze wdrożenia rozwiązań w technologii cholesterycznej ChLCD²⁸.

W ramach wdrażanego projektu ITS w Bielsku-Białej – Podsystemu Zarządzania Transportem Publicznym w obszarze informacji pasażerskiej wyróżnia się następujące części składowe (rys. 5):

- tablice informacji przystankowej (DIP);
- infrastruktura taborowa:
 - zewnątrz pojazdowe elementy informacji pasażerskiej: tablice przednie, boczne, tylne,
 - wewnątrz pojazdowe elementy informacji pasażerskiej: wyświetlacze LCD, urządzenia nagłaśniające dla automatycznej, głosowej informacji o trasie przejazdu autobusu wraz z zapowiedzią głosową;
- strona WWW (rozklady.bielsko.pl) oraz aplikacja mobilna dla pasażerów (itsBB).

Tablice informacji przystankowej (DIP)

Na przystankach komunikacji miejskiej w Bielsku-Białej zainstalowane zostały 22 tablice do prezentacji dynamicznej informacji pasażerskiej (fot. 1)²⁹. Tablice DIP są 8-wierszowe, z dwustronnym wyświetlaczem LED³⁰, zastosowany został bursztyn (amber) jako kolor diod wyświetlacza. Każda z tablic wyposażona została w elektroniczny zegar oraz na zewnątrz obudowy – w dwie kamery kopułowe (o rozdzielczości 2MPix)³¹.

²⁵ W. Starowicz, *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007, s. 24.

²⁶ R. Kędzior, Z. Bryniarska, *Informacja pasażerska w publicznym transporcie zbiorowym*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2015, nr 6, s. 26–33.

²⁷ Sz. Bartuś, *Nowoczesne systemy informacji pasażerskiej w pojazdach transportu zbiorowego na przykładzie wybranych polskich miast*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2014, nr 7, s. 31–36.

²⁸ <http://pixel.pl/pl/transexpo-2016-pixel-i-cholesteryczne-wyswietlacze/> (dostęp: listopad 2019 r.).

²⁹ Poza kontraktem (Etap I ITS) została włączona dodatkowa tj. 23-cia tablica DIP w lokalizacji – przystanek „Piastowska Lubertowicza” (265).

³⁰ Formalnie zostały zastosowane po dwa panele LCD na jednej (dwustronnej) tablicy DIP.

³¹ Tablice firmy PIXEL Sp. z o.o., model: TPMC.104x192-6.BY. Por. www.pixel.pl (dostęp: listopad 2019 r.).



Fot. 1. Tablica DIP na przystanku autobusowym „Piłsudskiego”

Źródło: zasoby własne autora

Tablice DIP zostały umiejscowione na głównych przystankach autobusowych sieci komunikacyjnej w mieście – na obszarze objętym I etapem wdrażanego projektu ITS (rys. 8).

Oprogramowanie CeSIP posiada wprowadzoną do swej pamięci całą więźbę ruchu transportu publicznego na terenie działania MZK³². W skład więźby wchodzi m.in. takie informacje jak:

- precyzyjnie określone pozycje GPS przystanków autobusowych,
- kształty odcinków międzyprzystankowych³³,
- zdefiniowane skrzyżowania z naniesionymi punktami wjazdowymi i zjazdowymi.

W pojazdach MZK zostały zainstalowane komputery pokładowe XC-6 firmy PIXEL Sp. z o.o. (zwane także sterownikami informacji liniowej lub autokomputerami). Ich głównym zadaniem jest zarządzanie systemem informacji pasażerskiej, monitoringiem wizyjnym, zliczaniem pasażerów oraz szeroko rozumianym rejestrowaniem parametrów technicznych oraz eksploatacyjnych w pojeździe. Urządzenie jest przystosowane do komunikacji z systemem zajezdniowym MZK za pomocą sieci WiFi lub GSM. Ponadto w trybie rzeczywistym rejestruje pozycję geograficzną pojazdu z wykorzystaniem odbiornika GPS oraz prezentuje ją na mapie wyświetlanej na terminalu kierowcy³⁴.

Integralną częścią komputera pokładowego XC-6 jest terminal sterujący PTD-10 (10-calowy monitor). Zadaniem terminalu sterującego jest prezentacja procesu realizacji kursu, wskaźników stanu pojazdu, jak również urządzeń systemu informacji pasażerskiej oraz systemu monitoringu wizyjnego (rys. 6).

Kierowca pojazdu przed rozpoczęciem pracy loguje się do systemu poprzez wpisanie na terminalu autokomputera

unikalnego identyfikatora i hasła. Następnie, chcąc mieć dostęp do zestawu realizowanych przez pojazd kursów, dokonuje wyboru numeru linii oraz brygady. Autokomputer wyświetli wówczas wszystkie kolejne kursy składające się na realizację zadań wybranej uprzednio brygady. CeSIP podczas logowania kierowcy do systemu automatycznie weryfikuje prawidłowość posiadanych w pamięci sterownika danych rozkładowych³⁵.

Z pojazdów komunikacji publicznej na bieżąco (poprzez GPS) spływają dane dotyczące ich aktualnej pozycji do Podsystemu Zarządzania Transportem Publicznym³⁶. Na podstawie tych danych, jak również teoretycznych danych rozkładowych oraz informacji o powiązaniu pojazdów z numerem linii i brygadą, a także wprowadzonymi do systemu CeSIP uprzednio przystankami i kształtami odcinków międzyprzystankowych – możliwe jest określenie aktualnego czasu przejazdu każdego z odcinków międzyprzystankowych, jak również odchyłki względem teoretycznego rozkładu jazdy. Wartość odchyłki oraz czas przejazdu odcinka międzyprzystankowego uwzględniany jest w prognozie przybycia pojazdu na przystanek. W oparciu o powyższe dane oraz bieżące powiązanie pojazdów z numerem linii i brygady w module raportu dyspozytora – system posiada precyzyjne informacje dotyczące tras pojazdów.

W przypadku, gdy komunikat o odjazdach tj. kierunek kursu pojazdu jest dłuższy niż liczba znaków w dedykowanej linii, to na tablicy DIP dokonywane jest przewijanie (skrolowanie) poziomo komunikatu celem ukazania całej jego treści. Informacje o odjazdach na tablicach są posortowane narastająco wg czasu pozostałego do odjazdu.

W przypadku braku danych o rzeczywistym czasie odjazdu danego pojazdu tablice wyświetlają informację rozkładową. Rozkład jazdy jest dostępny dla tablic niezależnie od połączenia z serwerem. Za wyświetlanie i przetwarzanie rozkładów w pamięci odpowiedzialny jest komputer przemysłowy. W przypadku braku łączności tablica wyświetla rozkład statyczny. W przypadku braku połączenia z serwerem istnieje możliwość „ręcznego” wgrywania aktualnych rozkładów jazdy linii odjeżdżających z danego przystanku poprzez USB oraz SSH.

Na jedną minutę przed rzeczywistym, czyli potwierdzonym przez system CeSIP, odjazdem pojazdu z przystanku – w sekwencji przyjazd pojawia się komunikat „>>>”. Po odjeździe pojazdu z przystanku wyświetlony uprzednio czas jego przyjazdu zostaje usunięty z tablicy, a prezentowany na niej rozkład ulega przesunięciu o jeden wiersz do góry. W pustym wierszu zostanie wyświetlony czas przyjazdu następnego autobusu.

Na tablicach DIP istnieje możliwość publikowania komunikatów systemowych o utrudnieniach/zmianach w rozkładach jazdy – wówczas w miejscu ostatniego 8-wiersza

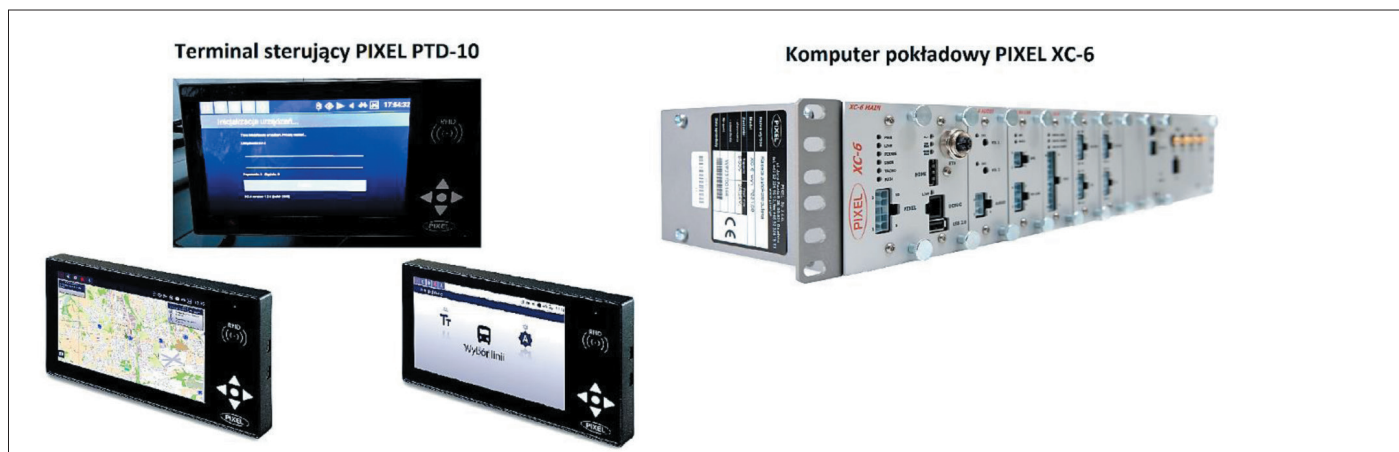
³² Ponadto w pamięci systemu CeSIP znajdują się także teoretyczne rozkłady jazdy MZK (w tym kursy oraz warianty).

³³ Kształt każdego odcinka tzw. *shape*, są aproksymowane do osi jezdni, po których kursują autobusy.

³⁴ <http://pixel.pl/pl/xc6/> (dostęp: listopad 2019 r.).

³⁵ Podsystem zarządzania transportem publicznym otrzymuje informację dotyczącą wybranego przez kierowcę rozkładu i w przypadku błędnego wyboru (np. niewłaściwy nr brygady), dyspozytor MZK otrzymuje niezwłocznie informację o takiej rozbieżności, przekazując ją do kierowcy.

³⁶ Dane GPS z pojazdów wysyłane są ze stałą częstotliwością. Domyślna wartość częstotliwości wynosi 10 sekund – jest to parametr konfigurowalny.



Rys. 6. Urządzenia pokładowe w taborze MZK – autokomputer oraz terminal sterujący
Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów firmy PIXEL Sp. z o.o.

tablicy prezentowana jest treść komunikatu (skrolowana w poziomie).

Tablica DIP umożliwia wyświetlanie tekstów składających się z dowolnej sekwencji liter, w tym dużych lub małych oraz polskich znaków diakrytycznych. Ponadto tablica umożliwia automatyczne przełączanie jej trybu pracy – pomiędzy trybem pełnoekranowych komunikatów (graficznych, grafiki jednobitowej i tekstowych) a trybem pokazywania informacji o odjazdach³⁷.

Wszystkie tablice DIP zostały przystosowane do obsługi przez osoby z dysfunkcją wzroku – istnieje możliwość głosowego odczytu komunikatów o odjazdach (syntezator mowy) uruchamianego z guzika na obudowie słupka tablicy lub zdalnie (z odległości do około 15 m) – poprzez dedykowany pilot. Piloty zostały przekazane Kołu Grodzkiemu w Bielsku-Białej – Polskiego Związku Niewidomych.

Infrastruktura taborowa

W skład systemu informacji pasażerskiej taboru autobusowego wchodzi również tablice informacyjne, które są najbardziej widocznym elementem tegoż systemu. Urządzenia pozwalają na wyświetlanie informacji tekstowych – alfanumerycznych oraz graficznych, dzięki czemu zapewniają pasażerom właściwy poziom komunikatu o numerze linii oraz kierunku, w którym zmierza dany pojazd (fot. 2). Tablice czołowe i boczne umożliwiają także wyświetlanie informacji specjalnych np. „Zjazd do zajezdni”, „Przejazd techniczny”, „Awaria”³⁸.

We wnętrzu pojazdów MZK zamontowane zostały multimedialne wyświetlacze LCD (o przekątnej 23”) typu XID 230 – podłączone do komputera pokładowego, na których prezentowane są komunikaty dynamicznej informacji pasażerskiej³⁹. Monitor wyposażony jest w system automatycznej regulacji jasności obrazu – dostosowując



Fot. 2. Zewnętrzne pojazdowe elementy informacji pasażerskiej – tablice LED
Źródło: zasoby własne autora



Fot. 3. Wyświetlacz wewnętrzny LCD informacji pasażerskiej w autobusie
Źródło: zasoby własne autora

parametry matrycy do oświetlenia zewnętrznego. W autobusach klasy MAXI wprowadzono po jednym wyświetlaczu w przedniej części pojazdu (za kabiną kierowcy), a w autobusach klasy MEGA (przegubowych) – po dwa urządzenia, jedno zlokalizowane za kabiną kierowcy, drugie w okolicach drugich lub trzecich drzwi (w połowie długości pojazdu).

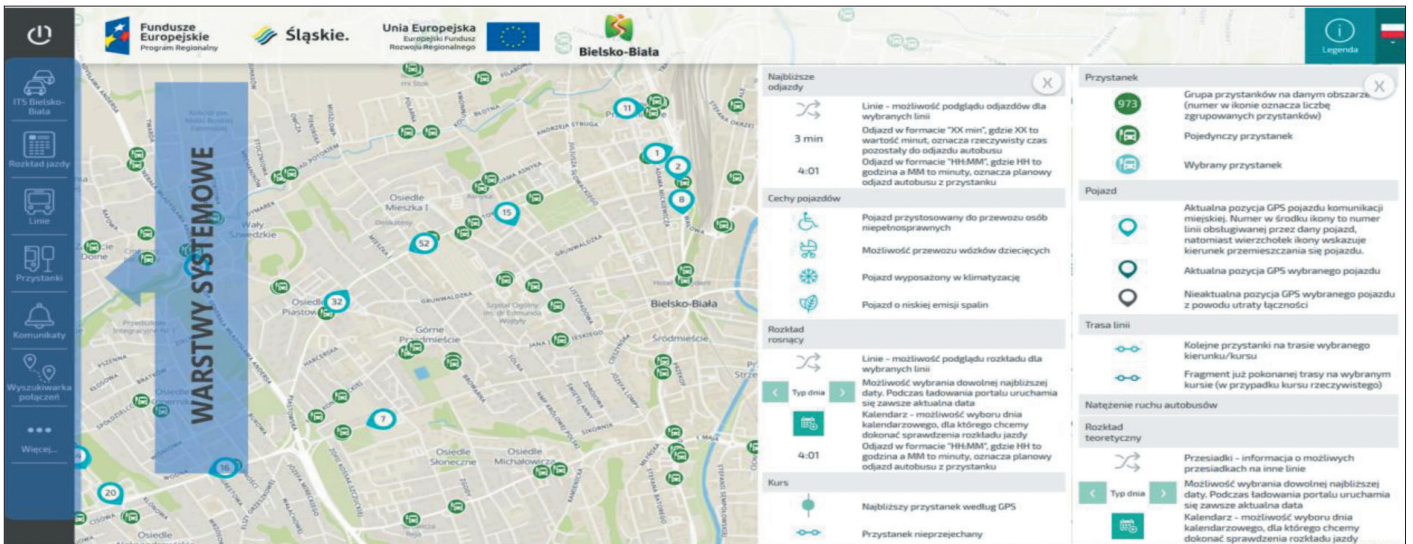
Wyświetlacze wewnętrzne podsufitowe LCD w pojazdach MZK informują pasażerów w następujących zakresach komunikatów (fot. 3)⁴⁰:

³⁷ Por. A. Molecki, *Dynamiczna Informacja Przystankowa – kompletność a wiarygodność przekazu*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 2016, nr 6, s. 18–26.

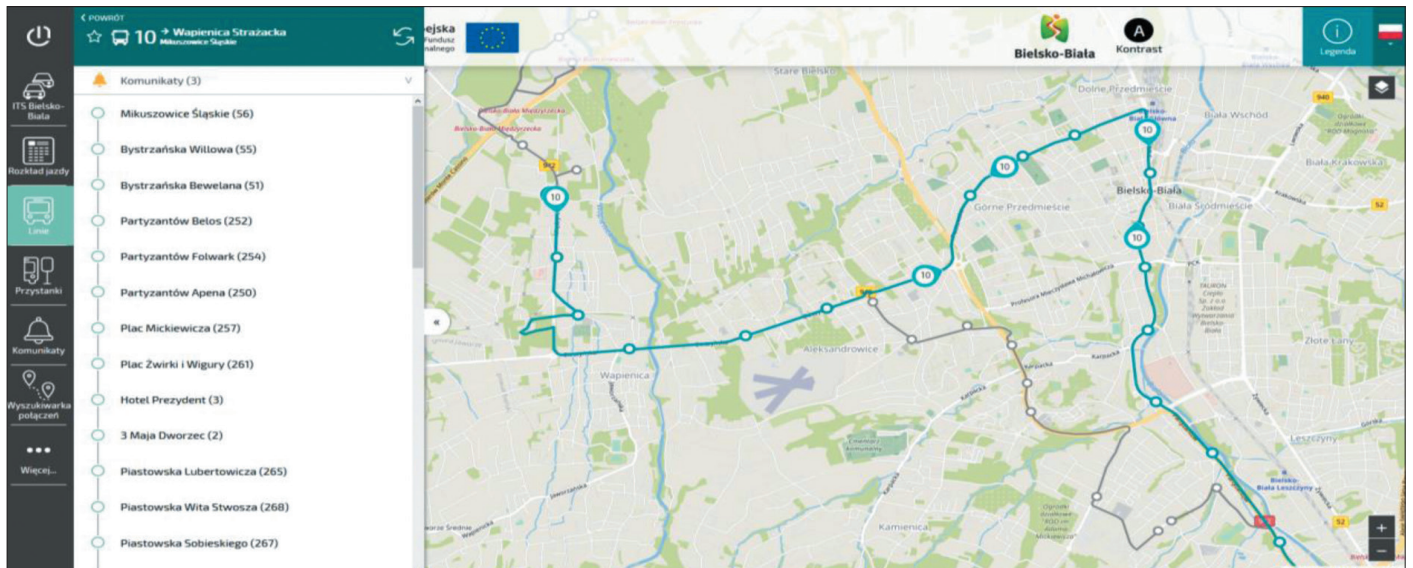
³⁸ Sz. Bartuś, *Nowoczesne systemy informacji...*, op.cit., s. 32.

³⁹ Monitor informacyjny XID 230 firmy PIXEL Sp. z o.o. – wykonany w technologii TFT z podświetleniem LED, z matrycą Full HD. Por. http://pixel.pl/wp-content/uploads/2017/05/Komunikacja-Miejska_PL.pdf (dostęp: listopad 2019 r.).

⁴⁰ <http://mzkb-b.samorzady.pl/?a=825> (dostęp: listopad 2019 r.).



Rys. 7. Warstwy systemowe w serwisie „rozkłady.bielsko.pl”
 Źródło: rozklady.bielsko.pl



Rys. 8. Przykładowa trasa linii 10 w serwisie „rozkłady.bielsko.pl”
 Źródło: rozklady.bielsko.pl



Rys. 9. Przykład komunikatu o zmianie trasy linii w serwisie „rozkłady.bielsko.pl”
 Źródło: rozklady.bielsko.pl

- oznaczenie linii w postaci numerycznej lub alfanumerycznej np. („13”, „13W”);
- pętla, do której zmierza pojazd np. „OS. LANGIEWICZA”;
- przebieg trasy (ulice z przystankami) w sekwencji płynącej lub naprzemiennej w formie tzw. liniowego wykresu trasy, w orientacji pionowej;
- wyróżnienie wybranych elementów przebiegu trasy (inwersja koloru);
- informacja o następnym przystanku (po odjeździe pojazdu z przystanku) np. „ŻYWIECKA STOJAŁOWSKIEGO”;
- informacja o bieżącym przystanku (przed dojazdem do przystanku);
- w przypadku naciśnięcia przez pasażera przycisku „na żądanie” – „STOP PRZYSTANEK NA ŻĄDANIE”;
- aktualny czas (godziny i minuty) oraz aktualna data wraz z dniem tygodnia;
- dodatkowe komunikaty przygotowane przez przewoźnika np. „BLOKADA KASOWNIKÓW PROSZĘ PRZYGOTOWAĆ BILETY DO KONTROLI”;
- prezentowanie obrazów graficznych spełniających funkcje informacyjne, reklamy oraz komunikaty specjalne przesyłane przez system dyspozytorski.

Ważnym elementem wewnętrznej informacji pasażerskiej w pojeździe jest system powiadomień głosowych. Komunikaty głosowe są istotnym udogodnieniem dla osób o obniżonej mobilności (osoby niepełnosprawne, starsze), turystów, jak również nowych użytkowników miejskiej komunikacji zbiorowej⁴¹.

Pojazdy MZK zostały także wyposażone w system automatycznej głosowej zapowiedzi informacji o trasie. Prezentacja komunikatów audio odbywa się poprzez urządzenie nagłaśniające – zestaw głośników zainstalowanych w płycie podsufitowej przestrzeni pasażerskiej pojazdu (dodatkowo w mikrofon do przekazywania pasażerom komunikatów przez kierowcę). W autobusach klasy MINI znajdują się 4 głośniki, w autobusach klasy MAXI – 6 głośników, a w autobusach klasy MEGA – 10 głośników. Tabor MZK nie posiada głośników zewnętrznych⁴².

Dla pasażerów system głosowej zapowiedzi może odzwierciedlać następujące rodzaje komunikatów:

- komunikaty z nazwą bieżącego przystanku;
- komunikaty z nazwą następnego przystanku;
- komunikaty o charakterze przystanków (np. „Przystanek na żądanie”);
- dodatkowe komunikaty, np. o przystanku końcowym, awarii pojazdu, o blokadzie kasowników i potrzebie przygotowaniu biletów do kontroli przez pasażerów itp.

Strona Internetowa dedykowana transportowi zbiorowemu – rozklady.bielsko.pl bazująca na aplikacji OnTime



Rys. 10. Aplikacja itsBB wystawiona w GooglePlay

firmy PIXEL (rysunki 7, 8, 9) – posiada funkcjonalności w zakresie takich elementów jak:

- przedstawienie rzeczywistej prognozy odjazdów ze wszystkich przystanków na sieci komunikacyjnej MZK,
- wyszukiwanie przystanku po jego numerze, nazwie, nazwie ulicy lub linii i kierunku (z funkcją podpowiedzi),
- wybranie prognozy rzeczywistych odjazdów dla właściwego przystanku (informacja jest ułożona rosnąco, poczynając od najbliższych odjazdów),
- planer podróży – wskazanie na mapie punktu startu oraz punktu docelowego lub wprowadzenie, np. adresu lub charakterystycznej nazwy (z funkcją podpowiedzi) wyświetla informację z czasem dojazdu do najbliższego przystanku komunikacji miejskiej, o czasie dotarcia do celu, numerze linii autobusowej – z możliwością wprowadzenia daty (np. z kalendarza), godziny wyjścia oraz w przypadku wyposażenia urządzenia w GPS punkt startu, jako aktualne położenie podróźnego,
- informacje i komunikaty o zmianach w funkcjonowaniu komunikacji miejskiej.

Ponadto utworzona została aplikacja itsBB na urządzenia mobilne (typu smartfon, tablet – dostępna na platformy: Android, iOS) – rysunek 10. Aplikacja jest elementem łączącym w sobie portal ITS oraz portal pasażerski – posiada tożsame funkcjonalności, co dedykowana strona WWW – dzięki responsywnemu działaniu (dostosowywanie się automatyczne do wielkości ekranu, na którym jest wyświetlana). Za kluczowe funkcjonalności aplikacji dotyczącej transportu zbiorowego należy uznać⁴³:

- sprawdzenie trasy wybranej linii oraz wariantów (zarówno na mapie, jak i liście przystanków tzw. koraliki);
- prezentowanie na mapie położenia pojazdów przypisanych do linii;
- rozkład tabliczek przystankowych (wybór dni z kalendarza);

⁴¹ R. Kędzior, Z. Bryniarska, *Informacja pasażerska...*, op.cit., s. 29.

⁴² <http://mzkb-b.samorzady.pl/?a=825> (dostęp: listopad 2019 r.).

⁴³ <https://rozklady.bielsko.pl/> (dostęp: listopad 2019 r.).

- rzeczywiste odjazdy dla najbliższych 90 minut (najbliższe odjazdy);
- odjazdy teoretyczne z przystanku w formie rosnącej (możliwość filtrowania po liniach);
- dodawanie przystanków i linii do ulubionych.

Dzięki aplikacji itsBB i responsywnemu serwisowi WWW (rozklady.bielsko.pl), pasażer komunikacji zbiorowej w Bielsku-Białej ma możliwość zapoznania się z: rozkładem jazdy, trasami linii autobusowych, rzeczywistą informacją pasażerską, podglądem położenia pojazdów na mapie i prognozą ich przybycia na konkretne przystanki czy też zmianami i innymi komunikatami dotyczącymi transportu publicznego.

Należy podkreślić, iż optymalizacja obsługi systemu informacji pasażerskiej przekłada się na zwiększenie bezpieczeństwa jazdy, polepszenie warunków pracy osób prowadzących pojazd, jak również udogodnienia dla pasażerów oraz ograniczenie kosztów związanych z eksploatacją taboru, co jest szczególnie istotne dla przewoźników.

Podsumowanie

Ostatnia dekada stanowi dla polskich miast czas dynamicznego rozwoju w zakresie wdrażania nowoczesnych narzędzi telematycznych w miejskim transporcie zbiorowym – zarówno w dużych aglomeracjach (Łódź, Kraków, Wrocław, Poznań, Szczecin), jak również w mniejszych ośrodkach miejskich (Jastrzębie Zdrój, Legnica, Grudziądz, Inowrocław, Wałbrzych). Bez wątplenia impulsem dla samorządów do podjęcia szerokich działań w tym sektorze jest możliwość współfinansowania przedsięwzięć z funduszy UE⁴⁴.

Artykuł przedstawia mechanizm wdrożeniowy ITS w mieście średniej wielkości, jakim jest Bielsko-Biała – w ramach realizacji projektu pn. „Zaprojektowanie, dostarczenie, wykonanie i uruchomienie do działania w ruchu ulicznym miasta Bielsko-Biała Systemu ITS, w zadaniu „Rozwój Zrównoważonego Transportu Miejskiego w Bielsku-Białej” – Etap I.

Komunikację miejską w Bielsku-Białej cechuje niekorzystna tendencja w szeregu pozycji wskaźnikowych m.in. w zakresie popytu (spadek liczby przewożonych pasażerów), jak również rentowności (wzrost wielkości dopłaty Gminy do wzk), dlatego też w zakresie mechanizmów nadzorowania oraz zarządzania ruchem wykorzystano ITS dla podjęcia działań ukierunkowanych na zwiększenie atrakcyjności transportu publicznego dla pasażerów na terenie miasta.

W ramach analizy wdrożeniowej dokonano pomiarów czasu przejazdów „przed” i „po” wdrożeniu systemu ITS – porównanie końcowe. Pomiary wykonane zostały zgodnie z SIWZ

⁴⁴ Dotyczy to zarówno dedykowanych działań w programach szczebla krajowego: Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko (POIS) w ramach działania 8.3 (Rozwój Inteligentnych Systemów Transportowych), a także działań 7.3 (Transport miejski w obszarach metropolitalnych) i 8.1 (Bezpieczeństwo ruchu drogowego), w Programie Operacyjnym Rozwój Polski Wschodniej w ramach działania 3.1 (Systemy miejskiego transportu zbiorowego) oraz w Regionalnych Programach Operacyjnych poszczególnych województw. Por. A. Selwon, K. Roman, *Wpływ Inteligentnych Systemów Transportowych na redukcję kongestii w miastach*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 2017, nr 3, s. 29.

Tabela 1

Zestawienie poprawy czasu przejazdu dla badanego korytarza autobusowego					
Kierunek	Okres	Średni pomiar „przed” [min]	Cel (-11%) [min]	Średni pomiar „po” [min]	Skrócenie czasu przejazdu [%]
NS	szczyt poranny	10:06	08:59	08:20	-17,5
NS	międzyszczyt	10:31	09:22	08:52	-15,8
NS	szczyt popołudniowy	12:29	11:07	10:10	-18,6
SN	szczyt poranny	11:57	10:38	10:16	-14,0
SN	międzyszczyt	10:31	09:22	09:10	-12,9
SN	szczyt popołudniowy	11:07	09:54	09:49	-11,8
średnia					-15,1%

Źródło: „SYSTEM ITS DLA MIASTA BIELSKO-BIAŁA – Efektywność działania systemu. Pomiar czasu przejazdów „przed” i „po” wdrożeniu systemu ITS – porównanie końcowe”, październik 2018 r., s. 24

Tabela 2

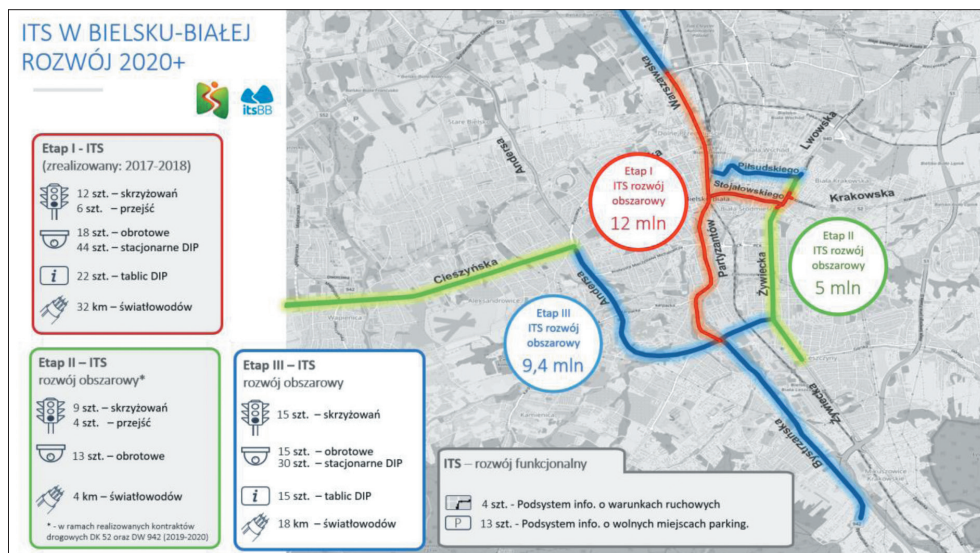
Kierunek	Okres	Średni pomiar „przed” [km/h]	Cel (zwiększenie o 2 ÷ 5 km/h) [km/h]	Średni pomiar „po” [km/h]	Zwiększenie prędkości [km/h]
NS	szczyt poranny	19,31	21,31–24,31	23,40	+4,09
NS	międzyszczyt	18,54	20,54–23,54	21,99	+3,45
NS	szczyt popołudniowy	15,62	17,62–20,62	19,18	+3,56
SN	szczyt poranny	16,67	18,67–21,67	19,40	+2,73
SN	międzyszczyt	18,94	20,94–23,94	21,73	+2,79
SN	szczyt popołudniowy	17,92	19,92–22,92	20,29	+2,37
średnia					+3,17 km/h

Źródło: „SYSTEM ITS DLA MIASTA BIELSKO-BIAŁA – Efektywność działania systemu. Pomiar czasu przejazdów „przed” i „po” wdrożeniu systemu ITS – porównanie końcowe”, październik 2018 r., s. 24.

dla oceny efektywności systemu ITS w Bielsku-Białej. Na podstawie wyników pomiarów zostały wyliczone wskaźniki efektywności systemu: zmiana czasu przejazdu osobno dla autobusów i samochodów. Pomiar „przed” przeprowadzono w październiku 2017 roku, a pomiar „po” w październiku 2018 roku⁴⁵. W zakresie transportu zbiorowego badaniami objęto korytarz autobusowy (A) o długości 3320 m – od przystanku Warszawska Dworzec do przystanku Partyzantów Folwark. W jego ciągu znajduje się 19 (w kierunku południowym) lub 20 (w kierunku północnym) punktów charakterystycznych (przystanki autobusowe, skrzyżowania, przejścia dla pieszych). Korytarzem poruszały się linie autobusowe nr 8, 35L (w kierunku północnym), 35S (w kierunku południowym) i 57.

W przypadku korytarza autobusowego celem było osiągnięcie wyniku średniego czasu przejazdu odcinkiem

⁴⁵ Pomiar „przed” uruchomieniem ITS został przeprowadzony w dniach 17–19 października 2017 r. (pomiar odniesienia), natomiast pomiar „po” uruchomieniu systemu ITS w dniach: 24–25 i 30 października 2018 r. (pomiar porównawczy). Dla zapewnienia porównywalności warunków pomiarów zostały one przeprowadzone w robocze dni tygodnia (tylko wtorki, środy i czwartki), nie sąsiadujące z dniem wolnym od pracy. Dobrane dni cechowały się porównywalnymi warunkami pogodowymi i temperaturami dodatnimi przez całą dobę. Pomiary na każdym korytarzu zostały wykonane w czasie szczytu porannego (godziny 06:30–08:30), w godzinach międzyszczytowych (godziny 10:30–12:30) oraz w godzinach szczytu popołudniowego (godziny 14:30–16:30). Dla uzyskania wyników statystycznie wiarygodnych przyjęto, że minimalna liczba przejazdów na każdym odcinku i w każdym kierunku dla każdego okresu pomiarowego będzie wynosić: (10 dla przejazdów samochodowych, 5 dla przejazdów autobusowych).



Rys. 10. Etapowanie rozwoju ITS w Bielsku-Białej
Źródło: opracowanie własne

pomiarowym mniejszego o co najmniej 11%, a w efekcie poprawy prędkości przejazdu od 2 do 5 km/h. W wyniku dokonanych pomiarów wykazano taką poprawę dla każdego kierunku ruchu i badanego okresu, wartość średnia poprawy czasu przejazdu wyniosła 15,1% (tab. 1), a prędkości przejazdu 3,17 km/h (tab. 2).

Za istotną cechę opisywanego systemu ITS należy uznać jego otwartość dającą możliwość integracji różnych rozwiązań produktowych celem uzyskania efektu synergicznego, także w aspekcie kolejnych wdrożeń – rozwoju ITS w zakresie zarówno obszarowym, jak i funkcjonalnym (m.in. podsystemu informacji o warunkach ruchowych, pomiaru natężenia ruchu, informacji o wolnych miejscach parkingowych) – rysunek 10.

Literatura

- Aleksandrowicz J., Piwowarczyk M., *Sposoby detekcji pojazdów transportu zbiorowego i ich funkcjonalność*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2016, nr 5.
- Bartuś Sz., *Nowoczesne systemy informacji pasażerskiej w pojazdach transportu zbiorowego na przykładzie wybranych polskich miast*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2014, nr 7
- Czupich M., Kola-Bezka M., Ignasiak-Szulc A., *Czynniki i bariery wdrażania koncepcji smart city w Polsce*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 2016, nr 276.
- 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.
- Karoń G., Żochowska R., *Oddziaływanie usług ITS na potoki ruchu w sieci transportowej – założenia do modelowania procesów transportowych*, „Logistyka”, 2015, nr 4.
- Kędzior R., Bryniarska Z., *Informacja pasażerska w publicznym transporcie zbiorowym*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2015, nr 6.
- Kisielewski P., *Nowoczesna platforma projektowa i integracyjna systemów IT w transporcie zbiorowym*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2016, nr 5.
- Lejda K., Siedlecka S., *Inteligentne systemy sterowania ruchem drogowym w miastach*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 2016, nr 12.
- Leśko M., Guzik J., *Sterowanie ruchem drogowym, sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
- Mercik A., *Inteligentne Systemy Transportowe a polityka zrównoważonej mobilności miejskiej*, „Komunikacja Publiczna”, 2017, nr 2(67).
- Molecki A., *Dynamiczna Informacja Przystankowa – kompletność a zwiezłość przekazu*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 2016, nr 6.
- Oskarbski J., Birr K., Miszewski M., Źarski K., *Wyznaczenie prędkości średniej pojazdów transportu zbiorowego na podstawie danych z systemów zarządzania ruchem*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2016, nr 5.
- Selwon A., Roman K., *Wpływ Inteligentnych Systemów Transportowych na redukcję kongestii w miastach*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 2017, nr 3.
- Siergiejczyk M., Krzykowska K., Tatar K., *Wdrażanie usługi ITS monitorowania i nadzoru ruchu pojazdów w obszarze miejskim*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 2016, nr 12.
- Starowicz W., *Charakterystyka polskiej normy „Jakość usług w publicznym transporcie pasażerskim”*, „TTS Technika Transportu Szynowego”, 2004, nr 9.
- Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
- Starowicz W., *Kształtowanie jakości usług przewozowych w miejskim transporcie zbiorowym*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2001.
- Opracowanie modelu organizacji oraz zarządzania publicznym transportem zbiorowym na obszarze miasta Bielska-Białej. ETAP 1 – Wielopłaszczyznowa diagnoza funkcjonowania systemu publicznego transportu zbiorowego*, Refunda – Trako Projekty Transportowe, Bielsko-Biała 2017.
- Plan działania na rzecz wdrożenia inteligentnych systemów transportowych w Europie*, COM(2008), Komunikat Komisji, Bruksela, 20.3.2009.
- Raport o stanie komunikacji miejskiej w Polsce w latach 2009–2015*, red. Woliński M., IGKM, Warszawa 2016.
- SYSTEM ITS DLA MIASTA BIELSKO-BIAŁA – Efektywność działania systemu. Pomiar czasu przejazdów „przed” i „po” wdrożeniu systemu ITS – porównanie końcowe, październik 2018 r.*
- Zaprojektowanie, dostarczenie, wykonanie i uruchomienie do działania w ruchu ulicznym miasta Bielsko-Biała Systemu ITS, Część V – Projekt Podsystemu Zarządzania Transportem Publicznym z Dynamiczną Informacją Pasażerską Tom 1 – System CeSIP i BusMan120*, styczeń 2018 r.
- Oleksiuk S., *Podsystem zarządzania transportem publicznym w ramach Inteligentnego Systemu Transportowego (ITS) w Bielsku-Białej*, Praca dyplomowa pod kierunkiem prof. Wiesława Starowicza na Studiach Podyplomowych „Miejski transport zbiorowy – zarządzanie, organizacja, nowoczesne technologie i informatyczne wspomaganie”, Politechnika Krakowska, 2018.