

Marzena BANACH*

EKOLOGICZNE ROZWIĄZANIA TYPU SMART W MIEŚCIE (ETAP II)

Współczesne miasta stawiają czoła różnym problemom, które częściowo wynikają również ze zmian struktury potrzeb mieszkańców. Odpowiedzią na niektóre z nich ma być idea tzw. miast inteligentnych dotycząca ich rozwoju w różnych obszarach związanych z funkcjonowaniem terenów zurbanizowanych. Jednym z ważniejszych systemów w miastach jest transport. Zapewnia on ich funkcjonowanie, dlatego nie jest możliwe całkowite jego wyeliminowanie, stąd też rozważania nad regeneracyjnym dla środowiska miejskiego wpływem wprowadzenia inteligentnych technologii do systemu transportowego. Przedstawiony zestaw publikacji zawiera techniczne rozwiązania, zarówno te dotyczące przestrzeni miejskich, jak i inteligentnych rozwiązań dla miast w przyszłości. To właśnie dostosowanie do użytkowników zależy od szczegółów związanych z implementacją partykularnych technologii lub innych rozwiązań. Zaprezentowany cykl opracowań przedstawia kwestie bezpośrednio związane z transportem inteligentnym, a także z potencjałem, jaki może przysłużyć się nowoczesnej, proekologicznej urbanistyce.

Słowa kluczowe: smart-city, inteligentny system transportowy, przestrzeń miejska, ekologia

1. WPROWADZENIE

W przedstawionych pracach własnych oraz współautorskich zaprezentowano wyniki badań uzyskane w kilku obszarach związanych z rozwojem miast w kierunku tzw. miast inteligentnych oraz ekologicznych.

Współczesne miasta borykają się z różnymi problemami lokalnymi, jednak globalnie muszą stawić czoła głównie zachodzącym zmianom klimatycznym oraz dużemu zagęszczeniu ludności. W tym kontekście podejmowane są różne inicjatywy, zarówno legislacyjne, jak i projektowe czy wdrożeniowe. Wśród tych dwóch ostatnich nie bra-

* Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego. ORCID: 0000-0002-2278-9140.

kuje konkretnych rozwiązań z zakresu urbanistyki opartych na ideach proekologicznych czy też zrównoważonego rozwoju. Równie istotne, w odniesieniu do bolączek współczesnych aglomeracji, mogą okazać się nowoczesne technologie. Mowa tu przede wszystkim o kwestii gęstości zaludnienia, zwłaszcza miast, gdzie obecnie mieszka ponad 50% światowej populacji [ISO 37120], a zgodnie z prognozami za 30 lat ma mieszkać blisko 70% (przy zachowaniu obecnego tempa wzrostu migracji).

Takiemu stanowi rzeczy towarzyszą jeszcze inne, zauważalne w niektórych krajach (także np. w Polsce), zjawiska, m.in. związane z coraz chętniej wybieranym miejscem zamieszkania w tzw. miejscowościach satelickich. Ponieważ współcześnie ludzie coraz częściej zamieszkują także z dala od miejsca pracy lub szkoły, pojawiają się inne problemy mieszkańców, a mianowicie problemy transportowe – zwłaszcza w Polsce. Wprawdzie niektóre aspekty życia poza ośrodkiem metropolitalnym są bardziej korzystne niż w jego centrum (np. czystość powietrza, dostęp do zasobów przyrodniczych, mniejsze zagęszczenie zabudowy i ludności, wyższy komfort budynków itp.), to jednak są też minusy. Do tych ostatnich zaliczyć można przede wszystkim konieczność codziennych, nieraz czasochłonnych dojazdów – i to własnym środkiem transportu (m.in. ze względu na dużą dostępność aut), co powoduje w konsekwencji duże zatłoczenie na drogach.

By temu zaradzić, prowadzone są badania, próby wdrażania nowych technologii, jak chociażby inteligentnego systemu transportowego (ITS – ang. *intelligent transportation system*), którego zadaniem jest poprawa płynności ruchu drogowego (np. adaptacyjne sterowanie sygnalizacją świetlną). Inteligentny system transportowy (ITS) to stosunkowo nowa koncepcja obejmująca rozwiązania, których celem jest optymalizacja transportu dzięki nowoczesnym technologiom. Obejmują one te z dziedziny sztucznej inteligencji (AI) oraz technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT). Funkcje rozważane w ramach ITS można podzielić na kilka klas ogólnych. Jedną z nich są rozwiązania odpowiedzialne za zapewnienie odpowiednich, aktualnych informacji dla pasażerów transportu publicznego i kierowców samochodów. Inna grupa dąży do zwiększenia przepływu w obszarach miejskich w celu wyeliminowania lub ograniczenia korków, co może spowodować znaczne zmniejszenie poziomu zanieczyszczenia w miastach.

Z kolei przy rozwoju miast dzięki zrównoważonemu rozwojowi podchodzi się całościowo do problematyki ich funkcjonowania. Niezmiernie ważna jest poprawa warunków ekologicznych, jakości nauczania, perspektyw zatrudnienia, rozwoju etc. Równie ważne z pewnością jest bezpieczeństwo: i to partykularne – jednostki (osoby), i to gremialne (większych jednostek, takich jak szkoła, imprezy masowe, centra handlowe), czy wręcz całej lokalnej populacji (np. zamieszkującej dane miasto – w kontekście chociażby kataklizmu czy klęski żywiołowej itd.).

Ekologiczne i inteligentne podejście do kształtowania aglomeracji przyszłości będzie powodowało nieuniknioną ingerencję w istniejące struktury miejskie lub sposób ich planowania czy egzystowania.

Podstawą funkcjonowania miasta, również tego, które chciałoby pretendować do miana inteligentnego, jest odpowiednie gospodarowanie przestrzenią. Jednym z założeń

rozwoju miast inteligentnych powinno być promowanie takich rozwiązań, które temu sprzyjają, uwzględniając przy tym indywidualne cechy danej miejscowości. Miasta bowiem różnią się od siebie pod wieloma względami (m.in. położeniem geograficznym, klimatem, rzeźbą terenu), co wymusza opracowywanie odrębnych modeli.

Generalnie należy pamiętać o tym, że u podstaw tworzenia idei inteligentnych czy też ekologicznych miast zawsze powinny znajdować się potrzeby oraz oczekiwania ludzi. Miasto, szanując bogactwo różnorodności mieszkańców, a wraz z nią wielość i odmienność ich oczekiwań, może, a nawet powinno się zmieniać. Owa inteligencja miasta powinna polegać przede wszystkim na rozeznaniu potrzeb, które ulegają szybkim zmianom.

Poniżej przedstawiono główne tezy prac będące wynikiem przeprowadzonych badań w opisanym obszarze. Prace te wiążą się z nakreśloną wyżej wizją rozwoju miast przyszłości w kierunku ich większej funkcjonalności, z większym naciskiem położonym na aspekty ekologiczne. Przyczynić się do tego mogą wskazane poniżej nowe rozwiązania, które zapewnią im lepszy krwioobieg, rozumiany tu jako system arterii komunikacyjnych obsługujących miasto.

2. PUBLIKACJA 1 – „USE OF INTELLIGENT HYBRID SOLUTIONS IN SUSTAINABLE PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEM FOR THE NET OF SMALL CITIES”

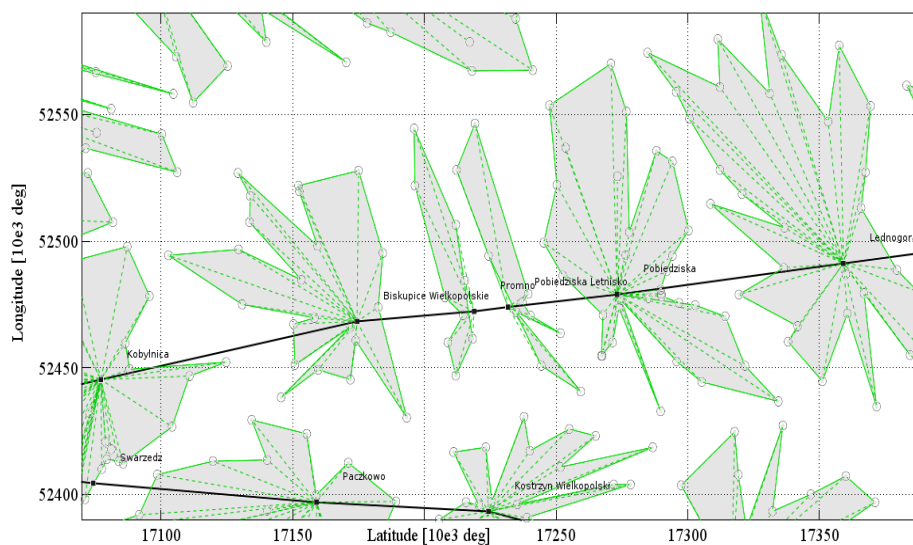
W niniejszym artykule przedstawiono koncepcję inteligentnego hybrydowego transportu publicznego, który miałby obsługiwać mieszkańców małych miejscowości satelitycznych w pobliżu większych polskich aglomeracji [Szymańska, Grzelak-Kostulska 2005].

W Polsce szybki wzrost liczby samochodów, a co za tym idzie – wzmożone zatłoczenie tras komunikacyjnych, wynika ze znacznego importu używanych samochodów z krajów Unii Europejskiej po przystąpieniu Polski do UE. Dodatkowo w przypadku wielu małych miasteczek stwierdza się niedorozwój czynników kształtujących miasto [Wałkuska 2003], związany głównie z obsługą ludności, a tym samym infrastrukturą transportową, dlatego małe miasta w Polsce często stają się satelitami większych miast, na przykład pod względem zainteresowań gospodarczych i edukacyjnych.

W niniejszym opracowaniu dokonano przeglądu rozwiązań i tych obecnie używanych, i tych, które mają szansę stać się popularne w krótkim czasie. Są to m.in.:

- zintegrowana kolej i transport publiczny – w Poznaniu na przykład jest to bilet BTK (Bus – Tramwaj – Kolej), ważny dla pociągów w obrębie promienia ok. 50 km od Poznania;
- rower miejski;
- darmowy transport publiczny (najczęściej lokalnie);
- Mobility on Demand – mobilność na żądanie (MOD) jest rozwiązaniem podobnym do roweru miejskiego, które polega na wypożyczeniu auta na krótkie okresy [MOD 2016];
- taksówki autonomiczne.

W naszym kraju dość powszechne jest zjawisko codziennego dojeżdżania do szkoły czy pracy. Dojazdy te obejmują dystanse wynoszące czasem nawet kilkadziesiąt kilometrów od miasta metropolitalnego. Z powodu relatywnie wysokiego kosztu transportu publicznego oraz mało elastycznego rozkładu jazdy często wybieranym środkiem transportu jest prywatny samochód. Ma to swoje przełożenie na zwiększony ruch drogowy w mieście centralnym. Dodatkową przeszkodą w korzystaniu z transportu publicznego, w wielu przypadkach, jest brak dogodnego parkingu bezpośrednio przy lokalnej stacji kolejowej. Wiąże się to z możliwością pozostawienia własnego samochodu i sprawnego przesiadania się z jednego środka (własnego auta) do drugiego – publicznego (np. kolej). Zaproponowane rozwiązanie mające służyć poprawie elastyczności podmiejskiego transportu publicznego polega na zastosowaniu w nim w niedalekiej przyszłości pojazdów autonomicznych, ale lokalnie, w obrębie stacji kolejowych. Takie pojazdy nie wymagałyby parkingów, byłyby jednocześnie środkiem transportu „na żądanie”, podobnie jak własny samochód. Przykładową analizę dla polskich gmin pokazano na podstawie siatek Voronoi ilustrujących rozległość obszarów, z których mieszkańcy dojeżdżają do lokalnej stacji kolejowej. Ważnym parametrem są tu odległości, które pokonywałyby takie pojazdy, obsługując określoną grupę mieszkańców. Im większa odległość, tym wymagana jest większa liczba takich pojazdów na danym obszarze. Przykładem jest studium przypadku (rys. 1).



Rys. 1. Studium przypadku dot. wybranej linii kolejowej – Pobodziska k. Poznania. Szare kształty ilustrują zasięg poszczególnych lokalnych stacji (diagram Voronoi) – na podstawie współrzędnych geograficznych

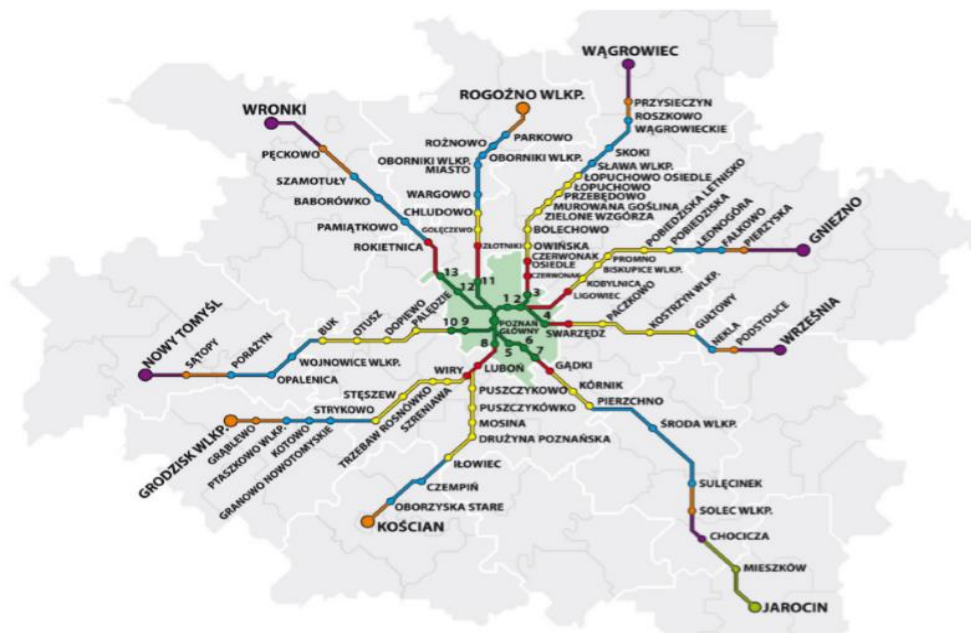
W artykule tym zaproponowano sposób, w jaki nowoczesne technologie, zwłaszcza w obszarze inteligentnego systemu transportowego (ITS), mogą być wykorzystane jako wsparcie dla transportu publicznego w mniejszych miastach satelitarnych, bardziej oddalonych od centrum większych aglomeracji miejskich. Jednym z rozwiązań w najbliższej przyszłości może być opracowanie i rozpowszechnienie inteligentnego systemu transportu publicznego, który z jednej strony oferowałby elastyczne opcje transportu i – co ważne tutaj – rozwiązałby problem pierwszego i ostatniego kilometra. Można to osiągnąć za pomocą autonomicznych samochodów działających na peryferiach miast.

3. PUBLIKACJA 2 – „SOLUTIONS FOR PLANNING SMART HYBRID PUBLIC TRANSPORTATION SYSTEM – POZNAŃ AGGLOMERATION AS A CASE STUDY OF SATELLITE TOWNS’ CONNECTIONS”

Podstawowym celem internetu przedmiotów jest tworzenie inteligentnych przestrzeni, w tym miast i inteligentnego systemu transportu (ITS). Jednym z wariantów ITS jest inteligentny hybrydowy system transportu publicznego, który jest w centrum badań przedstawionych w kolejnej publikacji. System ten, by efektywnie się rozwijać, wymaga szerokiego wsparcia ze strony technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT). Aby działał optymalnie, pojazdy wchodzące w jego skład muszą mieć możliwość wymiany danych z innymi użytkownikami dróg i infrastrukturą drogową. Dotyczy to zwłaszcza pojazdów autonomicznych, których trajektorie mogą być w przyszłości kontrolowane za pośrednictwem sieci komunikacyjnej pojazd – infrastruktura (V2I). W artykule tym zaproponowano system, który można wykorzystać do optymalizacji granic stosunkowo małych stref podmiejskich, w których dopuszczone byłyby publiczne pojazdy autonomiczne. Pojazdy tego typu mogą oferować transport tylko do najbliższych lokalnych stacji kolejowych, z których podróże do centralnego miasta aglomeracji byłaby kontynuowana na przykład pociągiem. Koncepcja tego rozwiązania opiera się na schematach Voronoi, na których poszczególne podmiejskie stacje kolejowe są traktowane jako lokalne atraktory. Proponowany system oprogramowania w jednym z etapów wykorzystuje Google Maps. Można więc wyznaczyć odległości drogowe i czasy podróży między poszczególnymi miastami. Na podstawie takich danych określa się wspomniane strefy. Ich granice, a także optymalne trasy w danym okresie dnia mogą być przekazywane pojazdom za pośrednictwem systemu V2I. Wydajność systemu została przedstawiona na przykładzie Poznania.

Idea inteligentnych miast jest często związana z rozwiązaniami technicznymi i społecznymi, które mają na celu poprawę jakości szeroko rozumianego codziennego funkcjonowania mieszkańców miast. Rozwiązania te obejmują różne obiekty, w których wykorzystuje się nowatorską sztuczną inteligencję (AI) oraz technologie informacyjne i komunikacyjne (ICT) [Azkuna 2012]. Na przykład technologie te są

wykorzystywane w celu ułatwienia dostępu do informacji, oferują systemy informacyjne pasażerom, turystom itp. Na wyższym poziomie proponowane są bardziej zaawansowane rozwiązania, takie jak zdalny dostęp do biur [Spot Mairie 2019]. Jednak jednym z głównych filarów inteligentnych miast jest tak zwany inteligentny system transportowy (ITS) [Benevolo, Dameri, D’Auria 2016], który w dużej mierze opiera się na różnych technologiach AI i ICT. Oczekuje się, że ITS przekształci transport w bardziej funkcjonalne, elastyczne i ekologiczne rozwiązania. Naprawdę inteligentny system tego typu powinien oferować kompleksowe rozwiązania na poziomie większych aglomeracji kosmicznych. Cel ten można osiągnąć dzięki opracowaniu inteligentnego publicznego hybrydowego systemu transportu. Rozwiązania technologiczne stosowane w inteligentnych miastach powinny przede wszystkim przynosić realne korzyści społeczne w obszarach bezpieczeństwa, ekologii i gospodarki. Przy odpowiednim podejściu korzyści te mogą być bezpośrednio oferowane przez ITS. Jedną z nich, będącą tematem tej pracy, jest poprawa konkurencyjności i elastyczności transportu publicznego w miastach i wsiach – satelitach dużych miast w aglomeracjach. Ich mieszkańcy, którzy stanowią znaczny odsetek wszystkich mieszkańców aglomeracji, regularnie dojeżdżają do centrum miasta, głównie w celach edukacyjnych i zawodowych. Brak atrakcyjnej oferty transportu publicznego, np. rzadkie i niewygodne połączenia, długi czas podróży, powoduje, że samochód jest często używanym środkiem transportu (w Polsce). Podobnie jak większość dziedzin życia transport podlega konkurencji rynkowej. W zakresie transportu publicz-



Rys. 2. Publiczny hybrydowy system transportu w Poznaniu [BTK 2018]

nego konkurencyjna oferta to taka oferta, która jest porównywalna z tym, co zapewnia transport indywidualny. A zatem oczekuje się szybszych, tańszych, wygodniejszych i bardziej elastycznych rozwiązań. Jedną z możliwych odpowiedzi na tę potrzebę jest połączenie dwóch środków transportu: samochodu własnego i transportu publicznego, co nie jest nowe (spotykane było w aglomeracjach na całym świecie).

Zwykle parkingi są tworzone w pobliżu dworca kolejowego i dostępne dla osób, które przesiadają się na pociąg. Jednak nie zawsze jest to możliwe w praktyce. Na przykład na wielu dworcach kolejowych w Polsce nie ma miejsca na wystarczająco duży parking, chociażby np. przy dworcu kolejowym w Biskupicach Wielkopolskich, wsi położonej około 20 km od Poznania (Poznań jest centralnym miastem aglomeracji). Ze względu na brak miejsca nie można zbudować parkingu na tej stacji. Biskupice Wielkopolskie i sąsiednie wioski zamieszkuje ponad 2000 osób, z których wiele podróżuje do Poznania prawie codziennie. Oznacza to nawet ponad sto dodatkowych samochodów na drogach tego miasta. Jest to stosunkowo powszechny problem w Polsce, który należy rozwiązać.

W ostatnich latach przemysł motoryzacyjny dynamicznie się rozwija. Jednym z gorących kierunków jest popularyzacja pojazdów autonomicznych opracowanych przez wielu producentów samochodów. Celem takich rozwiązań jest przede wszystkim poprawa bezpieczeństwa na drodze przez eliminację błędów popełnianych przez kierowców. Kolejnym ważnym celem jest optymalizacja stylu jazdy, co doprowadzi do ograniczenia emisji zanieczyszczeń. Warto jednak zwrócić uwagę na kilka podstawowych aspektów związanych z pojazdami autonomicznymi. Jednym z nich jest duża złożoność środowiska „widzianego” przez takie pojazdy.

Kolejnym problemem może być długi okres przejściowy, podczas którego pojazdy autonomiczne będą współistnieć z samochodami konwencjonalnymi, co powoduje problemy z bezpieczeństwem. Pomimo tych problemów pojawienie się pojazdów autonomicznych może mieć pozytywny wpływ na publiczny transport hybrydowy. Przy pewnych założeniach takie samochody mogą być używane w opisanym okresie przejściowym. Rozważamy używanie takich samochodów w ograniczonych, dobrze zdefiniowanych i elastycznych, a także w mniej gęstych obszarach podmiejskich.

Rozwiązania omówione w tej pracy nie mają na celu polemiki z ideą zwartych miast postulowaną przez współczesną urbanistykę. Głównym celem jest ułatwienie dostępu do zasobów miasta, w tym przypadku szerszych aglomeracji. Optymalizacja transportu publicznego za pomocą autonomicznych pojazdów (taksówek) poza centralnymi miastami może skrócić czas dostępu do zasobów miasta przy jednoczesnym zachowaniu celów ekologicznych.

Istotne są natomiast rozwiązania techniczne mające na celu optymalizację transportu publicznego z dala od głównych miast aglomeracji [Banach 2019], co może mieć pozytywny wpływ na ogólny obszar poszczególnych aglomeracji w przyszłości. Optymalizacja taka może być rozumiana na przykład jako minimalizacja całkowitych odległości przejeżdżanych przez mieszkańców poszczególnych obszarów podmiejskich

samochodami prywatnymi. Jednocześnie celem jest utrzymanie elastyczności oferowanej obecnie przez środki transportu w tych obszarach do najwyższego możliwego poziomu → minimalizacja całkowitego czasu podróży. W tej pracy główną rolę odgrywają rozwiązania techniczne dla systemu, który można wykorzystać do planowania transportu hybrydowego w obszarze podmiejskim, a zwłaszcza określenie granic poszczególnych stref dostępnych dla wybranych grup pojazdów autonomicznych.

Wyniki badań przedstawione w niniejszej pracy dotyczą przykładowej aglomeracji poznańskiej. Proponowany system oprogramowania można jednak szybko skonfigurować i wykorzystać w dowolnej aglomeracji. Przykładem takich rozwiązań jest system transportowy w aglomeracji poznańskiej. W tym przypadku oferta BTK (Bus – Tramwaj – Kolej) rozciąga się w promieniu około 50 km od Poznania.

Proponowana praca opiera się na metodzie podziału przestrzeni na „strefy wpływów”, które często ilustruje się za pomocą diagramów Voronoi. Ta metoda jest również stosowana w planowaniu urbanistycznym.

Do oznaczenia zestawów danych użytych w obliczeniach posłużyliśmy się następującą notacją: wielkie litery oznaczają rodzaj przechowywanych danych, a następująca liczba oznacza krok obliczeń. Ponadto każdy krok ma dane wejściowe i wyjściowe.

Krok 1 – wybór jednostek należących do danej aglomeracji. Celem pierwszego kroku jest identyfikacja jednostek z zestawu danych wejściowych DT0, bezpośrednia odległość ich współrzędnych geograficznych z Poznania jest mniejsza lub równa 50 km. Wartość ta opiera się na zasięgu wyżej wspomnianego systemu transportu BTK (Bus – Tramwaj – Kolej).

Krok 2 – budowa interesujących regionów dla poszczególnych stacji kolejowych. Stworzono zestaw danych oznaczony jako DR1 o kolejnych stacjach kolejowych w badanym obszarze i ich współrzędnych geograficznych. Są one pogrupowane w 9 linii kolejowych prowadzących do Poznania.

Krok 3 – obliczanie odległości według mapy drogowej. Na trzecim etapie (JavaScript) system dodał dwie dodatkowe informacje do zbiorów danych DT21, tj. odległość wzdłuż drogi i czas podróży od każdej miejscowości do swojej stacji, tworząc w ten sposób odpowiednie zbiory danych DT31. Wynikowe zestawy danych DT31 podają trzy wartości dla każdego przypisania osadnictwa do stacji: (a) odległość linii prostej na podstawie współrzędnych geograficznych (GEO), (b) odległość mierzona wzdłuż sieci drogowej (GGLD – Google Distance), (c) czas podróży (GGLT – Google Travel).

Krok 4 – uzyskanie ostatecznego zestawu danych. Teraz dla każdej osady system określa najbliższą stację na podstawie trzech kryteriów odległości: GEO, GGLD i GGLT, łącząc informacje z DT1 i DT31, tworząc ostateczne zestawy danych DV4 dla każdej osady.

Krok 5 – budowanie diagramów Voronoi. Na tym etapie (środowisko Octave) diagramy Voronoi są ostatecznie budowane dla trzech wyżej wymienionych kryteriów (schematy dla całej aglomeracji poznańskiej dla promienia 50 km).

W pracy przedstawiono pomysł ulepszenia publicznego hybrydowego systemu transportu w przyszłości opartego na pojazdach autonomicznych. Takie samochody

mogą być odpowiednie na obszarach o mniejszym natężeniu ruchu, poza centrum miasta. Celem jest zmniejszenie liczby pojazdów w już zatłoczonych miastach przez zwiększenie elastyczności transportu publicznego. Inną ważną kwestią jest odpowiedni podział obszaru aglomeracji na strefy, aby zminimalizować całkowite odległości pokonane przez pojazdy autonomiczne na danym obszarze. W tym celu zaprojektowano system oprogramowania, który określa te strefy zarówno na podstawie odległości, jak i czasu podróży, na podstawie publicznie dostępnych danych.

4. PUBLIKACJA 3 – „POSITIONING IMPROVING OF RSU DEVICES USED IN V2I COMMUNICATION IN INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM”

W ramach inteligentnego transportu możliwy jest rodzaj wsparcia, które może być zapewnione przez tak zwaną komunikację pojazd–pojazd (V2V) i komunikację pojazd–infrastruktura (V2I) (w skrócie V2X), którym poświęcono kolejne opracowanie stanowiące wynik badań interdyscyplinarnych.

System V2I, na przykład, ułatwia obsługę funkcji rozpoznawania znaków drogowych (TSR). W przypadku słabej widoczności tych znaków (TS) informacje przekazywane do pojazdu bezprzewodowo przez urządzenia (RSU – jednostka przydrożna) związane z poszczególnymi TS lub ich grupami mogą znacznie poprawić działanie takich funkcji. Techniki V2I mogą być wykorzystane do informowania kierowcy o wypadkach, złych warunkach drogowych itp. W swojej najbardziej zaawansowanej formie ramy RSU uczestniczą w budowie tak zwanego modelu (mapy) środowiska pojazdu. W obecnie używanych systemach ADAS mapę środowiska tworzą same pojazdy, które wykorzystują własne czujniki pokładowe (kamera, radar, ostatnio LiDAR) i odpowiednie algorytmy. System V2I można tutaj potraktować jako dodatkowy czujnik, który dostarcza dodatkowe dane, na przykład „zza rogu”. Jednym z głównych wyzwań opisywanego problemu jest potrzeba bardzo dokładnej lokalizacji RSU przez przejeżdżający pojazd. Może to być oparte na systemie lokalizacji w czasie rzeczywistym (RTLS). W pracy tej zaprezentowano rozwiązania, które mogą mieć znaczenie dla wdrożenia nowych funkcji ADAS w branży motoryzacyjnej i ich powszechnego wykorzystania w inteligentnych miastach oraz ITS w najbliższej przyszłości. Oczekuje się wysokich standardów jakości takich systemów, ponieważ celem jest zapewnienie pełnej autonomii pojazdu stosunkowo szybko. Uzyskane wyniki są zatem ważne dla bezpieczeństwa użytkowników systemu inteligentnego transportu.

Często podkreśla się, że system ten będzie wymagał wsparcia z infrastruktury miejskiej i drogowej. Jednym z głównych wyzwań związanych z tym pomysłem jest precyzyjne określenie położenia pojazdu w odniesieniu do infrastruktury miejskiej, innych użytkowników dróg i innych obiektów. Prototyp proponowanej metody został zaimplementowany w środowisku Octave / Matlab i przetestowany pod kątem różnych wartości hałasu i opóźnień czasowych – źródeł błędów systematycznych

i losowych. Wykazano, że oszacowanie rzeczywistej pozycji RSU można poprawić o ponad 90%. Po obliczeniach uzyskane odchylenia od rzeczywistej pozycji nie przekraczają 2–10 cm, co można uznać za zadowalający wynik. Rzeczywiste testy drogowe są potrzebne do zweryfikowania wiarygodności proponowanej metody, jednak obecnie nie jest możliwe przeprowadzenie kompleksowych testów tego typu ze względu na brak funkcjonujących sieci V2I, dlatego przyjęto, że większe wartości czynników zakłócających uwzględniają najgorszy wariant, jednak wszystkie obliczenia przeprowadzono przy założeniu jednakowych wysokości RSU i pojazdu. Problem nierównych wysokości wymagałby dodatkowych obliczeń. Innym rozwiązaniem byłoby wyposażenie urządzeń w informacje dotyczące ich wysokości, co spowodowałoby mniej skomplikowane obliczenia.

5. PODSUMOWANIE

W zaprezentowanym cyklu prac przedstawiono rozwiązania bezpośrednio związane z innowacyjnym i ekologicznym kształtowaniem nowoczesnych miast dzięki rozważanym wdrożeniom inteligentnego systemu transportowego. Ponieważ oczekuje się wysokich standardów jakości tych systemów, co wynika z chęci wprowadzenia pełnej autonomii pojazdu stosunkowo szybko, ważne są oczywiście względy bezpieczeństwa użytkowników takiego systemu czy też w ogóle użytkowników takiego inteligentnego miasta. Często podkreśla się, że system ten będzie wymagał wsparcia z infrastruktury miejskiej i drogowej, co będzie miało wpływ na precyzyjne określenie położenia pojazdu. Takie podejście, uwzględniające podwyższenie komfortu podróżowania, redukcję czasu przejazdu oraz emisji dwutlenku węgla, jakie towarzyszą transportowi indywidualnemu, wpisuje się w przyszłościowe ekologiczne i inteligentne kształtowanie/funkcjonowanie struktur urbanistycznych.

LITERATURA

- Azkuna I. (red.), 2012, „*Smart Cities Study*”. *International study on the situation of ICT, innovation and Knowledge in cities*, report prepared by The Committee of Digital and Knowledge-based Cities of UCLG, Bilbao.
- Banach M., 2018, *Od inteligentnego transportu do inteligentnych miast*, Polskie Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Banach M., 2019, *Use of Intelligent hybrid solutions in sustainable public transportation system for the net of small cities*, „Zarządzanie Publiczne (Public Management)”, no. 3.
- Benevolo C., Dameri R.P., D’Auria B., 2016, *Smart Mobility in Smart City*, in: *Empowering Organizations. Enabling Platforms and Artefacts*, eds. T. Torre, A.M. Braccini, R. Spinelli, Springer, Cham, pp. 13-28.
- BTK (Bus – Tramwaj – Kolej), 2018, *System w Poznaniu*, <http://bustramwajkolej.pl/> [dostęp: 20.11.2018].
- Europejska Rada Urbanistów, 2003, *Nowa Karta Ateńska: wizja miast XXI wieku*, Lizbona, <http://eco21.pl/nowa-karta-atenska/> [dostęp: 08.09.2017].

- Gehl J., 2012, *Miasta dla ludzi*, Wydawnictwo RAM, Kraków, s. 212-227.
- Gotlib D., Olszewski R. (red.), 2016, *Smart City: informacja przestrzenna w zarządzaniu inteligentnym miastem*, PWN, Warszawa.
- ISO 37120, 2017, *ISO 37120. Briefing note. The first ISO international standard on city indicators*, https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/37120briefing_note.pdf [dostęp: 02.11.2017].
- MOD, 2016, *Mobility on Demand (MOD) Sandbox Program*, U.S. Federal Transit Administration, <https://www.transit.dot.gov/research-innovation/mobility-demand-mod-sandbox-program.html> [dostęp: 02.11.2017].
- Spot Mairie, 2019, <http://www.nicecotedazur.org/la-metropole/spot-mairie> [dostęp: 15.05.2019].
- Stangel M., 2013, *Kształtowanie współczesnych obszarów miejskich w kontekście zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Szymańska D., Grzelak-Kostulska E., 2005, *Małe miasta w Polsce – zmiany ludnościowe i funkcjonalne w drugiej połowie XX w.*, s. 61-64, <https://repozytorium.umk.pl/bitstream/handle/item/545/Małe%20miasta%20w%20Polsce%20-%20zmiany%20%20DOC230513-004.pdf?sequence=1> [dostęp: 20.11.2018].
- Wałkuska K., 2003, *Problemy zrównoważonego rozwoju małych miast na przykładzie miasta Wizna*, w: *Małe miasta. Przestrzeń*, red. M. Zemło, Stowarzyszenie Collegium Supraślense Publ., Supraśl, s. 215-236.

ECOLOGICAL AND SMART SOLUTIONS FOR THE CITIES (STAGE II)

Summary

Contemporary cities face various problems, which partly also result from changes in the structure of residents' needs. The answer to some of them is the idea of the so-called intelligent cities based on their development in various areas related to the functioning of urbanized areas. One of the most important systems in cities is transportation. It ensures their functioning, therefore it is not possible to eliminate it completely. Hence the considerations on the regenerative effect of the urban environment on the impact of introducing intelligent technologies into the transport system. The presented set of publications contains technical solutions, both regarding urban spaces and intelligent solutions for cities in the future. Because it is the adaptation to users, that depends on the details related to the implementation of particular technologies or other solutions. The presented series of studies presents issues directly related to intelligent transport, as well as the potential that can contribute to modern, pro-ecological urban planning.

Keywords: smart-city, intelligent transportation system, urban space, ecology