

Marzena BANACH*

WPLYW ROZWIĄZAŃ EKOLOGICZNYCH NA ROZWÓJ I FUNKCJONOWANIE MIAST

Miasta w ostatnich latach ulegają dużym przemianom. Dzieje się tak nie tylko z powodu systematycznego powiększania się populacji zamieszkujących miasta (rozległe metropolie czy wręcz megalopolis) i wynikających z tego faktu problemów, ale także w związku ze zmieniającymi się potrzebami ich użytkowników czy też zmianą polityki w urbanistyce. Rozwiązaniem wielu z tych problemów ma być nowa forma miasta jako nowoczesnej, inteligentnej struktury przestrzennej realizującej postulaty ekologiczne. W kierunku ten wpisują się z pewnością inteligentne rozwiązania w postaci nowoczesnych technologii, na których w niedalekiej przyszłości miałyby się opierać funkcjonowanie miast, np. w zakresie transportu czy kontroli jakości powietrza etc. Zaprezentowany cykl publikacji dotyczy rozwiązań technicznych, które mogłyby być wdrożone w nowoczesnych przestrzeniach zurbanizowanych. Bardzo ważna przy tym jest strona technologiczna na etapie implementacji owych rozwiązań, co również zostało poruszone w prezentowanym poniżej materiale.

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

1. WPROWADZENIE

W niniejszym opracowaniu przytoczono prace własne oraz współautorskie, w których przedstawiono wyniki badań uzyskane w kilku obszarach związanych z rozwojem miast w kierunku tzw. miast inteligentnych oraz ekologicznych.

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

W miastach realizowana jest zasada zrównoważonego rozwoju – przywiązuje się dużą wagę do poprawy warunków ekologicznych, jakości nauczania, perspektyw zatrudnienia oraz rozwoju. W ramach tego podejścia współczesne miasta rozwijają się ostatnio nie tylko przestrzennie, ale również w zakresie wdrażania nowoczesnych technologii. Są one używane przede wszystkim w celu poprawy jakości życia, bezpieczeństwa użytkowników miast lub ich funkcjonowania. Jednym z kierunków wykorzystywania najnowszych osiągnięć techniki jest transport, zarówno w aspekcie redukcji jego negatywnych skutków, jak i funkcjonowania. W ostatnich latach podejmowane są intensywne wysiłki w kierunku wprowadzenia na rynek technologii z obszaru V2X, która wpisuje się w obszar inteligentnego systemu transportowego (ITS – Intelligent Transport Systems), a w szerszym kontekście w obszar tzw. inteligentnych miast. Skrót V2X oznacza ogólnie możliwość bezprzewodowego komunikowania się pojazdu z jego otoczeniem. W ramach tego pojęcia wyróżnia się kilka bardziej szczegółowych obszarów, takich jak [Alam, Ferreira, Fonesca 2016; Azkuna (red.) 2012]:

- V2V (Vehicle to Vehicle) – możliwość wymiany informacji bezpośrednio między pojazdami poruszającymi się w niedużej odległości od siebie;
- V2I (Vehicle to Infrastructure) – wymiana informacji między pojazdem a infrastrukturą miejską i drogową; infrastruktura ta może być tutaj rozpatrywana jako system pośredniczący w wymianie informacji między pojazdami; dotyczy to zwłaszcza sytuacji, w których pojazdy nie widzą się bezpośrednio (NLOS – Non-Line-of-Sight);
- V2P (Vehicle to Pedestrian) – w tym przypadku zakłada się komunikację między pojazdem a pieszym;
- V2N (Vehicle to Network) – oznacza komunikację między pojazdem a siecią; w zasadzie ten tryb można rozpatrywać jako odmianę lub rozszerzenie trybu V2I, inaczej mówiąc, dane przesyłane do inteligentnej infrastruktury mogą być np. dalej przekazywane do sieci, gdzie gromadzone są w różnych celach, np. badawczo-rozwojowych systemów ADAS.

Rozwój tego typu rozwiązań wspomagających inteligentny system transportowy w miastach może przyczynić się do osiągnięcia przede wszystkim miasta funkcjonalnego i bezpiecznego dla jego użytkowników.

Najważniejsze jednak jest, by pamiętać o tym, że główną motywacją tworzenia inteligentnych miast powinno być wyjście naprzeciw oczekiwaniom i potrzebom ludzi, te zaś, jak sami użytkownicy miast, ulegają ciągłym zmianom. Stąd inteligencja miast winna charakteryzować się elastycznym podążaniem za owymi zmianami, uwzględniając je i dostosowując się do nich.

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 dbałości o aspekt jakości życia oraz funkcjonalności, z większym naciskiem na ekologię.

2. PUBLIKACJA 1 – „NEW TECHNOLOGIES FOR SMART CITIES – HIGH RESOLUTION AIR POLLUTION MAPS BASED ON INTELLIGENT SENSORS”

W pracy przedstawiono wkład w rozwój bezprzewodowej sieci czujników, która może być wykorzystywana do budowy w czasie rzeczywistym map gęstego zanieczyszczenia powietrza dla zwartych obszarów miejskich. System ten może być przydatny dla rowerzystów i pieszych poruszających się po mieście. Na podstawie tych danych mogą wybrać trasę w taki sposób, aby uniknąć najbardziej zanieczyszczonych obszarów. Ważnym krokiem może być opracowanie zminiaturyzowanych i taniach inteligentnych czujników, zdolnych nie tylko do rejestrowania i przesyłania danych, ale także do przetwarzania i prognozowania danych na miejscu. Takie czujniki wymagają opracowania małego i energooszczędnego obwodu, w tym jednostki przetwarzania danych zintegrowanej ze sztuczną siecią neuronową (ANN) w jednym układzie scalonym. W niniejszej pracy zaprezentowany został prototypowy układ, który zawiera główne elementy takich czujników, w tym programowalny 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, programowalny generator zegara oraz wybrane bloki ANN. Układ jest konfigurowalnym urządzeniem o wielu możliwościach testowania. Z tego powodu jednym z głównych wyzwań było szybkie i wydajne narzędzie do programowania oraz testowania. Takie narzędzie zostało opracowane przez autorów i szczegółowo opisane wraz z wybranymi wynikami pomiarów [Banach, Talaśka, Dalecki, Długosz 2020]. Prezentowana praca jest rozszerzoną wersją dokumentu konferencyjnego „Novel solutions for smart cities – creating air pollution maps based on intelligent sensors”).

3. PUBLIKACJA 2 – „MULTI-RATE SIGNAL PROCESSING WITH THE USE OF FILTER BANKS COMPOSED OF PARALLEL FIR FILTERS”

W pracy zaprezentowano koncepcję sprzętowej implementacji banków filtrów 2-D zdefiniowanej odpowiedzi impulsowej (FIR) do zastosowania w przetwarzaniu i analizie obrazów. Banki złożone z dolnych i górnoprzepustowych filtrów FIR są podstawowymi elementami wielostopniowej dyskretnej transformaty falkowej (DWT). Rozwiązania, które wchodzą w zakres niniejszych rozważań, są stosowane w systemach wizyjnych wykorzystywanych w samochodowych funkcjach bezpieczeństwa czynnego (np. w ostrzeganiu przed zjazdem z linii). Podstawy DWT są szeroko opisane w literaturze. W naszej pracy koncentrujemy się na rozwiązaniach wspierających sprzętową realizację banków filtrów dla DWT. Proponowane równoległe i asynchroniczne układy pozwalają osiągnąć czas przetwarzania pojedynczego piksela nieprzekraczający 2-4 ns, w zależności od wielkości maski (dane dla technologii TSMC CMOS 180 nm) [Banach, Długosz 2019].

4. PUBLIKACJA 3 – „HARDWARE IMPLEMENTATION OF SELECTED STATISTICAL QUANTITIES FOR APPLICATIONS IN AUTOMOTIVE V2I COMMUNICATION SYSTEM”

W tej pracy omówiono rozwiązanie szczegółowe związane z wdrożeniem ITS, z czym wiąże się odpowiednia infrastruktura w przestrzeni miejskiej. Zaproponowano koncepcję implementacji na poziomie tranzystorów uproszczonych iteracyjnych metod obliczania kilku podstawowych wielkości statystycznych, takich jak średnia i wariancja. Motywacją przedstawionej pracy jest realizacja algorytmu kalibracji do określania pozycji urządzeń komunikacyjnych V2I (Vehicle to Infrastructure) w nowatorskich zastosowaniach motoryzacyjnych. Takie urządzenia, montowane w stałych punktach infrastruktury drogowej i miejskiej (RSU – Road Side Equipment), będą wykorzystywane do wspierania pojazdów autonomicznych poruszających się w środowisku miejskim i podmiejskim. Rolą procedury kalibracji jest określenie pozycji urządzeń RSU w globalnym układzie współrzędnych (GCS) i zapisanie ich w ich wewnętrznych blokach pamięci. Aby ułatwić implementację sprzętową, wprowadzono pewne modyfikacje do istniejących (konwencjonalnych) algorytmów iteracyjnych używanych do obliczania wielkości statystycznych. W tym celu wyeliminowano operacje podziału, zastępując je operacjami przesunięcia bitów. Przesunięcie bitów może być łatwo zrealizowane w pełni asynchronicznie sprzętowo, przy użyciu tylko pasywnego pola komutacyjnego.

5. PUBLIKACJA 4 – „CALCULATION OF DESCRIPTIVE STATISTICS BY DEVICES WITH LOW COMPUTATIONAL RESOURCES FOR USE IN CALIBRATION OF V2I SYSTEM”

Niniejsza publikacja dotyczy kwestii kalibracji systemu wspierającego jazdę pojazdów autonomicznych w tzw. *smart cities*. W pracy przedstawiono zmodyfikowane iteracyjne metody obliczania podstawowych wielkości statystycznych (średnia, wariancja) do zastosowania w procesie kalibracji systemu opartego na urządzeniach komunikacyjnych V2I (Vehicle to Infrastructure). Takie urządzenia, montowane w infrastrukturze drogowej i miejskiej (RSU – Road Side Equipment), mogą służyć jako wsparcie dla autonomicznych pojazdów poruszających się w środowisku miejskim. Kalibracja jest konieczna do ustalenia pozycji RSU w globalnym układzie współrzędnych (GCS) i do zapisania tych informacji w ich pamięci wewnętrznej. Proponowane modyfikacje konwencjonalnych algorytmów iteracyjnych mają na celu dostosowanie tych metod do zastosowania w urządzeniach o niskich zdolnościach obliczeniowych lub bezpośrednio na poziomie tranzystora w specjalistycznych układach scalonych [Banach, Kubiak, Długosz 2019].

6. PUBLIKACJA 5 – „TECHNIQUES TO FACILITATE THE USE OF V2I COMMUNICATION SYSTEM AS SUPPORT FOR TRAFFIC SIGN RECOGNITION ALGORITHMS”

Rozwiązania zaproponowane w tej pracy są związane z rozwojem komunikacji pojazd–infrastruktura (V2I) w kontekście obsługi algorytmów rozpoznawania znaków Traffic (TSR) stosowanych w zaawansowanych systemach wspomagania kierowcy (ADAS). Jednym z pomysłów zastosowania komunikacji V2I, zaproponowanym w literaturze, jest wyposażenie znaków drogowych (TS) w urządzenia zdolne do przekazywania ich znaczenia przejeżdżającym pojazdom wyposażonym w funkcje ADAS lub pojazdom autonomicznym. Zaproponowano tu grupowanie TS i grup obejmujących urządzenia z pojedynczą jednostką poboczną (RSU) [Banach, Długosz 2019]. Takie rozwiązanie ułatwi wdrożenie i utrzymanie całego systemu. Zmniejszy to również ilość danych przesyłanych przez sieć.

7. PUBLIKACJA 6 – „HARDWARE EFFICIENT SOLUTIONS FOR WIRELESS AIR POLLUTION SENSORS DEDICATED TO DENSE URBAN AREAS”

W artykule ukazano nowatorskie rozwiązania w zakresie stosowania systemów monitorowania zanieczyszczenia powietrza w tzw. inteligentnych miastach. Motywem niniejszych badań i analiz była możliwość wdrożenia stosunkowo gęstej sieci bezprzewodowych czujników zanieczyszczenia powietrza, które mogą gromadzić i przetwarzać dane w czasie rzeczywistym. Omówiono koncepcję bezprzewodowej sieci czujników, biorąc pod uwagę strukturę rozwoju miast, i przedstawiono nowatorski algorytm przetwarzania sygnałów, który można wykorzystać do sterowania schematem komunikacji między poszczególnymi czujnikami a siecią zewnętrzną. Szczególny nacisk położono na złożoność obliczeniową, aby ułatwić implementację bezpośrednio na poziomie tranzystorów poszczególnych czujników. Algorytm został zweryfikowany przy użyciu rzeczywistych danych uzyskanych z czujników zanieczyszczenia powietrza zainstalowanych w Krakowie. Aby zapewnić wystarczającą odporność na zmienność danych wejściowych, sztucznie dodano szum o wysokiej amplitudzie do uzyskanych danych rzeczywistych. W tym artykule zademonstrowano wydajność algorytmu. Pozwala on zmniejszyć amplitudę hałasu o 23 dB i umożliwia zmniejszenie liczby sesji komunikacji bezprzewodowej ze stacją bazową (BS) o 70%-80%. Zaprezentowano również wybrane wyniki pomiarów prototypowego przetwornika cyfrowo-analogowego w trybie prądowym do zastosowania w czujnikach, dla rozdzielczości sygnału do 7 bitów [Banach, Długosz, Pauk, Talaśka 2020].

8. PODSUMOWANIE

W przedstawionym cyklu prac omówiono techniczne rozwiązania związane z szeroko rozumianą tematyką miast inteligentnych i ekologicznych. Ich przyszła postać zależy m.in. od tego, jak szybko będą rozwijać się niezbędne, nowe technologie wdrażane w tzw. *smart cities*, a także od stopnia, w jakim będą odpowiadały one na potrzeby użytkowników. Mogą to być przykładowo potrzeby związane z szybkim, bezkolizyjnym i bezpiecznym transportem (także z obszarów podmiejskich do centrum miasta) czy też z jakością powietrza w przestrzeniach urbanistycznych [Banach 2018], przy czym należy pamiętać, że zarówno pod względem przestrzennym, jak i funkcjonalnym miasta różnią się od siebie. Miasta świata leżą w różnych strefach klimatycznych, w różnych krajobrazach (rzeźbie terenu), stąd np. różne zapotrzebowania energetyczne. Miasta mają różne ograniczenia (np. inna tkanka zabudowy zabytkowej), dlatego wszelkie nowe rozwiązania technologiczne powinny dotyczyć konkretnego przypadku.

LITERATURA

- Alam M., Ferreira J., Fonesca J., 2016, *Introduction to Intelligent Transportation Systems in Intelligent Transportation Systems. Dependable Vehicular Communications for Improved Road Safety*, w: *Intelligent Transportation Systems*, red. M. Alam, J. Ferreira, J. Fonesca, Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Arena F., Pau G., 2019, "An Overview of Vehicular Communications". *Future Internet. Special Issue*, MDPI.
- 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*, PWN, Warszawa.
- Banach M., Długosz R., 2019, *Multi-Rate Signal Processing with the Use of Filter Banks Composed of Parallel FIR Filters*, Wydawnictwo IEEE, Nisz, Serbia.
- Banach M., Długosz R., 2019, *Techniques to Facilitate the Use of V2I Communication System as Support for Traffic Sign Recognition Algorithms*, Wydawnictwo IEEE, Międzyzdroje.
- Banach M., Długosz R., Pauk J., Talaśka T., 2020, *Hardware Efficient Solutions for Wireless Air Pollution Sensors Dedicated to Dense Urban Areas*, „Remote Sens.", 12 (5), 776.
- Banach R., Długosz R., Talaśka T., 2019, *Hardware Implementation of Selected Statistical Quantities for Applications in Automotive V2I Communication System*, Wydawnictwo IEEE, Nisz, Serbia.
- Banach M., Kubiak K., Długosz R., 2019, *Calculation of descriptive statistics by devices with low computational resources for use in calibration of V2I system*, Wydawnictwo IEEE, Międzyzdroje.
- Banach M., Talaśka T., Dalecki J., Długosz R., 2019, *New Technologies for Smart Cities – High Resolution Air Pollution Maps Based on Intelligent Sensors*, John Wiley & Sons, New Jersey, USA.
- Department for Transport, 2005, *Intelligent Transport Systems (ITS). The policy framework for the roads sector*, <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.dft.gov.uk/pgt/roads/network/policy/intelligenttransportsys3907.pdf> [dostęp:14.09.2017].

- Europejska Rada Urbanistów, 2003, *Nowa Karta Ateńska. Wizja miast XXI wieku*, Lizbona, <http://eco21.pl/nowa-karta-atenska/> [dostęp: 8.09.2017].
- Gehl J., 2012, *Miasta dla ludzi*, Wydawnictwo RAM, Kraków.
- Ghosh R., Pragathi R., Ullas S., Borra S., 2017, *Intelligent transportation systems: A survey*, w: *Proceedings of the 2017 International Conference on Circuits, Controls, and Communications (CCUBE)*, Bangalore, India.
- Gotlib D., Olszewski R. (red.), 2016, *Smart City. Informacja przestrzenna w zarządzaniu inteligentnym miastem*, PWN, Warszawa.
- Harding J., Powell G., Yoon R., Fikentscher J., Doyle C., Sade D., Lukuc M., Simons J., Wang J., 2014, *Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application*, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). <https://www.export.gov/article?id=Poland-Infrastructure-Intelligent-Transport-Systems> [dostęp: 15.09.2017]
- IEEE 802.11p Vehicle to Infrastructure Communications in Urban Environments*, https://docbox.etsi.org/workshop/2014/201402_ITSWORKSHOP/S02_ITS_Some_BitsFromthe_World/HONDABAI.pdf [dostęp: 23.06.2017].
- Komisja Europejska, 2017, *Intelligent Transport System*, https://ec.europa.eu/transport/themes/its_en [dostęp: 14.09.2017].
- Mitchell W., 2007, *Intelligent cities*, „e-Journal on the Knowledge Society”, <http://www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/eng/mitchell.pdf>, s. 4-9.
- Payne C., 2017, *Driverless Cars – The Race to Level 5 Autonomous Vehicles*, <http://www.engineering.com/DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleID/15478/%20Driverless-Cars-The-Race-to-Level-5-Autonomous-Vehicles.aspx> [dostęp: 14.09.2017].
- Shah R., Nowakowski C., Green P., 1998, *U.S. Highway Attributes Relevant to Lane Tracking*, Technical Report UMTRI-98-34, Michigan, USA.
- Stangel M., 2013, *Kształtowanie współczesnych obszarów miejskich w kontekście zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

INFLUENCE OF ECOLOGICAL SOLUTIONS ON CITY DEVELOPMENT AND FUNCTIONING

Summary

Cities have undergone major changes in recent years. This is not only because of the systematic expansion of the population living in cities (large metropolises, or even megapolis) and the resulting problems, but also in connection with the changing needs of their users, or changes in urban policy. The solution to many of these problems could be the new form of the city, as a modern, intelligent spatial structure that implements ecological demands. Smart solutions, in the form of modern technologies, on which the functioning of cities would be based in the near future, e.g. in the field of transportation or air quality control, are certainly part of this direction. The presented series of publications concerns technical solutions, that could be implemented in modern urbanized areas. The technology side is very important at the stage of implementing these solutions, which was also discussed in the material presented below.

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