

Inteligentne Systemy Transportowe a bezpieczeństwo transportu miejskiego

SYLWIA SAS

ORCID: 0009-0002-7681-9672

Uniwersytet Rzeszowski

Instytut Nauk o Polityce

e-mail: sylwiasa@dokt.ur.edu.pl

Słowa kluczowe bezpieczeństwo ruchu drogowego, Inteligentne Systemy Transportowe (ITS), nowoczesne technologie, transport

Abstrakt

Bezpieczeństwo transportu miejskiego jest kluczowym elementem funkcjonowania współczesnych miast. W artykule przedstawiono rolę Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) w zwiększaniu bezpieczeństwa i efektywności miejskiego transportu. Artykuł powstał na podstawie analizy danych zastanych oraz źródeł wtórnych. Scharakteryzowano specyfikę i rodzaje Inteligentnych Systemów Transportowych, uwzględniając ich definicje, kluczowe komponenty oraz ewolucję technologiczną. Przedstawiono, czym jest bezpieczeństwo w transporcie miejskim oraz omówiono korzyści wynikające z implementacji ITS. Oceniono skuteczność ITS w poprawie bezpieczeństwa uczestników ruchu oraz identyfikację wyzwań ich wdrażania. Wykazano, że ITS znacząco zredukowały liczbę wypadków, optymalizowały przepustowość oraz ograniczały emisję zanieczyszczeń. Omówiono również wyzwania, w tym integrację systemów oraz cyberbezpieczeństwo, podkreślając potrzebę dostosowania ITS do lokalnych warunków.

Intelligent Transport Systems and Urban Transport Safety

Keywords

road safety, Intelligent Transportation Systems (ITS), new technologies, transportation

Abstract

Urban transport safety constitutes a key element of the functioning of modern cities. This article presents the role of Intelligent Transport Systems (ITS) in increasing the safety and efficiency of urban transportation. The article is based on an analysis of secondary data and existing literature. It characterizes the nature and types of Intelligent Transport Systems, including their definitions, key components, and technological evolution. The concept of safety in urban transport is explained, along with the benefits resulting from the implementation of ITS. The aim of the article was to assess the effectiveness of ITS in improving the safety of road users and to identify the challenges related to their implementation. The findings indicate that ITS significantly reduces the number of accidents, optimized traffic flow, and decreased pollutant emissions. The article also discusses challenges such as system integration and cybersecurity, emphasizing the need to adapt ITS to local conditions.

Wprowadzenie

Bezpieczeństwo w transporcie publicznym jest jednym z kluczowych czynników wpływających na jakość życia w miastach. Dynamiczny rozwój infrastruktury, rosnąca liczba pasażerów oraz złożoność systemów komunikacyjnych sprawiają, że tradycyjne metody nadzoru i zarządzania ruchem drogowym okazują się niewystarczające. Aby sprostać tym wyzwaniom, w miastach coraz częściej wykorzystuje się Inteligentne Systemy Transportowe (ITS).

W artykule oceniono rolę Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) w poprawie bezpieczeństwa transportu w przestrzeni miejskiej. Skuteczne wdrożenie tych systemów pozwala nie tylko na bieżącą kontrolę ruchu i wykrywanie zagrożeń, ale także na przewidywanie potencjalnych incydentów oraz automatyczne reagowanie na sytuacje kryzysowe. Inteligentne systemy analizy zachowań pasażerów, zintegrowane platformy zarządzania oraz rozwiązania wspomagające służby ratunkowe stanowią istotny element nowoczesnej strategii bezpieczeństwa w miastach. W jaki sposób wdrożenie ITS wpływa na redukcję liczby zdarzeń niebezpiecznych (kolizji, wypadków) w transporcie miejskim? Analizując wpływ wdrożenia ITS na redukcję liczby zdarzeń niebezpiecznych (kolizji, wypadków) w transporcie miejskim, można lepiej zrozumieć, jak technologie wspierają miasta w budowaniu bezpiecznej i sprawnie funkcjonującej przestrzeni publicznej. Unia Europejska, w ramach planu utworzenia jednolitego obszaru transportu, wyznaczyła ambitne cele ukierunkowane na poprawę bezpieczeństwa i efektywności. Kluczowe założenia to lepsze wykorzystanie infrastruktury dzięki nowoczesnym systemom informacji i mechanizmom rynkowym oraz poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego – do 2020 roku przewiduje się redukcję liczby ofiar o połowę, a do 2050 roku niemal całkowite ich wyeliminowanie. Unia Europejska dąży również do umocnienia swojej pozycji jako globalnego lidera w zakresie ochrony transportu (Komisja Europejska, 2011, s. 9). Wypadki drogowe generują ogromne koszty społeczne i ekonomiczne, wpływając nie tylko na zdrowie i życie obywateli, ale także na efektywność całego systemu transportowego. W dobie cyfryzacji oraz rozwoju technologii sensorowych i przetwarzania danych ITS stają się kluczowym narzędziem wspierającym nowoczesne zarządzanie transportem. Podstawę opracowania stanowi analiza danych zastanych oraz przegląd literatury przedmiotu, obejmujące ocenę skuteczności ITS w ograniczaniu zagrożeń w przestrzeni miejskiej i identyfikację głównych wyzwań wdrożeniowych.

Specyfika i rodzaje Inteligentnych Systemów Transportowych

Inteligentne Systemy Transportowe (ITS – Intelligent Transportation Systems) to koncepcja, której początki sięgają 1994 roku. Podczas pierwszego Światowego Kongresu ITS w Paryżu zdefiniowano je jako zintegrowane rozwiązania łączące technologie telekomunikacyjne, informatyczne, automatyczne oraz pomiarowe z technikami zarządzania transportem (Gądek-Hawlena, Wróbel, 2020, s. 96). Głównym celem ITS jest poprawa bezpieczeństwa uczestników ruchu, zwiększenie efektywności systemu transportowego oraz minimalizacja negatywnego wpływu na środowisko naturalne. W literaturze przedmiotu występuje wiele zróżnicowanych definicji tego pojęcia, co wynika z jego szerokiego zakresu i dynamicznego rozwoju. W ostatnich latach obszar ten rozwija

się szczególnie intensywnie, przyciągając rosnące zainteresowanie badaczy i praktyków, co znajduje odzwierciedlenie w zwiększonej liczbie badań oraz wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań.

ITS reprezentują interdyscyplinarne podejście, wykorzystujące m.in. telekomunikację, IT i automatyzację, mające na celu optymalizację zarządzania ruchem oraz redukcję ryzyka wypadków – nawet o 80% (Gądek-Hawlena, Wróbel, 2020, s. 96). J. Perenc i W. Wojan (2013, s. 247) opisują ITS jako złożone systemy wspomagające bezpieczne i skoordynowane korzystanie z infrastruktury transportowej. T. Wałek (2016, s. 68) zwraca uwagę na trzy kluczowe cechy ITS:

- integrację technologii, zapewniającą sprawny przepływ informacji,
- elastyczność, umożliwiającą dostosowanie się do zmiennych warunków,
- efektywność, rozumianą jako powszechność korzyści społeczno-ekonomicznych.

Technologie wspierające ITS obejmują m.in.: detektory ruchu, systemy nawigacji satelitarnej, bazy danych drogowych, tablice świetlne oraz urządzenia monitorujące pogodę. Jak podaje M. Ostrowska (2024, s. 146–147), ITS opierają się na czterech głównych podsystemach: monitorowania i nadzoru ruchu, zarządzania ruchem, zarządzania incydentami oraz informacji dla kierowców.

Na podstawie przywołanych definicji można stwierdzić, że Inteligentne Systemy Transportowe to zaawansowane rozwiązania technologiczne, które wykorzystują czujniki, komunikację i analizę danych, aby usprawniać przepływ ruchu drogowego, zwiększać bezpieczeństwo uczestników oraz optymalizować zarządzanie infrastrukturą transportową.

Choć pojęcia ITS i telematyki często są używane zamiennie, E. Ciepaj wyjaśnia, że telematyka stanowi jedynie narzędzie wspierające ITS, koncentrując się na przetwarzaniu i transmisji danych. ITS to szersza koncepcja, integrująca telematykę z infrastrukturą i pojazdami, aby umożliwić adaptacyjne zarządzanie systemem transportowym (Ciepaj, 2012, s. 31). Badaczka ta już ponad dekadę temu zauważyła, że przyszłość ITS może wiązać się z rozwojem systemów uczących się, zdolnych do autonomicznego rozwiązywania złożonych problemów transportowych (Ciepaj, 2012, s. 32). Obecnie dynamicznie rozwijająca się sztuczna inteligencja znajduje swoje zastosowanie nie tylko w branży IT, ale także w transporcie. Przykładowo, algorytmy analizujące przepływ ruchu w miastach i autonomiczne autobusy należą do licznych zastosowań sztucznej inteligencji (AI – Artificial Intelligence) w komunikacji miejskiej.

Systemy transportowe w Polsce występują „wyspowo” (Walek, 2016, s. 70), nie są w pełni kompatybilne – choć każdy z nich spełnia swoją funkcję oddzielnie. Większa integracja mogłaby przyczynić się do wzrostu efektywności w skali krajowej. Jednocześnie systemy te są dostosowane do potrzeb lokalnych – do potencjału i specyfiki poszczególnych miast (Walek, 2016, s. 70). Zakres tych potrzeb zależy od infrastruktury, organizacji oraz sposobu zarządzania podsystemami, które mogą działać niezależnie lub współpracować w ramach ITS. Kluczową rolę w ich efektywnym działaniu odgrywają centra zarządzania transportem publicznym i ruchem drogowym, które koordynują i monitorują przepływ informacji (Kręt, 2020, s. 47–48). Niezbędnym elementem spajającym wszystkie komponenty Inteligentnych Systemów Transportowych są systemy łączności, zapewniające sprawną wymianę danych między infrastrukturą, pojazdami a centrami zarządzania.

W regionach o wysokim zagęszczeniu ludności rozbudowa infrastruktury transportowej (np. dróg) często okazuje się mało efektywna, gdyż zwiększona przepustowość zostaje szybko

wykorzystana przez kierowców. Znacznie bardziej opłacalną alternatywą jest w tym przypadku inwestowanie w Inteligentne Systemy Transportowe, które umożliwiają optymalizację istniejącej infrastruktury drogowej, eliminując potrzebę jej fizycznej rozbudowy (Maruszczak, 2016, s. 49). Ponadto systemy te pozwalają na kontrolowanie przepływu ruchu i jego rozładowywanie. Sprawny transport, poprzez skrócenie czasu podróży, przyczynia się do poprawy jakości życia mieszkańców miast i jednocześnie zmniejsza prawdopodobieństwo powstawania zatorów drogowych. Dobra przepustowość miasta zwiększa jego bezpieczeństwo, ponieważ kierowcy są na bieżąco informowani o warunkach na drodze (Maruszczak, 2016, s. 50). Co więcej, takie podejście przynosi również korzyści ekologiczne – brak korków poprawia jakość powietrza, gdyż kierowcy stojący w miejscu spalają paliwo bez potrzeby, natomiast przy płynnym ruchu drogowym zmniejsza się emisja spalin (Wałek, 2016, s. 70).

Bezpieczeństwo w transporcie miejskim

Bezpieczeństwo w transporcie obejmuje szeroki zakres zagadnień – od ochrony pasażerów przed wypadkami drogowymi po zabezpieczenie przed przestępczością. W ujęciu ogólnym bezpieczeństwo definiuje się jako stan, w którym ryzyko wystąpienia zagrożenia jest ograniczone do akceptowalnego poziomu dzięki odpowiednim działaniom prewencyjnym, organizacyjnym, technologicznym i behawioralnym. Obejmuje ono zarówno aspekty obiektywne (mieralne), jak i subiektywne (postrzegane), odnoszące się do pasażerów, kierowców oraz innych uczestników ruchu drogowego (Ostrowska, 2024, s. 144). Jest to niewątpliwie wielowymiarowe pojęcie, odnoszące się do ochrony życia i zdrowia wszystkich uczestników ruchu oraz zabezpieczenia infrastruktury transportowej przed różnego rodzaju zagrożeniami (np. uszkodzeniami mechanicznymi obiektów, które mogą powodować kolejne ryzyko). Za zdarzenia niebezpieczne w obrębie bezpieczeństwa ruchu drogowego uznaje się sytuacje, które zakłócają funkcjonowanie infrastruktury transportowej i stanowią zagrożenie dla uczestników ruchu. Należą do nich kolizje, wypadki oraz katastrofy drogowe – każda z tych kategorii różni się zakresem skutków i skalą konsekwencji. Jak wskazuje M. Pułkownik, zdarzenie niebezpieczne definiuje się jako niepożądany incydent prowadzący do strat materialnych, uszkodzeń ciała lub utraty życia, przy czym jego charakter decyduje o klasyfikacji (Pułkownik, 2018, s. 53–54). Kolizja drogowa odnosi się wyłącznie do szkód w mieniu, takich jak uszkodzenia pojazdów czy elementów infrastruktury, bez ofiar wśród ludzi. Jeśli zdarzenie przybiera formę wypadku drogowego, dochodzi już do uszczerbku na zdrowiu lub śmierci uczestników ruchu. Najpoważniejszym typem zdarzenia jest katastrofa drogowa, która charakteryzuje się wyjątkowo dużą liczbą ofiar śmiertelnych, często połączoną ze znacznymi zniszczeniami infrastruktury. Wszystkie te sytuacje wymagają analizy przyczyn oraz wdrażania działań prewencyjnych, mających na celu ograniczenie ich występowania.

Efektywność Inteligentnych Systemów Transportowych

Stosowanie ITS w miastach niesie wiele korzyści dla ich codziennego funkcjonowania. Implementacja nowoczesnych technologii, takich jak systemy inteligentnego zarządzania ruchem,

parkowania oraz monitoringu przepływu danych, przyczynia się do poprawy płynności ruchu, ograniczenia zanieczyszczenia powietrza i zwiększenia bezpieczeństwa. Przykładami wdrożenia ITS są miasta Barcelona i Kopenhaga, gdzie zastosowanie tych rozwiązań umożliwia osiągnięcie znaczących efektów, a Kopenhaga dąży do uzyskania neutralności węglowej do 2025 roku (Elassy, Al-Hattab, Takruri, Badawi, 2024, s. 13).

Współczesne systemy transportowe mają holistyczny charakter uwzględniający nie tylko aspekty technologiczne, ale także społeczne i urbanistyczne. Kluczowym celem jest tworzenie bezpiecznej i inkluzyjnej przestrzeni miejskiej, w której każda grupa uczestników ruchu – pasażerowie, kierowcy, rowerzyści, piesi, a także osoby z ograniczoną mobilnością – może poruszać się w sposób komfortowy i bezpieczny. Wdrażanie ITS pozwala na lepszą organizację ruchu, ograniczenie ryzyka wypadków oraz dostosowanie infrastruktury do potrzeb wszystkich użytkowników (Maruszczak, 2016, s. 48–49). Dzięki temu transport publiczny staje się nie tylko bardziej efektywny, ale także wpisuje się w ideę zrównoważonego rozwoju, poprawiając jakość życia w przestrzeni miejskiej i zapewniając wszystkim uczestnikom ruchu równe szanse bezpiecznego korzystania z infrastruktury transportowej (Wyszomirski, 2017, s. 28).

Od momentu wprowadzenia do użytku Inteligentne Systemy Transportowe podlegają intensywnemu rozwojowi, a ich zakres zastosowań stale się poszerza. Obejmują one m.in. kontrolę strumieni transportowych, zarządzanie miejscami parkingowymi, nadzór nad stanem technicznym pojazdów oraz monitoring środowiska (Malygin, Komashinskiy, Korolev, 2018, s. 489–490). Dodatkowo ITS umożliwiają szybkie raportowanie i dynamiczne zarządzanie zachowaniem kierowców oraz pieszych poprzez adaptacyjną regulację sygnalizacji świetlnej, aktualizację treści wyświetlanych na tablicach informacyjnych oraz kontrolę parametrów ruchu drogowego.

Ciągłe doskonalenie tych systemów pozwala najbardziej zaawansowanym technologicznie państwom na efektywniejsze wykorzystanie zasobów transportowych oraz znaczące ograniczenie liczby wypadków i ofiar śmiertelnych na drogach. Zgromadzone dane wskazują, że wysoka śmiertelność na obszarach miejskich i w aglomeracjach często wynika z braku wdrażania ITS przez odpowiedzialne jednostki administracyjne (Malygin, Komashinskiy, Korolev, 2018, s. 490).

Według analiz przeprowadzonych przez T. Gądek-Hawlenę oraz M. Wróbla, spośród osiemnastu przebadanych miast Polski jedynie w trzech odnotowano wzrost liczby wypadków drogowych, podczas gdy w pozostałych zaobserwowano spadek. Tendencja ta, utrzymująca się mimo rosnącej liczby pojazdów oraz prowadzonych w wielu miastach remontów dróg, sugeruje, że wdrożenie Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) wpływa pozytywnie na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego (Gądek-Hawlena, Wróbel, 2020, s. 100).

Analiza aktualnych danych dotyczących wypadków drogowych potwierdza utrzymujący się spadek ich liczby w skali roku. W zestawieniu uwzględniono trzy wybrane miasta w Polsce: Kraków, Łódź i Wrocław. Po porównaniu liczby wypadków na 100 tys. mieszkańców w tych miastach – w roku poprzedzającym wdrożenie systemów ITS, rok po ich uruchomieniu oraz na podstawie najnowszych danych z 2023 roku – stwierdzono wyraźny spadek liczby zdarzeń (tab. 1). Należy zaznaczyć, że wdrażanie ITS rozpoczęto w Krakowie w 2013 roku, w Łodzi pod koniec 2015 roku, a we Wrocławiu w 2012 roku.

Tabela 1. Liczba wypadków drogowych w wybranych miastach wojewódzkich w Polsce w latach 2011–2023 na 100 tys. mieszkańców

Miasto	Przed wdrożeniem ITS	Po wdrożeniu ITS	w 2023 roku
Kraków	154,1	151,0	95,7
Łódź	243,9	232,5	129,1
Wrocław	177,3	104,6	91,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS Bank Danych Lokalnych.

Inteligentne systemy transportowe, przynoszą wymierne korzyści zarówno mieszkańcom miast, przedsiębiorcom, jak i wszystkim innym podmiotom zaangażowanym w kształtowanie mobilności miejskiej. M. Ostrowska zwraca uwagę na badania przeprowadzone m.in. w Japonii, USA i Europie, z których wynika, że wdrażanie pozwala ograniczyć nakłady na infrastrukturę nawet o 30–35%, przy jednoczesnym osiągnięciu efektywności zbliżonej do tej uzyskiwanej przy budowie nowych dróg (Ostrowska, 2024, s. 152). Istotnym aspektem ITS jest także szybsze i skuteczniejsze reagowanie na zdarzenia drogowe. Zaawansowane systemy zarządzania incydentami drogowymi, obejmujące automatyczne wykrywanie zdarzeń, koordynację dojazdu służb ratunkowych oraz przywracanie normalnych warunków ruchu, jak zauważa Ostrowska, pozwalają skrócić czas potrzebny na zidentyfikowanie wypadku nawet o 65%, zmniejszyć o około 45% czas dotarcia pomocy na miejsce, a także ograniczyć prawdopodobieństwo wystąpienia wypadków wtórnych w granicach od 7% do 50% (Ostrowska, 2024, s. 152). Wszystkie te zjawiska łącznie przyczyniają się do poprawy ogólnego poziomu bezpieczeństwa w transporcie drogowym.

Jednocześnie w literaturze przedmiotu można znaleźć różne opisy sposobów oddziaływania ITS na bezpieczeństwo ruchu drogowego – w tym m.in. modyfikacje pojazdów wpływające na proces prowadzenia oraz bezpośrednie oddziaływanie na kierowców poprzez urządzenia zintegrowane z infrastrukturą drogową. Zautomatyzowane systemy alarmowe, tablice zmiennej treści i inteligentna sygnalizacja świetlna ułatwiają przekazywanie informacji kierowcom i pieszym, co pomaga unikać sytuacji niebezpiecznych i ogranicza ryzyko wypadków wtórnych (Szmidt, 2016, s. 152). Usprawnienie akcji ratowniczych, wynikające m.in. z szybszego wykrywania incydentów i efektywniejszego zarządzania służbami, zwiększa szanse przeżycia ofiar wypadków oraz skraca czas przywracania ruchu drogowego do normalnego stanu (Ostrowska, 2024, s. 152). W praktyce ITS można wdrażać w różnych wariantach – od pojedynczych elementów wspomagających tradycyjne systemy transportowe po zintegrowane sieci obejmujące całe miasta. Kluczowe jest jednak dostosowanie tych rozwiązań do rzeczywistych potrzeb użytkowników, a nie jedynie do potencjału technologicznego czy bieżących trendów rynkowych. Dzięki temu ITS staje się narzędziem realnie wspierającym bezpieczeństwo i płynność ruchu w miastach, umożliwiając racjonalne zarządzanie zasobami oraz rozwój infrastruktury w sposób oszczędny i zrównoważony. Główne korzyści płynące z zastosowywania Inteligentnych Systemów Transportowych, według A. Adamskiego (2015, za: Walek, 2016, s. 72) obejmują:

- redukcję liczby wypadków i ofiar – zastosowanie ITS pozwala znacznie zmniejszyć ryzyko kolizji oraz ograniczyć skutki wypadków o 40–80%, dzięki szybszemu wykrywaniu zdarzeń i sprawniejszemu działaniu służb ratowniczych,
- optymalizację przepustowości – inteligentne zarządzanie ruchem zwiększa wydajność sieci drogowej o 20–25%, co poprawia płynność podróży i ogranicza powstawanie korków,
- oszczędność zasobów i kosztów – integracja danych w czasie rzeczywistym umożliwia ograniczenie inwestycji w nową infrastrukturę przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa i komfortu podróży,
- dbałość o środowisko – ograniczenie zużycia paliwa i emisji zanieczyszczeń o 30–70% pozytywnie wpływa na jakość powietrza w miastach, co przekłada się na poprawę warunków życia mieszkańców,
- kompleksowe wsparcie użytkowników – inteligentne systemy komunikacji, tablice informacyjne i adaptacyjna sygnalizacja świetlna dostarczają uczestnikom ruchu bieżących informacji, umożliwiając podejmowanie świadomych decyzji w czasie jazdy oraz zwiększając komfort przemieszczania się.

Podobne obserwacje przedstawia T. Gądek-Hawlena. Z badań autorki nad efektywnością ITS, zwłaszcza w kontekście poprawy bezpieczeństwa drogowego (redukcji liczby wypadków), wynika, że (Gądek-Hawlena, Wróbel, 2020, s. 98):

- kamery monitorujące prędkość mogą zmniejszyć liczbę wypadków nawet o 80%, co wskazuje na ich wysoką skuteczność w przeciwdziałaniu przekraczaniu prędkości,
- systemy sterowania ruchem na wjazdach na autostrady oraz systemy zarządzania incydentami drogowymi przynoszą redukcję liczby wypadków sięgającą do 50%, co dowodzi ich znaczenia w usprawnianiu ruchu w newralgicznych punktach sieci drogowej,
- zaawansowane systemy koordynacji ruchu, podobnie jak kamery, mogą ograniczyć liczbę wypadków nawet o 80%, co potwierdza, że inteligentne zarządzanie ruchem w miastach przynosi realne efekty.

Na poprawę bezpieczeństwa ruchu wpływają również zmiany w przepisach prawa i oznakowaniu dróg. Jak podaje M. Ostrowska, z analiz przeprowadzonych przez P. Rămă wynika, że uwzględnienie warunków pogodowych przy wprowadzaniu ograniczeń prędkości, połączone z odpowiednimi znakami informacyjnymi i ostrzegawczymi, prowadzi do obniżenia średniej prędkości pojazdów w niesprzyjających warunkach pogodowych (Ostrowska, 2024, s. 153).

Wyzwania i ograniczenia Inteligentnych Systemów Transportowych w kontekście bezpieczeństwa

Wdrażanie nowoczesnych technologii w transporcie publicznym niesie ze sobą zarówno szanse, jak i wyzwania. Choć innowacyjne rozwiązania mogą znacząco poprawić bezpieczeństwo pasażerów i innych uczestników ruchu, ich skuteczność często zależy od wielu czynników, takich jak jakość infrastruktury, koszty wdrożenia czy zagrożenia cybernetyczne. Dodatkowo pojawiają się kwestie związane z ochroną prywatności oraz integracją różnych systemów. Analizy K. Wcisło

i J. Aleksandrowicza wskazują, że systemy ITS mogą być narażone na cyberataki, zwłaszcza gdy dane są zbierane i przechowywane za pośrednictwem sieci internetowej (Wcisło, Aleksandrowicz, 2023, s. 18). W przypadku manipulacji danymi dotyczącymi natężenia ruchu możliwe jest zakłócenie pracy sygnalizacji świetlnej, co prowadzi do zatorów drogowych i innych zagrożeń. Cyberprzestępcy mogą również atakować systemy zarządzania ruchem, obejmujące kontrolę wjazdu do stref ograniczonego dostępu, automatyczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych czy tablice VMS. Systemy ITS bywają też zależne od infrastruktury cyfrowej – awarie, błędy algorytmów lub nieprawidłowe wdrożenie mogą znacząco obniżać ich skuteczność. Choć nowoczesne rozwiązania uwzględniają pieszych (np. dzięki czujnikom i inteligentnym sygnalizacjom), w praktyce niektóre wdrożenia nadal faworyzują ruch samochodowy, marginalizując potrzeby pozostałych uczestników ruchu. Włamania do systemów ITS mogą prowadzić do fałszowania informacji o wykroczeniach kierowców, manipulacji dostępem do stref zamkniętych, a nawet do zakłócenia działań służb ratunkowych. Jak podkreślają autorzy, aby minimalizować ryzyko ataków, konieczne jest wdrażanie kompleksowych środków bezpieczeństwa, takich jak szyfrowanie danych, ograniczanie dostępu administracyjnego, szkolenie personelu, stosowanie uwierzytelniania użytkowników oraz regularna zmiana haseł (Wcisło, Aleksandrowicz, 2023, s. 19).

W instytucjach publicznych systemy informatyczne wspierają całość prowadzonej działalności, jednak ich pełny potencjał często nie jest wykorzystywany z powodu utrwalonych rozwiązań organizacyjnych oraz obaw przed zmianami, które wiążą się z ryzykiem. Jak zauważa G. Dydkowski, sam proces wdrażania lub modernizacji takich systemów jest skomplikowany i nierzadko prowadzi do opóźnień, przekroczenia kosztów oraz nieosiągnięcia założonych funkcjonalności. Dlatego przed rozpoczęciem tego rodzaju projektów, szczególnie finansowanych ze środków publicznych lub programów pomocowych, niezbędne są precyzyjne analizy ryzyka, kosztów i potencjalnych korzyści. Wykorzystanie pełni możliwości systemów informatycznych pozostaje jednym z kluczowych wyzwań sektora publicznego, w tym transportu zbiorowego (Dydkowski, 2023, s. 179–181).

Jednym z głównych wyzwań skutecznej implementacji ITS w Polsce jest stan infrastruktury miejskich systemów transportowych, wymagający znaczących inwestycji w nadchodzących latach. Z obserwacji E. Ciepaj wynika, że obecnie priorytetem pozostają projekty infrastrukturalne, co znajduje odzwierciedlenie w wysokości środków przeznaczanych na transport w ramach programów operacyjnych. Organizatorzy transportu publicznego działają jako jednostki sektora finansów publicznych, działające zgodnie z ustawą o finansach publicznych, co uniemożliwia gromadzenie zysków na cele inwestycyjne. W efekcie realizacja niezbędnych inwestycji wymaga pozyskiwania środków z funduszy publicznych lub unijnych (Dydkowski, 2023, s. 171). Ekspertiści podkreślają, że rola instytucji publicznych powinna ograniczać się do koordynacji oraz tworzenia jednolitych ram prawnych i administracyjnych, co skłania do poszukiwania alternatywnych źródeł finansowania – m.in. poprzez internacjonalizację kosztów zewnętrznych czy opłaty za korzystanie z infrastruktury (Ciepaj, 2012, s. 38–39). W przyszłości użytkownicy transportu mogą ponosić wyższe koszty zgodnie z zasadami „zanieczyszczający płaci” lub „użytkownik płaci” (Komisja Europejska, 2011, s. 9).

Poza barierami ekonomicznymi istotne znaczenie mają również wyzwania organizacyjne oraz negatywne nastawienie społeczne, utrudniające wprowadzanie zmian. Jak zauważa E. Ciepaj, wdrażanie ITS może napotykać opór wynikający z braku świadomości dotyczącej zagrożeń, takich jak niski poziom bezpieczeństwa ruchu czy zanieczyszczenie środowiska. Dlatego kluczowe jest prowadzenie działań edukacyjnych skierowanych zarówno do użytkowników transportu, jak i instytucji zarządzających systemami transportowymi, w celu promowania skuteczności i korzyści płynących z wdrażania ITS (Ciepaj, 2012, s. 39).

Choć systemy ITS realnie zwiększają poziom bezpieczeństwa w transporcie miejskim, nie są w stanie wyeliminować najważniejszego i najbardziej nieprzewidywalnego elementu – czynnika ludzkiego. To właśnie błędy kierowców, pieszych i operatorów najczęściej prowadzą do wypadków, a żaden system nie jest w stanie całkowicie wykluczyć tego ryzyka. Według danych Komendy Głównej Policji z 2023 roku, aż 91,0% wypadków spowodowanych jest przez kierowców, natomiast tylko 0,2% wynika z przyczyn technicznych (Komenda Główna Policji, 2024, s. 25). Nie da się również jednoznacznie określić, w jakim stopniu ITS rzeczywiście poprawiają bezpieczeństwo. Brak uniwersalnego miernika skuteczności sprawia, że wzrost liczby wypadków w niektórych miastach nie musi świadczyć o nieskuteczności systemów, lecz może być konsekwencją zwiększonego natężenia ruchu i liczby pojazdów.

ITS mogą wspierać człowieka – poprzez lepszą koordynację, dostęp do informacji i narzędzia wspomagające podejmowanie decyzji – lecz nie zastąpią zdrowego rozsądku, ostrożności ani odpowiedzialności użytkowników dróg.

Podsumowanie

Inteligentne systemy transportowe to przełom w kształtowaniu bezpieczeństwa transportu miejskiego. Nie tylko podnoszą ogólny poziom bezpieczeństwa na drogach, lecz także przyczyniają się do optymalizacji ruchu oraz zrównoważonego rozwoju miast. Ich skuteczne wdrażanie wymaga jednak stałego monitorowania potrzeb użytkowników, rozwoju infrastruktury telematycznej oraz współpracy pomiędzy różnymi interesariuszami, aby korzyści płynące z ITS były realnie odczuwalne przez wszystkich uczestników ruchu drogowego. Sukces implementacji tych rozwiązań zależy od zachowania potrójnej równowagi między: innowacyjnością a interoperacyjnością systemów, precyzją technologii a zaufaniem użytkowników oraz standaryzacją a elastycznością wobec lokalnych potrzeb. Wdrażanie ITS wiąże się również z wyzwaniami, takimi jak zapewnienie cyberbezpieczeństwa, wysokie koszty implementacji czy konieczność integracji z istniejącą infrastrukturą.

Przyszłość transportu publicznego w dużej mierze zależeć będzie od dalszego rozwoju technologii oraz ich odpowiedniego dostosowania do realiów miejskich. Systemy te bywają także przedmiotem dyskusji i sporów politycznych. Pomimo początkowej krytyki ze strony niektórych środowisk, rozwiązania ITS pozostają kluczową alternatywą dla ograniczania ruchu pojazdów indywidualnych. Władze – wspierane szeroko zakrojonymi kampaniami informacyjnymi – powinny dążyć do konsekwentnej realizacji założeń związanych z wdrażaniem ITS, uświadamiając

obywatelom zarówno cele, jak i środki ich osiągnięcia (Molecki, 2017, s. 116–120). Nowe podejście do transportu publicznego jest niezbędne, ponieważ bez jego rozwoju miasta mogą utracić zdolność do dalszego zrównoważonego funkcjonowania.

Bibliografia

- Adamski, A. (2015). *PLACON-DISCON integrated approach to public transport priority control at traffic signals*. Poznań: Advanced OR and AI Methods in Transportation Publ. House.
- Ciepa, E. (2012). Determinanty i obszary implementacji rozwiązań telematycznych w ramach Inteligentnych Systemów Transportowych w miastach. *Studia Miejskie*, 6, 31–40.
- Dydkowski, G. (2023). *Systemy informatyczne i transformacja cyfrowa w miejskim transporcie zbiorowym*. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
- Elassy, M., Al-Hattab, M., Takruri, M., Badawi, S. (2024). Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 16. DOI:10.1016/j.treng.2024.100252.
- Gądek-Hawlena, T., Wróbel, M. (2020). The impact of Intelligent Transportation Systems on road safety in Poland. *Economics and Organization of Logistics*, 5 (1), 95–105.
- GUS, Bank Danych Lokalnych, *transport i łączność*. <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/tablica> (5.06.2025).
- Komenda Główna Policji. Biuro Ruchu Drogowego (2024). *Wypadki drogowe w Polsce w 2023 roku*. Pobrano z: <https://dlakierowcow.policja.pl/download/20/423450/Wypadkidrogowe2023.pdf> (5.06.2025).
- Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Mobilności i Transportu. (2011). *Biała księga transportu: plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu: dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*. Urząd Publikacji Unii Europejskiej, <https://data.europa.eu/doi/10.2832/34321> (27.03.2025).
- Kręt, P. (2020). Inteligentne systemy transportowe w Smart City. *Management and Quality – Zarządzanie i jakość*, 2 (2), 42–54.
- Malygin, I., Komashinskiy, V., Korolev, O. (2018). Cognitive technologies for providing road traffic safety in intelligent transport systems. *Transportation Research Procedia*, 36, 487–492.
- Maruszczak, M. (2016). Inteligentne systemy transportowe a zarządzanie ruchem w miastach. *Journal of Translogistic*, 2 (1), 45–56.
- Molecki, A. (2017). *Wdrażanie Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) w kontekście polityki transportowej aglomeracji miejskiej na przykładzie Wrocławia*. MAZOWSZE Studia Regionalne, 20.
- Ostrowska, M. (2024). Bezpieczeństwo ruchu drogowego w polskich miastach a wdrażanie inteligentnych systemów transportowych. *Zeszyty Naukowe Pro Publico Bono*, 1 (1), 143–155.
- Perenc, J., Wojan, W. (2013). Inteligentne Systemy Transportowe jako technologie sprzyjające rozwojowi sektora TSL. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki*, 23, 245–259.
- Pułkownik, M. (2018). Wskaźniki oceny bezpieczeństwa w ruchu drogowym. *Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni*, 33, 53–62. <https://doi.org/10.12716/1002.33.05>.
- Szmidt, E. (2016). Mechanizm działania systemów ITS i ich wpływ na BRD. *Transport Samochodowy*, 4, 83–102.
- Wąlek, T. (2016). Inteligentne Systemy Transportowe jako instrument poprawy bezpieczeństwa. *Security, Economy & Law*, 2, 67–73.
- Wcisło, K., Aleksandrowicz, J. (2023). Zagrożenia dla cyberbezpieczeństwa w transporcie miejskim. *Transport miejski i regionalny*, 5, 16–20.
- Wyszomirski, O. (2017). Zrównoważony rozwój transportu w miastach a jakość życia. *Transport Miejski i Regionalny*, 12, 27–32.

Cytowanie

- Sas, S. (2025). Inteligentne Systemy Transportowe a bezpieczeństwo transportu miejskiego. *Acta Politica Polonica*, 2 (60), 119–128. DOI: 10.18276/ap.2025.60-08.