

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

DYSCYPLINA NAUKOWA – NAUKI O ZARZĄDZANIU I JAKOŚCI
DZIEDZINA NAUK - NAUKI SPOŁECZNE

Rozprawa doktorska

mgr inż. Krzysztof Marek Łabędzki

**Model zarządzania transportem publicznym w inteligentnym
mieście przy wsparciu technologii Internetu Rzeczy**

Promotor

prof. dr hab. inż. Agnieszka Bitkowska

Promotor pomocniczy

dr inż. Olga Sobolewska

WARSZAWA 2025

Streszczenie

Problematyka rozprawy doktorskiej dotyczy zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście, który umożliwi mieszkańcom sprawne poruszanie się po obszarze miejskim. Z racji ciągłego postępu technologicznego obszar zarządzania transportem publicznym powinien być wspierany przez nowoczesne technologie informacyjno-komunikacyjne (*ICT – information and communication technologies*). Dynamizm związany z czwartą rewolucją przemysłową wymusza na miastach skorzystanie z nowoczesnych rozwiązań technologicznych. Aby sprostać tym wymaganiom stawianym w obszarze zarządzania inteligentnym miastem oraz przez użytkownika, dołącza się technologie Internetu Rzeczy (*IoT – Internet of Things*), które obecnie oraz przyszłościowo będą nieodzowne w sferze transportu miejskiego inteligentnego miasta. Potwierdza to również przeprowadzony przegląd źródeł literaturowych krajowych oraz zagranicznych.

Celem pracy jest opracowanie modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy (*IoT*). Model ten ma na celu usprawnień przewozów pasażerskich, poprawę jakości usług transportowych oraz redukcję negatywnego wpływu na środowisko poprzez inteligentne zarządzanie ruchem, monitorowanie pojazdów w czasie rzeczywistym oraz analizę danych transportowych. Opracowane rozwiązanie uwzględni integrację różnych środków transportu, automatyzację procesów decyzyjnych oraz wykorzystanie zaawansowanych algorytmów do predykcji i planowania mobilności miejskiej, co przyczyni się do stworzenia bardziej zrównoważonego i efektywnego systemu transportu publicznego.

Mimo szybkiego postępu technologicznego z obserwacji wynika, że obecnie brakuje usystematyzowanego podejścia do zarządzania w obszarze transportu publicznego w inteligentnym mieście z wykorzystaniem w tym zakresie Internetu Rzeczy. Głównym problemem badawczym w dysertacji było opracowanie autorskiego modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście przy wsparciu technologii Internetu Rzeczy (*MZTPIoT*). Zaproponowane rozwiązanie poprawi sprawność funkcjonowania oraz zarządzania transportem publicznym wobec dynamicznie zmieniających się potrzeb podmiotów uczestniczących oraz pojawiających się zagrożeń.

W ramach prac badawczych prowadzonych w latach 2022-2024 opracowano strukturę modelu *MZTPIoT v.2.0*. Podczas prowadzonych badań skorzystano z relacji potrójnej helisy (administracja samorządowa, nauka, biznes), aby wartość autorskiego modelu znalazła

zastosowanie praktyczne w zakresie rozwiązań transportu publicznego przy wsparciu technologii IoT.

Uzyskane wyniki badań potwierdzają możliwość wykorzystania modelu MZTPIoT v.2.0 dla aglomeracji miejskich o wysokim stopniu złożoności infrastruktury komunikacyjnej dotyczącego analizowania problemów decyzyjnych będących poza zasięgiem klasycznych metod analitycznych. Zaprezentowany model umożliwi optymalne wykorzystaniu dostępnych zasobów, dostosowanie do norm prawnych co w znacznym stopniu poprawi bezpieczeństwo pasażerów oraz zmniejszy ryzyko niepożądanych zdarzeń.

Słowa kluczowe: transport publiczny, zarządzanie transportem publicznym, inteligentne miasto, inteligentny transport, Internet Rzeczy.

Summary

The main topic of the doctoral thesis is public transport in a smart city, which allows residents to move efficiently around the urban area. Due to continuous technological progress, the public transport area should be supported by modern information and communication technologies (*ICT – information and communication technologies*). The dynamics associated with the fourth industrial revolution force cities to use modern technological solutions. In order to meet these requirements of city management area and by the user, we have to add the Internet of Things technology (*IoT – Internet of Things*), which will be indispensable in the field of urban transport of a smart city now and in the future. This is also confirmed by a review of domestic and foreign literary sources.

The purpose of this study is to develop a model for managing public transportation in a smart city using Internet of Things (IoT) technologies. The model aims to increase the improvements of passenger transportation, improve the quality of transportation services and reduce negative environmental impacts through intelligent traffic management, real-time vehicle monitoring and transportation data analysis. The developed solution will take into account the integration of different modes of transportation, the automation of decision-making processes and the use of advanced algorithms for urban mobility prediction and planning, which will contribute to a more sustainable and efficient public transportation system.

Despite rapid technological progress, the observation shows that there is currently a lack of a systematic management in the area of public transport in the smart city using the Internet of Things. The main research problem was the development of the proprietary model of public transport management in a smart city with the support of Internet of Things technology (MZTPIoT), which will improve the efficiency of public transport in relation to the dynamically changing needs of participants and emerging threats.

Within the framework of research work in the years 2022-2024, the structure of the MZTPIoT v.2.0 model was developed on the plane of empirical methods. During the research, the triple helix relationship (local government, science, business) was used to make the value of the author's model practical in terms of public transport solutions supported by IoT technology.

The results of the study confirm the possibility of using the MZTPIoT v. 2.0 for urban agglomerations with a high degree of complexity of communication infrastructure for analysis of decision problems that are beyond the scope of classical analytical methods.

Presented model will help to make optimal use of available resources, legal standards, which will greatly improve passenger safety and minimize accidents in land traffic.

Keywords: public transport, public transportation management, smart city, smart transportation, Internet of Things.

Spis treści

Streszczenie	3
Summary	5
Wykaz skrótów i pojęć	9
Wprowadzenie	10
1. Współczesny stan wiedzy w zakresie problematyki zarządzania inteligentnym miastem	24
1.1. Wprowadzenie	24
1.2. Istota i koncepcja inteligentnego miasta z punktu widzenia zarządzania	25
1.3. Proces urbanizacji jako fundament koncepcji zarządzania inteligentnym miastem	40
1.4. Taksonomia inteligentnych miast	45
1.5. Standard zarządzania inteligentnym miastem wg normy ISO 37120	52
1.6. Podsumowanie	54
2. Internet Rzeczy w zarządzaniu inteligentnym miastem	56
2.1. Wprowadzenie	56
2.2. Rozwój technologii Internetu Rzeczy z perspektywy zarządzania inteligentnym miastem	58
2.3. Przegląd definicji dotyczących Internetu Rzeczy	74
2.4. Podsumowanie	84
3. Zarządzanie transportem publicznym w inteligentnym mieście	86
3.1. Wprowadzenie	86
3.2. Zarządzanie transportem publicznym w inteligentnym mieście na świecie	91
3.3. Geneza oraz prognozowane trendy w zarządzaniu inteligentnym transportem	94
3.4. Zarządzanie transportem publicznym w inteligentnym mieście w Polsce	105
3.5. Rozwiązania Internetu Rzeczy w zarządzaniu miejskim transportem publicznym	108
3.6. Podsumowanie	113
4. Analiza wyników badań dotycząca zastosowania Internetu Rzeczy w transporcie publicznym	114
4.1. Wprowadzenie	114
4.2. Założenia badawcze i charakterystyka próby	114
4.3. Analiza korelacji w kontekście wyników przeprowadzonych badań	133
4.4. Podsumowanie	140
5. Koncepcja modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy (MZTPIoT)	142
5.1. Założenia i konstrukcja Modelu Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy	142
5.2. Struktura Modelu Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy	145

5.3.	Dyskusja ekspertów nad Modelem Zarządzania Transportem Publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy.....	155
5.4.	Rekomendacje do wdrożenia modelu MZTPIoT.....	165
5.5.	Podsumowanie.....	168
Podsumowanie i wnioski.....		170
Bibliografia		177
Źródła internetowe.....		195
Spis tabel		199
Spis wykresów.....		200
Spis rysunków.....		201
Załącznik nr 1 – IMD Smart City Index 2024.....		202
Załącznik nr 2 – European Smart Cities 3.0.....		208
Załącznik nr 3 – IESE Cities in Motion Index.....		211
Załącznik nr 4 – Kwestionariusz ankiety		220
Załącznik nr 5 – Kwestionariusz ankiety walidacyjnej modelu MZTPIoT v.1.2.....		226

Wykaz skrótów i pojęć

Artificial Intelligence (AI) – sztuczna inteligencja

Electric Vehicle (EV) – pojazd elektryczny

Global Sensor Networks (GSN) — Globalne Sieci Czujników

Industry Internet of Things (IIoT) — Przemysłowy Internet Rzeczy

Internet of Everything (IoE) — Internet Wszechrzeczy

Internet of Things (IoT) – Internet Rzeczy

ISO – International Organization for Standardization - Międzynarodowa Organizacja Standaryzacyjna (z greckiego *isos* znaczy równy)

Model Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem Internetu Rzeczy (MZTPIoT) – autorski model

PKN – Polski Komitet Organizacyjny

PKN-ISO – norma Polskiego Komitetu Organizacyjnego wraz ze standardem ISO

Smart city – inteligentne miasto

Smart health – inteligentna służba zdrowia

Smart industries – inteligentne przedsiębiorstwo

Smart mobility – inteligentna mobilność

Smart property – inteligentne budynki

Smart tracking – inteligentne trasy

Wprowadzenie

Rozwój społeczno-gospodarczy, technologiczny oddziałuje na funkcjonowanie współczesnych inteligentnych miast, a także skuteczne zarządzanie nimi (Szołtysek, i in., 2022, s. 11). Współczesne miasta podążające dynamiczną, inteligentną ścieżką rozwoju powinny sprostać zadaniu tworzenia nowej jakości życia w nich, w związku z tym pojawiają się (Kinelski, 2022, s. 36; Visvizi i in., 2025, s. 2;) rozwojowe (m.in. duże potoki informacji, nowe kanały komunikowania się oraz połączenia świata realnego z wirtualnym). Przebieg zmian staje się coraz bardziej gwałtowny, nieprzewidywalny, co obecnie jest zbyt trudne do antycypacji (Morawski, 2021, s. 7; Brzychczy i Rostek, 2024, s. 11). Internet Rzeczy (*IoT – Internet of Things*) dla inteligentnego miasta jest jednym z istotnych technologii wspierającej budowania miasta przyszłości (Morawski, 2023, s. 206; Hansen i in., 2025, s. 3; Mezni i in., 2025, s.166). Miasta są jedną z najważniejszych innowacji społecznych, promującą dobrobyt i dobrostan ludzki w dwóch wymiarach: materialnym i niematerialnym, m.in. usługi, produkty innowacyjne technologie, a także współpraca z otoczeniem B+R (Kucęba i Chmielarz, 2022, s. 677). Prowadzi to do rosnących oczekiwań, aby nasze miasta stawały się bardziej zrównoważonymi formami miejskimi. W tym skomplikowanym procesie równolegle cywilizacja przeobraża się w obraz cywilizacji cyfrowej (Qiu i in., 2023, s. 2; Zawila-Niedźwiecki i in., 2021, s. 22). Osiągnięcie tego przejawia się w różnych formach i przy różnych kosztach z zachowaniem strumienia tworzenia wartości (Cicea i in., 2019, s. 31; Sobolewska, 2018, s. 38; Kosieradzka, 2023, s. 165). Globalny trend dotyczący procesu masowej migracji ludzi z obszarów wiejskich do miejskich oraz wszechobecna transformacja cyfrowa wymusza zmiany otoczenia miasta (Kosieradzka i Rostek, 2021, s. 237; Waghmare. 2024, s. 7; Noori i in., 2025, s. 3). Szacuje się, że w ciągu najbliższych 30 lat ponad 75% światowej populacji będzie mieszkać w mieście, a co się z tym wiąże, wzrosną oczekiwania dotyczące jakości życia (Yang i Lee, 2023, s. 1; Chomiak-Orsa i Sosgórnik, 2020, s. 20). Przewidywany szybki wzrost populacji miejskiej może mieć negatywny wpływ na systemy aglomeracyjne, takie jak komunikacja miejska. Generuje to nieustanną konieczność nadzoru, zarządzania i optymalizacji (Zapolskyte i in., 2020, s. 196). Inteligentna transformacja stopniowo postępuje na całym świecie i jest podstawą rozwoju miast (Song i in., 2023, s. 10). Cyfryzacja jest innowacyjnością ogólnego przeznaczenia, związaną z gromadzeniem informacji i danych o obiektach oraz użytkownikach, a następnie stwarza możliwości przedstawienia ich w formie cyfrowej przy wsparciu technologii informacyjno-komunikacyjnych (*ICT – information and communication technologies*), stanowiąc niezbędne

medium w dalszym rozwoju obszarów miejskich (Schuch De Azambuja, 2021, s. 424; Gierszewska i Huras, 2023, s. 43; Kucharska i Rostek, 2023, s. 1). Jest siłą napędową rozwoju miast i infrastruktury (Callcut i in., 2021, s. 2). W miarę upływu czasu pojawiały się różne koncepcje (m.in. cyfrowe miasto, zurbanizowane miasto, hybrydowe miasto) oparte na zastosowaniu technologii informacyjnych i komunikacyjnych, co w efekcie sprowadza się do modelu inteligentnego miasta (Qonita i Giyarsih, 2023, s. 480). Miasta odgrywają obecnie kluczową rolę w rozwiązywaniu różnorodnych problemów i potrzeb obywateli, a także nieustannego uczenia się oraz kreowania dobrych rozwiązań dla mieszkańców (Gusul i in., 2021, s. 82; Gierszewska, 2023, s. 71). Nowoczesne miasto łączy ze sobą kilka płaszczyzn systemowych, m.in.: aktywność naukową, innowacyjność podmiotów, przestrzeń cyfrową oraz użytkowników (Lis i in., 2022, s. 8). W pracy na potrzeby wsparcia wykazano możliwość wykorzystania koncepcji Internetu Rzeczy, która opiera się na automatyzacji procesów w sferze transportu miejskiego (Romanowski i Lewicki, 2018, s. 98). W poruszonym problemie należy zwrócić uwagę na aspekt mobilności, który jest częścią wielowymiarowej koncepcji, co można uznać za filar w dążeniach do koncepcji miasta inteligentnego, co wymaga (Tomaszewska i Florea, 2018, s. 41; Ghorbani i in., 2023, s. 3; Gierszewska, 2020, s. 116):

- mapowania i lokalizacji – relacje przestrzenne między pojazdem a statycznymi obiektami otoczenia,
- wykrywania i śledzenia poruszających się obiektów,
- klasyfikacji obiektów (takich jak: samochód, autobus, pieszy, rowerzysta itp.) (Evain i in., 2023, s. 1).

Przykładowo w mieście stołecznym Warszawie obszar mobilności zalicza się do najistotniejszych obszarów jego rozwoju. Wykorzystuje się technologie IoT oraz dane w celu zapewnienia zadowalającego poziomu wydajności, zrównoważonego rozwoju i pełnej dostępności systemu transportowego miasta (Wolniak, 2023, s. 1009; Zhou i in., 2025, s. 3). Inteligentne miasta odgrywają kluczową rolę w przekształcaniu różnych obszarów życia mieszkańców w zakresie zrównoważonego rozwoju (Bibri i Krogstie, 2020, s. 3; Brownrigg-Glesson i in., 2025, s.15), a ich funkcjonowanie osiąga bardzo wysoki poziom integracji, koordynacji i współpracy między „zwykłymi obiektami”, zapewniając pewien stopień inteligencji (Alvear i in., 2018, s. 1).

Aktualnie funkcjonowanie mieszkańca jest wspierane przez technologię, co tworzy całodobowe połączenie z siecią Internet (Ptak, 2022, s. 11). Rewolucja przemysłowa, która

współcześnie ma szerokie oddziaływanie, znajduje wiele zastosowań obszarze automatyzacji oraz systemów, które prezentują i przetwarzają otrzymane dane (Sałek, 2022, s. 61). Przydatność zebranych danych powinna być oceniana według następujących kryteriów: aktualność, relewantność, przyswajalność, kompletność oraz wiarygodność (Grabińska, 2022, s. 184). Władze samorządowe w XXI wieku muszą zmierzyć się z poważnym przeobrażeniem, jakim jest transformacja cyfrowa, gdyż wdrożenie rozwiązań opartych na tych technologiach przyczyni się do zwiększenia efektywności w realizacji prac jednostek administracji publicznej. Wykonywane zadania będą transparentne wraz z dostępnością do danych i usług, co wpływa to równocześnie na poprawę realizowania usług i komunikacji z mieszkańcami. Obywatele wymagają od urzędów zdalnego dostępu do komunikacji i składania dokumentów, co buduje pozytywny obraz urzędów. Rozwiązania dotyczące dostępu do szerokopasmowej technologii ICT wspierają dążenia miasta do realizacji koncepcji *smart city* – miasto stawiające na kreatywność i rozwój z wykorzystaniem nowoczesnych technologii (Ul Huda i in., 2024, s. 7). Zjawisko to dotyczy nie tylko światowych metropolii takich jak: Tokio, Londyn, Nowy Jork, Paryż, Berlin, Seul czy Singapur, ale podobne problemy muszą rozwiązywać władze mniejszych miast o populacji poniżej 100 tys. mieszkańców (Chomiak-Orsa i in., 2021, s. 1). Wszystkie miasta dążą do wykorzystania nowoczesnych technologii i innowacyjnych rozwiązań, aby poprawić jakość życia swoich mieszkańców oraz efektywność zarządzania miejską infrastrukturą.

W aktualnej koncepcji zarządzania miastem administracja publiczna oraz technologie informacyjne–komunikacyjne uzupełniają się (Ben-Daya, i in., 2019, s. 4719), bowiem obecnie praktycznie każde miasto szczebla wojewódzkiego, powiatowego lub gminnego w Polsce stawia na rozwój technologii i wsparcia obszaru *smart mobility* – inteligentny transport wykorzystujący nowoczesne technologie. Ma to zapewnić odpowiednią wydajność, bezpieczeństwo i zrównoważone podejście do transportu miejskiego (Biancuzzi i in., 2024, s. 145). Jest on wyznacznikiem postępu i nowoczesności w tej dziedzinie – od sfery społecznej, poprzez system, po sferę mieszkańca, poszukując nowych rozwiązań, które przyczyniają się do pozyskania przewagi konkurencyjnej na płaszczyźnie miast. Wspierają poziom rozwoju gospodarczego i społecznego oraz zapewniają wysoką jakość życia (Witkowski, 2017, s. 763). Uważa się, że miasta zostaną pokryte czujnikami oraz urządzeniami, które będą osadzone w przedmiotach codziennego użytku, tworząc inteligentny świat rzeczy (Stankovich, 2014, s. 3). Ogromne znaczenie przypisuje się IoT, który będzie miał wkład w rewolucjonizowaniu jednego z filarów jakim jest transport miejskim. Zapowiada to diametralne zmiany od czasu Internetu

(Butun, i in., 2020, s. 616). Rozwiązania IoT umożliwiają śledzenie pojazdów w czasie rzeczywistym i automatyczne gromadzenie danych w celu optymalizacji harmonogramów przejazdów. Ponadto jest to również ważne źródło informacji w identyfikowaniu nieoczekiwanych wydarzeń (Tsnag, i in., 2021, s. 1552). Rola IoT jest obecnie cały czas w fazie badań, ale kierunkiem rozwoju będzie kreowanie sieci obiektów i przedmiotów połączonych w globalną sieć, a z biegiem czasu wyposażonych w element sztucznej inteligencji (Caputo i in., 2015, s. 384).

Następuje również zmiana w kierunku współpracy poszczególnych podmiotów w ramach całego systemu transportu miejskiego. Bywa też, że innowacje jednego podmiotu są bodźcem dla pozostałych. Popyt na podróże miejskie poprawia jego multimodalność (Liu i in., 2023, s. 3) oraz wspiera zrównoważony rozwój smart city (Okafor i in., 2021, s. 1289). Dzięki temu powstają korzystne korelacje w obszarze IoT (Nittal i in., 2022, s.433). Możliwość łączenia obiektów fizycznych – rzeczy z Internetem wyposaża je w niespotykaną jak dotąd funkcjonalność, co implikuje możliwość rozwoju tego typu technologii z potencjałem przełomowych zmian w obszarze transportu miejskiego (Strohmeier, 2020, s. 2289). Oprócz tego pozostałe nowoczesne technologie, m.in. Big Data, sztuczna inteligencja, przetwarzanie brzegowe, też w swoisty sposób poprawiają jakość codziennego życia mieszkańców oraz miasta dzięki oferowanym usługom (You i in., 2023, s. 4060). IoT jest zwykle przedstawiany jako przełomowa technologia do rozwiązywania większości problemów współczesnego społeczeństwa, m.in.: inteligentne miasta (*smart city*), inteligentny transport (*smart mobility*), inteligentne budynki (*smart property*), inteligentny przemysł (*smart industries*), i nowoczesnej opieka zdrowotna (*smart health*) (Rys. 1) (Probola, 2017). Łączy się również w koncepcję Przemysłu 4.0, która obecnie jest popularna na całym świecie i korzysta z technologii IoT. Jednym z istotnych wyzwań dla rozwoju IoT jest wdrożenie miliardów, a nawet bilionów inteligentnych obiektów zdolnych do wykrywania otaczającego nas środowiska, przesyłania i przetwarzania pozyskanych danych, a następnie przekazywanie informacji zwrotnej do otoczenia (Sisinni i in., 2018, s. 4724). Technologia ta również wspiera proces podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym, optymalizując strategię układu komunikacji miejskiej (Vishkaei i De Giovanni, 2023, s. 1). Globalna architektura informacyjna oparta na Internecie ułatwia wymianę usług w sposób bezpieczny oraz niezawodny, co przekłada się na ich połączenie w świecie fizycznym z odpowiednikami w świecie wirtualnym (Weber i in., 2010, s. 1).

Internet Rzeczy (IoT)

Inteligentne miasta

Nowoczesna służba zdrowia

Inteligentny przemysł

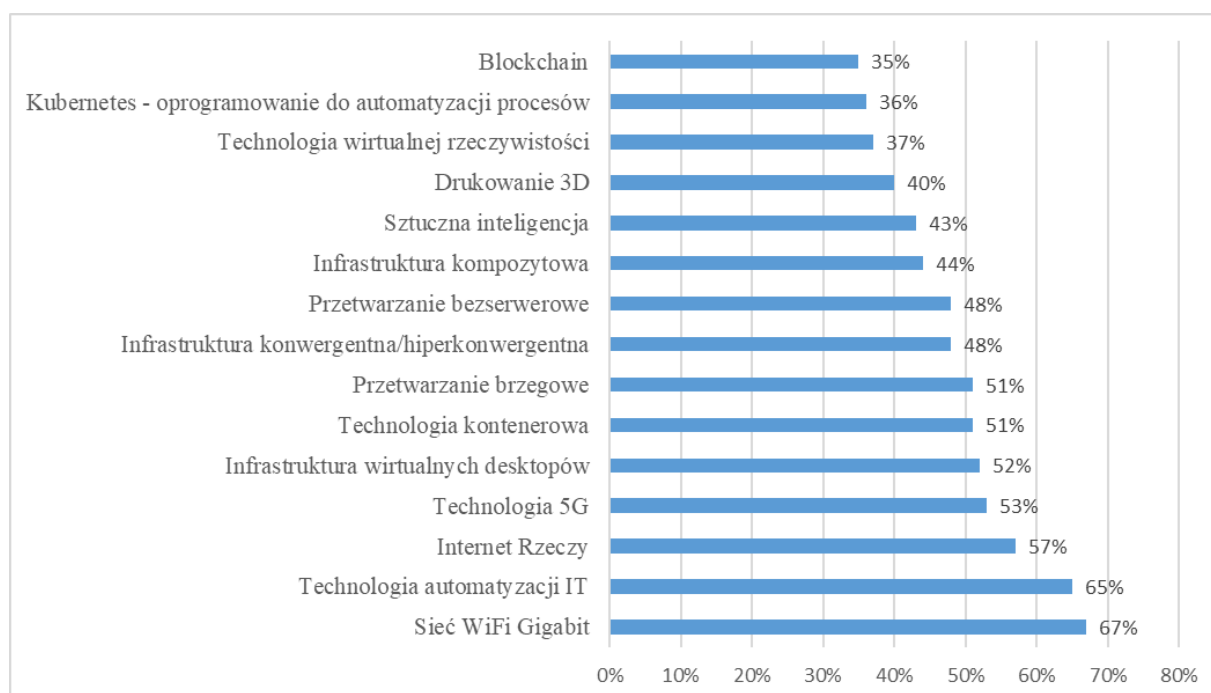
Inteligentny transport

Inteligentne budynki

Rysunek 1. Obszary wykorzystania IoT
Źródło: opracowanie na podstawie (Probola, 2017).

Przeprowadzone badania niezależnych podmiotów badawczych (Statista, 2024) wskazują istotny aspekt oddziaływania technologii IoT w obszarach aglomeracji miejskiej. Na Wykresie 1, zaprezentowano trendy rozwojowe technologii IT dla Europy i Ameryki Północnej. Badania zostały przeprowadzone w roku 2023 z projekcją na lata kolejne do 2030 roku. Pierwsze miejsca zajmują: sieć Wi-Fi (z wynikiem 67%), drugą pozycję zajmuje automatyczna technologia (z wynikiem 65%), natomiast IoT znalazło się na trzecim miejscu (z wynikiem 57%), co potwierdza popularność technologii różnych obszarach ICT.

Wykres 1. Europejskie trendy ICT



Źródło: opracowanie własne na podstawie Nguyen, (2024), s.13

Przekłada się to również na popularność ww. technologii w obszarze smart city, gdyż powyższe działania łączą tradycję z innowacyjnością oraz skłaniają do podejścia w polityce miejskiej przez pryzmat osiągnięć nauki związanych z rozwojem obecnych badań z wykorzystaniem m.in. nad sztuczną inteligencją (*artificial intelligence*), mnogiej komunikacji, kognitywistki itp.

Miasta na terenie Rzeczypospolitej Polskiej skupiają w swoich strukturach instytucje usług publicznych, nauki, biznesu oraz rozwoju gospodarczego. W ostatnich dekadach w związku z szansami pozyskania funduszy zewnętrznych (m.in. Fundusz Spójności, Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego, Europejski Fundusz Społeczny Plus, Program Life, Horyzont Europa) rozpoczął się dynamiczny rozwój obszarów miejskich, a w niektórych przypadkach był on nierównomierny. Spowodowane to było między innymi potencjałem danej jednostki samorządowej (Chruściel, 2023, s. 28) oraz sposobem jej zarządzania i nieprzerwaną realizacją założonych celów w obszarze inteligentnego miasta oraz jednego z podobszaru, jakim jest transport miejski. Na świecie występują miasta, które stanowią markę samą w sobie oraz są magnesem przyciągającym zarówno nowych mieszkańców, podmioty gospodarcze, instytucje kulturalne i ośrodki naukowe.

Konieczność przemieszczania ludzi oraz ładunków obejmuje procesy transportowe, logistyczne. Obecnie realizacja potrzeb transportowych ma niezmiernie istotne znaczenie, gdyż

bez zapewnienia zdolności przemieszczania ludzi oraz ładunków zaburzyłoby to funkcjonowanie procesów gospodarczych, normalne funkcjonowanie obywatela w społeczeństwie (Masternak i in., 2017, s. 239). Na terenach miast tych większych i mniejszych w sposób dynamiczny wzrasta intensyfikacja ruchliwości przestrzennej mieszkańców (Przeniosło i Taczanowski, 2017, s. 32). Transport publiczny z konieczności łączy w sobie wiele obszarów badawczych. Zawierają się w nim procesy polityczne, demograficzne, ekonomiczne oraz powiązane z infrastrukturą transportową. Wywołane jest to koniecznością rozwoju dla nowych obszarów zasiedlanych przez napływających mieszkańców, co stanowi wyzwanie dla władz samorządowych, aby utrzymać jednolite warunki codziennego funkcjonowania w odniesieniu do już istniejących w innych rejonach miasta (Juszczak, 2016, s. 105). W polskich uwarunkowaniach prawnych w tym zakresie istnieją akty prawne o specyfice ogólnej oraz szczegółowej (Zioło i in., 2019, s. 249):

- Konstytucja RP z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz. U. 1997, nr 78 poz. 483 z późn. zm.),
- Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych (Dz. U. 2009, nr 157, poz. 1240 z późn. zm.),
- Ustawa z dnia 13 listopada 2003 r. o dochodach jednostek samorządu terytorialnego (Dz. U. 2017, nr 0, poz. 1453),
- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. nr 5, poz. 13, z późn. zm.).

Smart city to koncepcja miasta, które wykorzystuje nowoczesne technologie, takie jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczną inteligencję i analizę danych, aby poprawić jakość życia mieszkańców (Han, 2024, s. 19). Dzięki inteligentnym systemom zarządzania transportem, energią, wodą oraz innymi zasobami, smart city dąży do zwiększenia efektywności, zrównoważonego rozwoju i komfortu użytkowania przestrzeni miejskiej. Występowanie orientacji smart city w kierunku rozwoju miast, a przy tym praktycznym zagadnieniem zawierającym w sobie zasób praktyczny i teoretyczny, w obszarach nauk technicznych, humanistycznych oraz dyscyplinami ekonomiczno-organizacyjnymi. Powyższe ujęcie łączy zarazem tradycję z innowacyjnością oraz stanowi swoistą prolegomenę do myślenia o polityce miejskiej przez pryzmat osiągnięć nauki związanych z rozwojem obecnych badań nad sztuczną inteligencją (ang. *artificial intelligence*), mnogą komunikacją, kognitywistką i innych.

Miejska mobilność w obecnie dynamicznie przeobrażającym się świecie potrzebuje zmian, gdyż z obserwacji widać iż systemy transportowe dużych miast są projektowane wokół

infrastruktury drogowej oraz pojazdów, co powoduje wzmożony ruch na drogach oraz jest uciążliwe dla środowiska (Viechnicki, i in., 2015, s. 4). Wiele czynników i zdarzeń dziejących się na terenie miast zmusza nas do ciągłej jego poprawy, nadzorowania oraz minimalizowaniu ryzyka. W roku 2023 odnotowano, iż ponad 71,1% wypadków drogowych inicjowanych jest na terenie miast (Mubi.pl, 2023). Większość śmiertelnych lub poważnych zdarzeń drogowych z udziałem pieszych w UE ma miejsce na terenach miejskich. Oszacowano również, że 50 % przestrzeni zajmują drogi publiczne (GUS, 2024). Obecne podejście do urbanistyki często faworyzuje infrastrukturę dla samochodów kosztem przestrzeni przyjaznej mieszkańcom. Kluczowe jest przywrócenie miast ludziom, tak aby mogli w nich komfortowo żyć, pracować, spotykać się i spędzać wolny czas. Badania pokazują, że w ciągu życia spędzamy średnio rok na dojazdach do pracy, szkoły i innych codziennych obowiązków. Efektywniejszy transport publiczny oraz skrócenie czasu podróży nie tylko zmniejszyłyby poziom zanieczyszczeń w miastach, ale także znacząco poprawiłyby jakość życia mieszkańców. Transport w ujęciu ogólnym generuje ok. 23% gazów cieplarnianych. Pojazdy w największym stopniu przyczyniają się do zanieczyszczania powietrza w obszarach miejskich. Natomiast straty pieniężne, jakie ponosimy z powodu zatorów komunikacyjnych, sięgają kwoty ok. 130 mld euro/rok. Wymusza to zmianę wzorców podróżowania po mieście, poprawę wydajności systemów transportowych (Cudziło, 2022, s. 46).

Internet Rzeczy (IoT) jako sieć połączonych ze sobą urządzeń, które komunikują się i wymieniają dane przez Internet (Alsamhi, i in., 2024, s. 27). Dzięki temu mogą automatycznie reagować na zmiany w otoczeniu, monitorować stan różnych systemów oraz umożliwiać zdalne zarządzanie i kontrolę. Jest to rzeczywistość przyszłości komunikacji, która przekształca rzeczy (obiekty) świata rzeczywistego w inteligentne urządzenia. Ekosystem IoT niezależnie, jak zostanie zdefiniowany, składa się z podobnych komponentów (Wielki, 2016, s. 209). Architektura IoT jest aktywnym obszarem badawczym i odgrywa kluczową rolę w określaniu sukcesu systemu (Rahmani i in., 2018, s. 4). Głównym zadaniem IoT jest łączenie każdego obiektu na świecie w taki sposób, aby człowiek ma możliwość nadzorowania ich przez Internet. Ponadto, obiekty te stale przekazują podstawowe dane do aktualnego statusu dla użytkownika końcowego (Khan i in., 2018, s. 218). Chcą osiągnąć wspólne cele, należy wykorzystać dużą liczbę technologii (m.in. unikalnym schematom adresowania i standardowe protokoły komunikacyjne) i przewiduje różnorodne rzeczy lub obiekty wokół nas, co doprowadzi do współpracy z sąsiadami. (Atzori i in., 2012, s. 3594). Internet Rzeczy pojawił się dzięki niedawnej rewolucji technologicznej w rozwoju tanich, zminiaturyzowanych

i energooszczędnych bezprzewodowych urządzeń sensorycznych, wszechobecnego Internetu oraz postępów w dziedzinie przetwarzania w chmurze (Mieronkoski i in., 2017, s. 78). Jest to wysokopoziomowa architektura systemu w aspekcie technologii cyfrowych z zachowaniem optymalnej wydajności i bezpieczeństwa (Boyes, i in., 2018, s. 1). Istnieje wiele aplikacji IoT, które można pogrupować w różne dziedziny, takie jak zdrowie, ruch drogowy, logistyka, handel detaliczny, rolnictwo, inteligentne miasta, inteligentne pomiary, inteligentny transport miejski, zdalny monitoring, automatyzacja procesów itp. (Colakovic i Hadzialić, 2018, s. 17). Teraźniejszy rozwój technologii Internetu Rzeczy obejmuje swoim zasięgiem zastosowania w obszarach miejskich oraz w bezpośrednim życiu mieszkańca inteligentnego miasta – jego gospodarstwie domowym i codziennym życiu (Mącik, 2018, s. 51). IoT podlega rygorystycznym wymogom dotyczącym pracy w czasie rzeczywistym z minimalnymi opóźnieniami ze względu na interakcję pomiędzy urządzeniami IoT a środowiskiem fizycznym poprzez wykrywanie i uruchamianie (Burukba, i in., 2019, s. 539). Obecnie obserwuje się wzrost wykorzystania inteligentnych urządzeń i aplikacji komunikacyjnych w monitorowaniu transportu miejskiego (Hossain i Muhammad, 2016, s. 192). Wymagających podjęcia badań postrzegania technologii i urządzeń Internetu Rzeczy przez konsumentów oraz modelowego zweryfikowania czynników akceptacji IoT w zastosowaniach prywatnych przez konsumentów.

Koncentruje się wokół zagadnień z zakresu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście ze wsparciem Internetu Rzeczy. Dotyczy to nowoczesnych rozwiązań z obszaru technologii informacyjno-komunikacyjnych, systemów obliczeniowych, instrumentów masowego komunikowania, jak też aktywizacji kapitału społecznego, implementowanych w polityce rozwoju lokalnego. To również szereg działań w instytucjach i infrastrukturze użyteczności miejskiej, pobudzanie oraz animowanie partycypacji obywatelskiej, a także zagospodarowanie i funkcjonowanie sfery publicznej w dużych aglomeracjach, często stanowiących dla innych miast wzorce do naśladowania, swoistego rodzaju inkubatory nowoczesnej polityki miejskiej, bezpośrednio wpływające na poziom życia mieszkańców. Tak określone zadanie badawcze sprowadza się do próby odpowiedzi na pytanie: w jaki sposób przejawia się implementacja idei inteligentnego miasta w lokalnej polityce rozwoju obszaru transportu miejskiego? Tak sformułowany główny problem badawczy wiąże się integralnie z koniecznością dokonania analizy, w jakich rodzajach aktywności miast uwidacznia się idea smart city, co należy uszczegółowić, odnosząc się zarówno do głównych badań nad nowym trendem, jak i polityki rozwoju jednostek samorządu terytorialnego wspieranych przez przedstawicieli władz lokalnych oraz regionalnych.

Łącząc technologie Internetu Rzeczy z modułowym podejściem do zarządzania, model wspiera optymalizację procesów, współpracę interesariuszy oraz długoterminowe planowanie strategiczne. Wymiary modelu zarządzania transportem publicznym z technologią Internetu Rzeczy (MZTPIoT), oparto o wyniki analizy istniejących rozwiązań technologii IoT, a także krytycznej analizy literatury dedykowanej technologii oraz bezpośredniemu zarządzaniu procesem przewozowym. Model ten stanowi odpowiedź na rosnące potrzeby inteligentnych miast, umożliwiając tworzenie bardziej dostępnego, przyjaznego środowiska i wydajnego transportu publicznego. Model został zweryfikowany w panelu eksperckiej angażując niezależnych ekspertów dziedzinowych zarówno z kręgów naukowych, jak i praktyków biznesu, reprezentujących branżę technologii IoT, transportu publicznego i smart mobility. Poniższe badanie modelu implementacji rozwiązań IoT w inteligentnym mieście dla transportu publicznego, zakłada zrealizowanie poniższych celów:

- identyfikację i pomiar luki rozwiązań Internetu Rzeczy dla transportu publicznego,
- wsparcie władz lokalnych – samorządów w doskonaleniu rozwiązań dla inteligentnych miast w obszarze smart mobility.

Główny problem badawczy (GPB): W jaki sposób technologia Internetu Rzeczy wpływa na zarządzanie transportem publicznym w inteligentnym mieście?

Zdefiniowanie pytań badawczych:

1. **Pytanie badawcze (PB1)** Jakie są uwarunkowania wdrażania technologii Internetu Rzeczy w obszarze transportu publicznego w inteligentnym mieście?
2. **Pytanie badawcze (PB2)** W jaki sposób miasta inteligentne w oparciu o analizę i dane zawarte w dostępnych rankingach budują obszar transportu publicznego?
3. **Pytanie badawcze (PB3)** Jakie mogą wystąpić ograniczenia oraz zagrożenia uniemożliwiające wdrożenie technologii Internetu Rzeczy w transporcie publicznym w inteligentnym mieście?

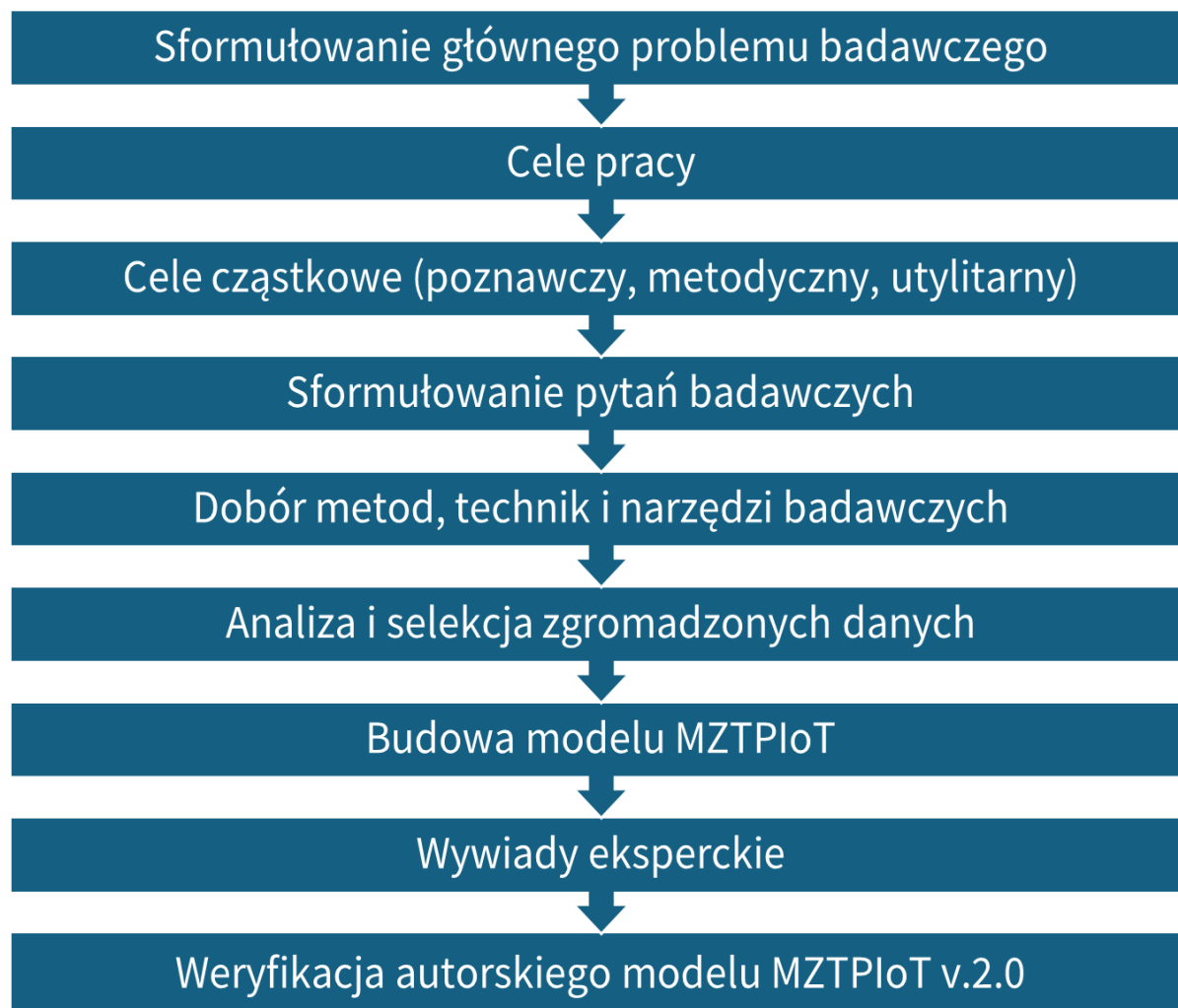
Celem głównym pracy (CG) jest opracowanie modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy.

Ponadto postawione zostały cele szczegółowe:

Cel poznawczy (CP): Opracowanie komponentów i struktury modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy.

Cel metodyczny (CM): Opracowanie ustrukturyzowanego podejścia wraz z modelem zarządzania umożliwiającym implementowanie rozwiązań dla transportu publicznego w inteligentnym mieście przy wsparciu technologii Internetu Rzeczy.

Cel utylitarny (CU): Opracowanie rekomendacji do zastosowania zaawansowanych rozwiązań zarządzania w celu poprawy funkcjonowania transportu publicznego z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy w inteligentnym mieście.

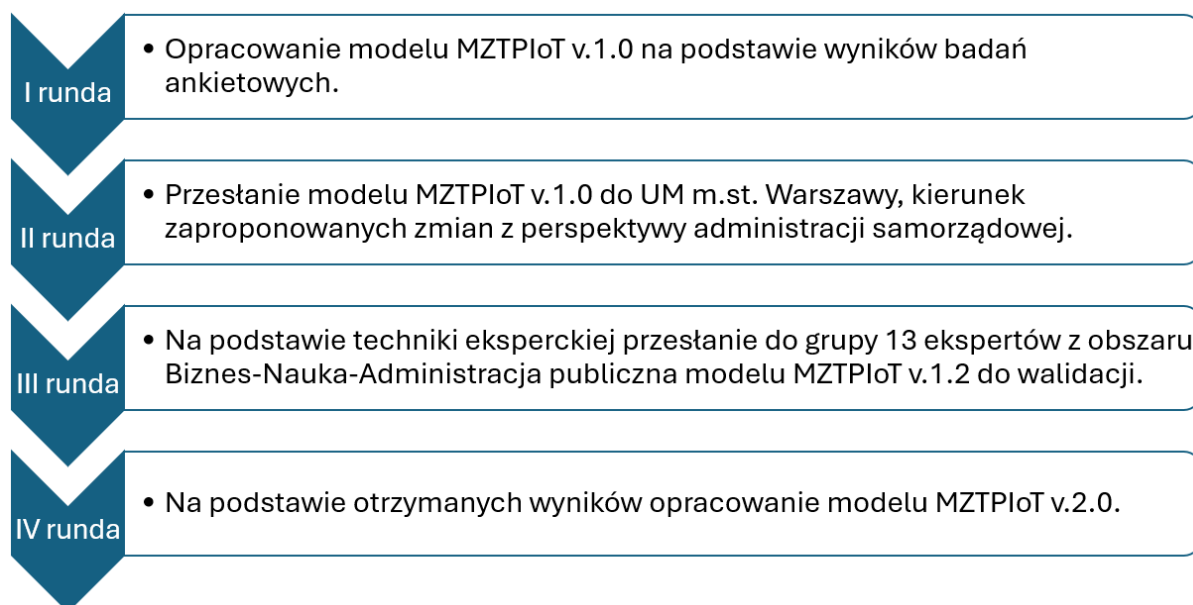


Rysunek 2 Model procesu badawczego
Źródło: opracowanie własne

Przebieg procesu badawczego zaprezentowano na rys. 2. Przeprowadzono badania, obejmujące eksplorację istniejącego stanu wiedzy w zakresie genezy rozwoju miast, charakterystyki inteligentnego miasta, definicji Internetu Rzeczy, zarządzania transportem publicznym. Kolejnym krokiem były badania empiryczne. Polegały one na przeprowadzeniu badań ankietowych, po czym opracowaniu modelu, a następnie realizacji badań zasadniczych – wywiadów eksperckich. Opracowano wnioski, dokonano analizy otrzymanych wyników badań z literaturą przedmiotu oraz wskazano kierunki dalszych prac. W literaturze wciąż brakuje spójnych ram zarządzania transportem publicznym, które uwzględniałyby wykorzystanie IoT do adaptacyjnego sterowania ruchem, zarządzania flotą i reagowania na nagłe zmiany w całym systemie komunikacyjnym.

Metody i narzędzia badawcze wykorzystane w rozprawie doktorskiej:

Wykorzystano poniższe metody badawcze, mające na celu osiągnięcie założonych celów. W pierwszej kolejności skupiono się na metodzie polegającej na krytycznej analizie literatury z obszarów: inteligentnego miasta, zarządzania transportem publicznym, transportu publicznego i Internetu Rzeczy. Kolejną metodą użytą w pracy była metoda obserwacji, czyli obserwacja rzeczywistych sytuacji w procesach transportowych w mieście oraz uczestników tj. pasażerów. Wykorzystano metody ilościowe oraz metody jakościowe jakie zawarto w pracy dotyczyły wywiadów ukierunkowanych ze ekspertami z trzech obszarów: biznes, nauka i administracja publiczna, tzw. potrójna helisa. Do przeprowadzenia badań zastosowano różnorodne techniki i narzędzia. Wykorzystano ankiety, analizy raportów, sprawozdań oraz innych materiałów zawierających istotne dane i informacje dotyczące badanego zagadnienia. Przeprowadzono również analizę regulacji krajowych, unijnych i globalnych związanych z tematyką pracy. Dodatkowo, w procesie badawczym uwzględniono wywiady eksperckie pośrednie, analizę porównawczą oraz syntezę. Zastosowano także narzędzia statystyki opisowej, analizę regresji liniowej oraz metody interpretacji i formułowania wniosków na podstawie dostępnych danych. Połączenie powyższych metod oznaczało triangulację metod, co poszerzyło spectrum powyższego zagadnienia. Dało to również możliwość odpowiedzi na postawione pytania badawcze. Materiał zgromadzony z różnorodnych źródeł oraz zostało opracowany różnymi technikami badawczymi, pozwolił na uzasadnienie i ugruntowanie istotności przeprowadzonych badań, otrzymanie całego obrazu sytuacji oraz minimalizacja tendencyjnego wnioskowania na badane zagadnienie (Wielki, 2021, s. 17).



Rysunek 3. Rozwinięcie wywiadów eksperckich w przebiegu procesu badawczego (rundy I-IV)

Źródło: opracowanie własne

W trakcie realizacji pracy badawczej dokonano analizy literatury z zakresu smart city, Internetu Rzeczy (IoT), smart mobility, transportu publicznego. Analiza literatury została wzbogacona o implementację narzędzi statystycznych oraz modeli prognostycznych, co umożliwiło identyfikację kluczowych trendów i zależności istotnych z perspektywy przygotowywanej dysertacji. Umożliwiło to na zidentyfikowanie luki badawczej oraz sformułowanie celu głównego pracy i celów szczegółowych.

Wykorzystano w tym celu zarówno metody jakościowe i ilościowe. Niezwykle cennych informacji dostarczyły badania eksperckie. Z jednej strony prowadzonym wywiadam towarzyszyło zdobycie obszernej wiedzy praktycznej, z drugiej zaś strony teoretyczna wiedza ekspertów naukowych wzbogaciła ich wartość merytoryczną. Wszystkie wywiady były ukierunkowane na obszar transportu miejskiego w inteligentnym mieście, w kontekście modelu zarządzania transportem publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy.

Struktura pracy została podporządkowana celom badawczymi poszukiwaniu odpowiedzi na postawione pytania. We wprowadzeniu do poruszanych zagadnień w rozprawie, zaprezentowano genezę tematu, zidentyfikowano cel, cele szczegółowe oraz zakres pracy.

W rozdziale pierwszym przedstawiono definicje miasta inteligentnego, w kontekście jego rozwoju. Omówiono taksonomię inteligentnego miasta, które opisano w modelach: korporacyjnym, sponsorskim, pozytywnej adaptacji i wspólnotowym. Rozdział ten zawiera przegląd definicji pojęć: miasto oraz smart city na podstawie dostępnej literatury przedmiotu

krajowej i zagranicznej. Zawiera również w sobie informację o poziomie urbanizacji Rzeczypospolitej Polskiej, a także przybliża aspekt dojrzałości dla inteligentnego miasta.

W drugim rozdziale podano definicje Internetu Rzeczy (IoT) korzystając z literatury krajowej i zagranicznej oraz uzupełniając o źródła internetowe. Dużą uwagę poświęcono nowoczesnym technologiom IoT oraz obszarów, w których jest wykorzystywany.

W trzecim rozdziale opisano podejście metodyczne do zarządzania transportem publicznym i skoncentrowano się na definicjach pojęcia smart mobility, ujętych w dostępnych opracowaniach. Omówiono zagadnienie dotyczące rozwoju funkcjonalnego powyższego zagadnienia. Pokazano możliwości zastosowania Internetu Rzeczy w obszarze smart mobility.

W czwartym rozdziale pracy zaprezentowano wyniki badań własnych. Badanie przeprowadzono w dwóch etapach: badania ankietowe oraz panel ekspercki na kanwie techniki oceny eksperckiej. Omówiono wyniki badań i pokazano korelacje pomiędzy poszczególnymi zmiennymi. Opisane relacje zmiennych były wypadkową do przygotowania autorskiego modelu. W drugim etapie badań – metodą ekspercką – wykorzystano wiedzę oraz udzielonych odpowiedzi specjalistów dla autorskiego modelu oraz jego ewaluacji.

Piąty rozdział rozprawy zawiera opis autorskiego modelu model zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem Internetu Rzeczy (MZTPIoT). W ramach przeprowadzonej analizy, na podstawie badań empirycznych opracowano model zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście, wykorzystując technologie Internetu Rzeczy (IoT). Model ten składa się z następujących czterech modułów: moduł Infrastruktura i Technologia zawierający 6 komponentów, moduł Interesariusze składający się z 7 komponentów, moduł Procesowy posiadający w sobie 11 komponentów oraz moduł Strategiczny oparty na 6 komponentach. W kolejnym etapie został on poddany weryfikacji eksperckiej, co doprowadziło do jego przemodelowania i uzyskania ostatecznej wersji. Synteza polegała na zastosowaniu procesu myślowego, który umożliwił połączenie w całość elementów wyodrębnionych i zbadanych w toku analizy.

W podsumowaniu pracy zamieszczono sformułowane wnioski oraz określono kierunki dalszych prac nad rekomendacją wdrożenia modelu.

1. Współczesny stan wiedzy w zakresie problematyki zarządzania inteligentnym miastem

1.1. Wprowadzenie

W różnorodnych okresach historycznych, ustrojach gospodarczych, a także regionach geograficznych miasta odróżniały się funkcjami, formatem i kształtem. Miasto nie zawsze zamyka się w obrębie administracyjnym, a wielkość populacji często nie odzwierciedla jego formatu, w związku z tym stosuje się wspomagające pojęcia aglomeracji miejsko-przemysłowej, zespołu miejskiego lub regionu miejskiego. Funkcje, które przeważają w danym mieście (handlowe, rzemieślnicze, górnicze, portowe i inne), mogą kreować indywidualny charakter miasta.

Powstanie pierwszych miast datuje się na drugą połowę VI tysiąclecia p.n.e. i były one na ogół niezależnymi jednostkami politycznymi tudzież centrami kultu religijnego m.in. w Starożytnym Egipcie, Mezopotamii, Indiach czy Chinach. Pierwowzorem miasta-państwa była grecka polis powstała ok. II tysiąclecia p.n.e. na Krecie, gdzie do dużego rozkwitu doszło Knossos, a na lądzie Tyryns i Mykeny. W czasie pierwszej kolonizacji greckiej miasta powstawały na wysepkach Morza Egejskiego i wybrzeżach Azji Mniejszej, druga kolonizacja grecką (VIII–VII w. p.n.e.) objęła tereny od Hiszpanii aż po wschodnie wybrzeża Morza Czarnego, Azję Mniejszą, Egipt i Cyrenajkę.

Polaryzowała się konstrukcja zawodowa miast greckich (centra handlu i rzemiosła, np. Ateny) i doskonaliła się ich budowa. W VI–V w. p.n.e. wykształciły się principia projektowania miast z prostokątną siatką ulic, agorą i zbiorem budowli publicznych. Po podbojach Aleksandra III Wielkiego zbudowane słynne miasta Aleksandrię i Pergamon. Na Półwyspie Apenińskim miasta zaczęły powstawać od VIII w. p.n.e. w obwodach południowych Włoch i w Etrurii. Wraz z polityczną ekspansją Rzymu wznoszono miasta w Italii i zdobytych kantonach. Od IV w. p.n.e. swoistą rolę w rozwoju przestrzennym miast odegrało zastosowanie planu obozu rzymskiego, który cechował prostokątny zarys murów i skrzyżowanie dróg pod kątem prostym. W państwie rzymskim wykreowała się szczególna opcja samorządu miejskiego. Różnicowały się też funkcje miast (ośrodki handlowe, administracyjne); a w wyniku upadku państwa rzymskiego na jego obszarze postępował proces dezurbanizacji.

Średniowieczne osiedla typu miejskiego (rzemieślniczo-handlowe) rozwijały się przede wszystkim przy grodach. Ważne znaczenie dla średniowiecznej urbanistyki miał rozwój miast europejskich w IX–XI w. i załączki praw miejskich oraz ukształtowała się nowa warstwa

społeczna - mieszczaństwo. Pojawiły się pierwsze formy ustroju miejskiego, tzw. komuna miejska. Niektóre miasta uzyskały charakter niezależnych republik. Związki miast, przykładowo niemiecka Hanza, odgrywały dużą rolę polityczną. Miasta średniowieczne, zakładane w ramach planowej akcji kolonizacyjnej, miały najczęściej regularny schemat ulic skupionych wokół rynku, były otoczone wałami lub murami z bramami i basztami, za którymi powstawały z czasem przedmieścia. Wiek IX i X to okres prosperity miast świata muzułmańskiego (np.: miasto Bagdad), zaś na Dalekim Wschodzie powstały takie miasta jak Angkor, Pekin.

W okresie renesansu pojawiło się wiele nowatorskich pomysłów dotyczących funkcji i kształtu miasta oraz w zakresie obronności, m.in. fortyfikacji, typów budowli, przykładem takim jest miasto Palmanova we Włoszech oraz miasto Zamość w południowo-wschodniej Polsce. Wielkie odkrycia geograficzne w XV i XVI w. to kolejny etap rozwoju miast w Ameryce i w Europie, narodził się nowy układ centrów miejskich na szlakach handlowych i dokonywały się dynamiczne przeobrażenia miast.

Rozbudowa miast rozpoczęła się od drugiej połowy XVIII w. w związku z rewolucją przemysłową, odkryciami naukowymi i wynalazkami technicznymi, które sprzyjały postępom urbanizacyjnym (ruchy migracyjne ze wsi do miast). Aktywność tych procesów sprzyjała zróżnicowaniu się statusów społecznych ludności, co powodowało rozwarstwienie na ubogie dzielnice robotnicze kontra wytworne śródmieścia.

1.2. Istota i koncepcja inteligentnego miasta z punktu widzenia zarządzania

Rozwój nauk społecznych spowodował od połowy XIX w. działania na rzecz urbanizacji oraz otoczenia miejskiego. Pojawiały się nowe koncepcje urbanistyczne, m.in.: miasto liniowe, miasto ogród lub miasto przemysłowe. Po I wojnie światowej rozpoczęto starania w celu liberalizacji kwestii mieszkaniowej w miastach przez tworzenie, odpowiadających normom higieny czy zasobów mieszkaniowych dla nisko zarabiających mieszkańców. Od roku 1928 wypracowano strukturę miasta funkcjonalnego, którego principia zostały wyłożone w Karcie Ateńskiej. Po II wojnie światowej odbudowano wiele całkowicie zniszczonych miast, nadając im cechy nowoczesności, rozpoczęto też przebudowę i rozbudowę miast historycznych - przykładem są: Warszawa, Sztokholm, Moskwa, Paryż. Prace skoncentrowano na unowocześnianiu układów komunikacyjnych (metro, autostrady miejskie), budowie nowych dzielnic mieszkaniowych, popularyzowanie wydzielonych centrów handlowo-usługowych, tworzeniu nowoczesnych obszarów przemysłowych i definiowaniu rejonów wypoczynku,

sportu oraz zabaw. Zakładano nowe miasta przede wszystkim w celu odciążenia miast o zbyt dużej dynamice wzrostu. W słabiej zamieszkanym świecie zaczęły powstawać nowe ośrodki przemysłowe (m.in. Syberia, rejon Zatoki Perskiej). Ciągłe wzrastała liczba miast dużych z ponad milionem mieszkańców, a zespoły miast tworzą wielomilionowe aglomeracje i konurbacje (np.: Megalopolis w USA ciągnący się od Bostonu do Waszyngtonu, zespół ok. 30 miast wokół Zatoki Osaka w Japonii, miasta Zagłębia Ruhry w Niemczech). Doskonalenie systemów planistycznych przez łączenie licznych dyscyplin naukowych miało na celu regulowanie przebiegów rozwojowych miast i łagodzenie konfliktów powstających w trakcie ich przebiegu. Ramy tych uregulowań stały się niewystarczające, a co ważniejsze, wymagały olbrzymich nakładów finansowych i ciągłego doskonalenia metod zarządzania (Słodczyk, 2012, s. 11-20; Kozak, 2017, s.33-35).

Rozwój miast, jako złożony proces, stanowi istotne pole badań w naukach o zarządzaniu. Proces przemian miast oparty jest na elementach ujętych graficznie – rys. 4. W kontekście urbanistyki i zarządzania przestrzennego, miasta są dynamicznymi systemami, które wymagają skutecznego zarządzania zasobami, infrastrukturą oraz kapitałem ludzkim. Koncepcja zarządzania miastem jest to postępową ideą planowania i projektowania wpływającą na rozwiązywanie problemów miejskich (Pink i in., 2024, s. 2). Zarządzanie miastem polega na wykorzystywaniu wszystkich dostępnych technologii i zasobów w inteligentny i skoordynowany sposób w celu rozwoju ośrodka miejskiego, który jest możliwy do zamieszkania i funkcjonowania (Szołtysek, i in., 2022, s.12). Zarządzanie miastem jest też ujęte jako rozwiązanie powiązanych ze sobą funkcji miejskich wpływających na poprawę życia mieszkańców i stanowi dla władz miejskich (Tiwari, 2024, s. 445; Manik i in., 2024, s. 3) Kluczowe znaczenie ma tu zarządzanie, które umożliwia długoterminowe planowanie rozwoju miasta z uwzględnieniem jego specyficznych potrzeb i możliwości. Jednym z najważniejszych aspektów zarządzania miastem jest zrównoważony rozwój, który łączy cele gospodarcze, społeczne i środowiskowe. Wdrażanie polityk zrównoważonego rozwoju wymaga współpracy międzysektorowej, angażującej zarówno administrację publiczną, przedsiębiorstwa, jak i organizacje pozarządowe oraz społeczność lokalną. Ważnym narzędziem w tym procesie jest zarządzanie partycypacyjne, które pozwala na aktywne włączanie mieszkańców w proces decyzyjny, zwiększając tym samym akceptację i skuteczność podejmowanych działań. Technologie informacyjne i komunikacyjne (ICT) odgrywają coraz większą rolę w zarządzaniu miastami, prowadząc do powstania tzw. inteligentnych miast (smart cities). Dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii możliwe jest efektywniejsze zarządzanie zasobami

miejskimi, monitorowanie stanu infrastruktury, optymalizacja transportu oraz poprawa jakości życia mieszkańców. Integracja danych z różnych źródeł oraz ich analiza z pomocą zaawansowanych algorytmów pozwala na lepsze zrozumienie i prognozowanie procesów zachodzących w mieście. Współczesne zarządzanie miastem to także dążenie do zwiększenia atrakcyjności inwestycyjnej i konkurencyjności gospodarczej. W tym kontekście ważne jest tworzenie sprzyjających warunków dla rozwoju przedsiębiorczości, innowacji oraz inwestycji w infrastrukturę technologiczną. Miasta, które potrafią efektywnie zarządzać swoimi zasobami i przyciągać inwestorów, mają szansę na dynamiczny rozwój gospodarczy i poprawę jakości życia swoich mieszkańców (Ślodziak, 2012, s. 35-42; Kozak, 2017, s.38-39; Kalyuzhnaya i in., 2025, s. 5).

Pojęcie inteligentne miasto (*smart city*) w literaturze przedmiotu po raz pierwszy znalazło się w 1992 roku w publikacji, pt. *The Technopolis Phenomenon – Smart Cities, Fast Systems, Global Networks*, D.V. Gibson, G. Kozmetsky, R.W. Smilor (Gibson, i in., 1992). Należy jednak zaznaczyć, że określenie to nie zostało przez nich zdefiniowane. M. Deakin i H. Al Waer określili poniższe czynniki wyróżniające inteligentne miasto od typowego miasta:

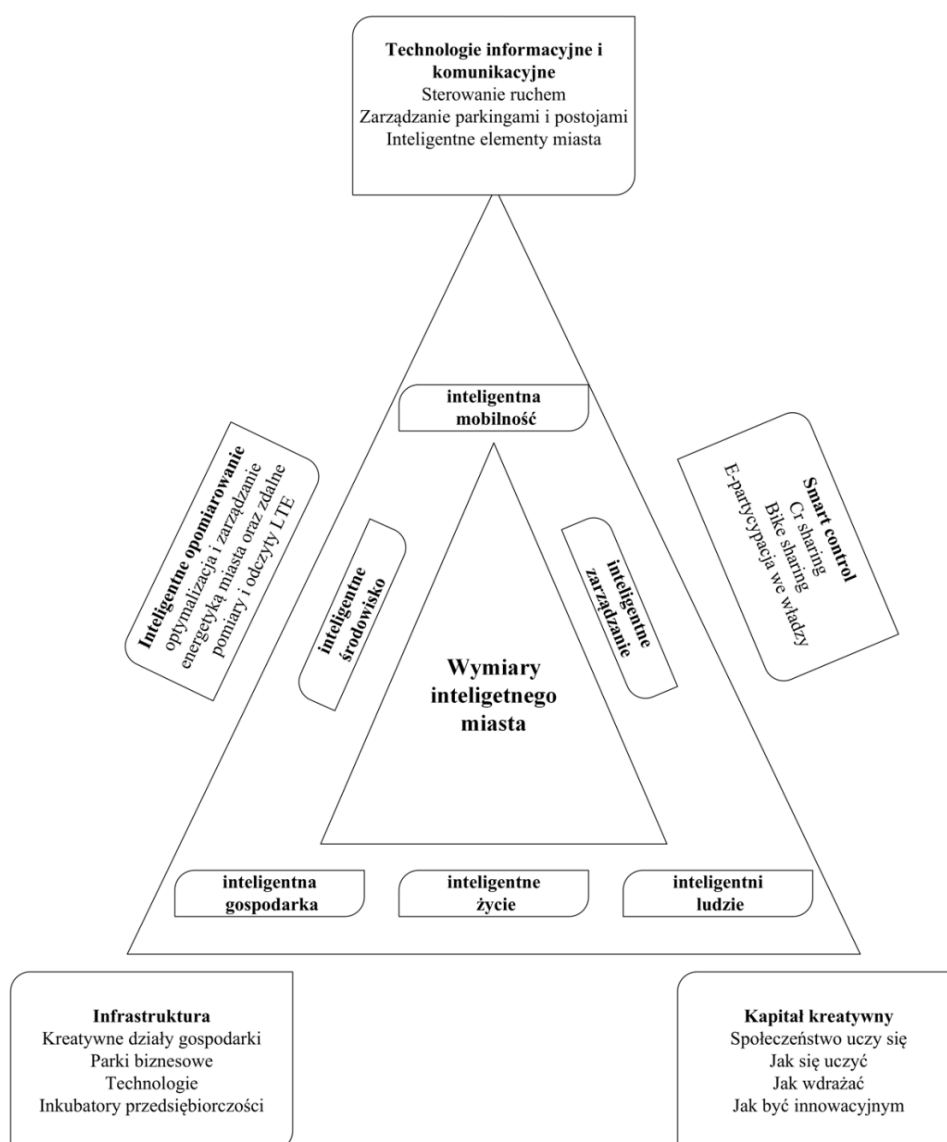
- przeznaczenie ICT w celu podniesienia norm życia i środowiska w mieście,
 - cyfryzacja miasta i jego mieszkańców,
 - implementacja technologii informacyjno-komunikacyjnych do systemu zarządzania,
 - obszarowanie działań sprzyjających innowacjom i pogłębiającym wiedzę ludzi
- (Deakin, Al Waer, 2011, s. 147).

Wnioskując koncepcja inteligentnego miasta mająca na celu nowatorskie kreatywne zarządzanie ośrodkami miejskimi, wykorzystujące najnowsze możliwości techniczne oferowane przez zaawansowane technologie (w tym IT), zgodnie z normami przyjaznymi środowisku, z zachowaniem trendów do oszczędzania zasobów i osiągania przewidywanych rezultatów (Stawasz i Sikora-Fernandez., 2016, s. 11)

Od ponad dwóch dekad istnieje koncepcja *smart city*, polegająca na wykorzystywaniu postępu technologicznego w obszarze miasta i jego mieszkańców. Mające na celu osiągnięcia najlepszego wskaźnika jakości życia. Przyzwyczajeni do tej idei, mamy już za sobą pierwszy okres fascynacji nowoczesnymi technologiami oraz dynamiczną ewolucją (Szołtysek, i in., 2022, s. 11). Etykieta *smart city* jest pojęciem niejednoznacznym, dzielącym się na dwa nurty jego interpretacji. Nurt koncepcyjny mówi o możliwości wykorzystania technologii, które stanowią kluczowy aspekt, czyli wykorzystanie wszystkich dostępnych technologii i zasobów

w inteligentny i skoordynowany sposób w celu rozwoju ośrodków miejskich, które są jednocześnie zintegrowane, możliwe do zamieszkania i zrównoważone. W drugiej płaszczyźnie sprowadza się to właściwego zarządzania jego inteligentną gospodarką, inteligentną mobilnością, inteligentnymi strategiami w odniesieniu do ochrony środowiska oraz zarządzania zasobami ludzkimi. Istotnym podmiotem są jednak niezależni i samodzielni obywatele, świadomie działający w kierunku podnoszenia jakości życia. Idea smart city wyznaczona jest w obszarze: infrastruktury, technologii informacyjno-komunikacyjnych oraz kreatywnym kapitałem, tworząc trójkąt przestrzeni koncepcyjnych – rozwiązań – wymiarów, rys. 4.

Wymiary inteligentnego miasta



Rysunek 4. Przestrzeń koncepcyjna, przykłady stosowanych rozwiązań i wymiary smart city
Źródło: opracowanie na podstawie (Szołtysek i in., 2022, s.13)

Obecnie występuje wiele definicji dotyczących miasta. Klasyfikacji ośrodków miejskich i pojęć z tym związanych dokonuje się ze względu na liczbę ludności, rodzaj pełnionych funkcji, zabudowę, czy też, niezależnie od tych czynników, od posiadanych praw miejskich (Barachyn, 1979, s. 224; Morklyanyk, 2016, s. 16). Definicje miast ulegały ewolucji (Encyklopedia PWN, 2024; Dz. U. z 2019 r. poz. 1443). Początkowo za miasto uznawano grody obronne wraz z ich podgrodziami czy też osiedla o charakterze handlowym. Wraz z rozwojem cywilizacji zmieniały się jednak funkcje osiedli, ich liczba ludności i charakter zabudowy, a wraz z nimi i definicje miast.

W tabeli 1 zaprezentowane zostały wybrane definicje miasta z opracowań dotyczących omawianej tematyki.

Tabela 1. Definicja miasta

Definicja	Autor/-rzy
Miasto jest to jednostka podziału terytorialnego posiadająca status administracyjny.	Matyja, 2017
Miasto jest to rezultat ekonomicznego dokonania się społecznego podziału prac. Wydzielenie i specjalizowanie się w działalności nierolniczej, które pozwoliły na rozszerzenie się możliwości wytwórczych określonej grupy społecznej o produkcję dóbr mogących zaspokoić rosnące potrzeby na obszarze lokalnym.	Czornik, 2013
Miasto jest jednostką osadniczą posiadającą prawa miejskie, o funkcjach nierolniczych, charakteryzującą się zwartą zabudową.	Ustawa o samorządzie gminnym, 1990
Miasto jest systemem otwartym o odpowiedniej strukturze demograficznej, zróżnicowanej strukturze funkcji, z przewagą funkcji pozarolniczych, odpowiednim zagospodarowaniu i strukturze przestrzennej, posiadające prawa miejskie nadane przez odpowiednie władze oraz wyróżniające się specyficznym trybem życia jego mieszkańców. Tak zdefiniowana jednostka wykorzystuje kryteria: demograficzne, ekonomiczne, geograficzne, administracyjne i socjologiczne.	Stawasz i Sikora-Fernandez., 2016, s.11
Miasto jest czymś więcej niż aglomeracją jednostek wyposażonych w dobra komunalne, takie jak: ulice, nieruchomości, oświetlenie elektryczne, tramwaje, telefony itd. Miasto jest także czymś więcej niżli prostą konstelacją instytucji i aparatów administracyjnych: trybunałów, szpitali, szkół, posterunków policji oraz urzędów wszelkiego rodzaju. Miasto jest stanem ducha, zespołem zwyczajów i tradycji, postaw i sentymentów, nieodłącznie powiązanych z tymi zwyczajami i transmitowanych przez tradycję. Inaczej mówiąc, miasto jest produktem natury, zwłaszcza zaś natury ludzkiej.	Park, 2002
Miasto jest układem stref koncentrycznych zaaranżowanych jedna w drugiej i posiadających wspólną i najważniejszą w mieście dzielnicę biznesu (loop). Strefa I to w istocie główny ośrodek administracyjno-handlowy miasta. Strefę II określa się mianem strefy przejściowej, albowiem w rezultacie przestrzennej ekspansji dzielnicy centralnej następuje wypieranie dotychczasowych jej użytkowników, zwłaszcza ludności robotniczej. Udaje się ona do strefy III po to, by zachować najmniejszy dystans przestrzenny między mieszkaniem a miejscem pracy. Strefa IV obejmuje luksusowe rezydencje elit miejskich. Natomiast w strefie V osiedlają się osoby napływowe.	Burgessa, 2018
Miasto jako historycznie ukształtowany typ osiedla, wyznaczony istnieniem konkretnej społeczności cząstkowej, skoncentrowanej na pewnym obszarze o odrębnej organizacji, uznanej i określonej prawnie oraz wytwarzającej w ramach swojej działalności zespół trwałych urządzeń materialnych o specyficznej fizjonomii, którą można uznać za odrębny typ krajobrazu.	Chmielewski, 2001
Miasto jest otwartą strukturą osadniczą, w której ustawicznie dokonują się zmiany, polegające na konfigurowaniu indywidualnych i zinstytucjonalizowanych strategii rozwoju różnych form życia społecznego, odpowiadających im procesów i form przestrzennych oraz środowisk, z którymi te zmiany można logicznie powiązać.	Zuziak, 2008
Miasto to obszar o ustrukturyzowanym planie zagospodarowania przestrzennego spełniający funkcjonalność dla mieszkańców oraz podkreślający swój rys historyczny.	Wiśniewska, 2021
Miasto to koncepcja zrównoważonego rozwoju terenu miejskiego i koncepcja skupienia się na potrzebach mieszkańców środowiska oraz aspektach ekonomicznych.	Wałachowski, 2022
Miasto to ustrukturyzowany teren z wyszczególnionym podziałem administracyjnym wraz z elementami potrzebnymi do funkcjonowania obywateli z możliwością prezentacji w formie mapy.	Pessel, 2021
Miasto to przestrzeń publiczna wraz aktualnymi kwestiami funkcjonowania mieszkańców.	Kosmacz, 2022
Miasto to ekosystem człowieka, celowo tak kształtowany, aby ludzie znaleźli schronienie, warunki do bytowania, edukacji, pracy, akceptacji czy samorealizacji.	Szołtysek, 2022
Miasto intensywnie wykorzystujące technologię, które we współpracy ze swoimi obywatelami dostarcza „inteligentne” rozwiązania w zakresie energii i mobilności.	Ringel, 2021

Źródło: opracowanie na podstawie literatury przedmiotu

Ciągłość procesów urbanizacyjnych powoduje nieustanny wzrost ludności miejskiej na świecie do poziomu obecnych ponad 3,5 miliardów (BusinessInsider, 2017). Miasta powinny zapewniać „zwinne” świadczenie usług publicznych, aby wyeliminować brak komfortu wynikający z nadmiernego ich wzrostu. W aktualnej debacie na temat obszarów zurbanizowanych coraz częściej zwraca się uwagę na miasta inteligentne i ich wagę w rozwoju społeczno-gospodarczym świata i poszczególnych krajów (RynekInstalacyjny, 2021). Wzrost liczby mieszkańców obserwuje się głównie w krajach rozwijających się, w których proces urbanizacji znajduje się w fazie początkowej lub w których w wyniku napływu ludności wiejskiej zaludniane są peryferia miast. Uwidacznia się tutaj problem jakości życia, która to jakość ulega znacznemu pogorszeniu, na skutek często niekontrolowanego, nieprzemyślanego wzrostu liczby mieszkańców.

Aktualny rozwój miast w zdecydowanym stopniu jest połączony z elementami będącymi w składzie koncepcji zintegrowanego zarządzania (Kaniowski i Nowakowska-Grunt, 2024, s. 40, BusinessInsider, 2022; RynekInstalacyjny, 2021), mając na uwadze iż celem miasta jest zapewnienie wysokiego poziomu życia mieszkańców. Jest to jedno z trudniejszych wyzwań obecnych czasów. Naprzeciw wychodzi koncepcja urbanistyczna smart city, zakładającej rozwój obszarów miejskich przy wsparciu technologii informatycznych i komunikacyjnych (Mubi, 2024). Opisana koncepcja oprócz tego, iż „uczy się”: monitorowania, zbierania danych oraz ich analizy, co ma ostatecznie poprawić komfort życia mieszkańców przy wsparciu nowoczesnych technologii (Detyna i Mroczek-Czerwińska, 2017, s. 112; Kashef, i in., 2021, s. 8).

Miasta oraz idea funkcjonowania na niewielkim obszarze to jedno z największych osiągnięć człowieka (Ryba, 2017, s. 83).-Przeistoczenia cywilizacyjne racjonalizują cele i zadania, jakie stawiane są przed ratuszem, a także oczekiwania wobec niego. Przekształcenie się społeczeństwa przemysłowego w społeczeństwo informacyjne włączyło szereg nurtów o naturze: ekonomicznej, prawnej, kulturowej, technologicznej i ekologicznej. Pojęcie społeczeństwa informacyjne w warunkach globalizacji ma swoją wymowę w tym, że administracja publiczna, organizując życie społeczne i gospodarcze, zmuszona jest uwzględniać rolę wiedzy i współpracy w formowaniu działania uzgodnionej przestrzeni. Filarami rozwoju idei inteligentnego miasta są dwie płaszczyzny: inteligentne rozwiązania – wiedza oraz umiejętność tworzenia i utrzymywania relacji - potencjał relacyjny (Chrisidu-Budnik, 2021, s. 152). Z tak przyjętej perspektywy istotne znaczenie zyskuje aktywność administracji publicznej polegająca na wykorzystaniu nowszych technologii i umiejętności

tworzenia inteligentnych rozwiązań na potrzeby unowocześnienia miast i podnoszenia wielowymiarowej jakości bytu w mieście.

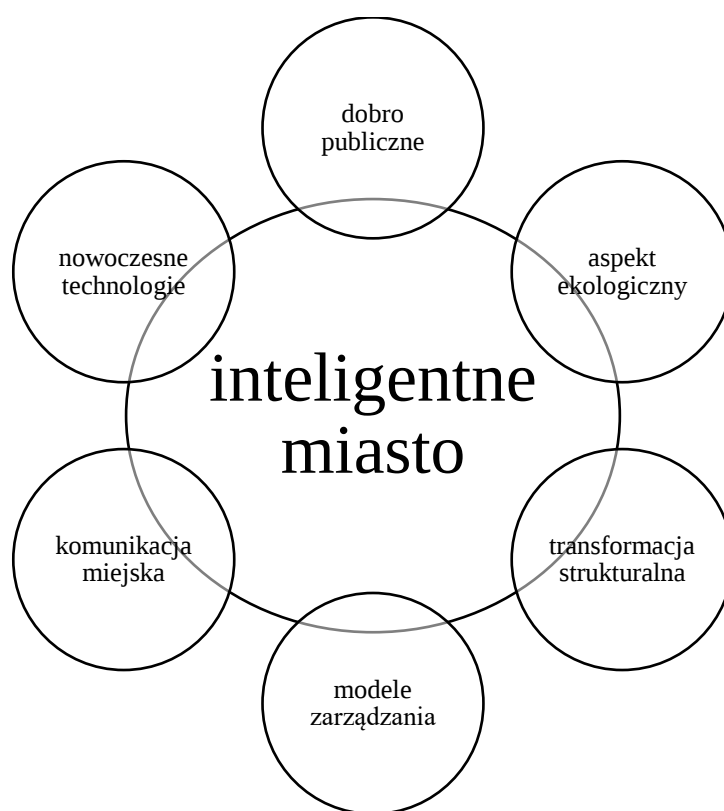
Istnieje wiele definicji inteligentnego miasta smart city, proponowanych przez wielu autorów zagranicznych i polskich. Określenia smart city i inteligentne miasto są często używane zamiennie, odnosząc się do nowoczesnych miast wykorzystujących technologie, takie jak IoT, do poprawy jakości życia mieszkańców. Oba terminy podkreślają innowacyjne podejście do zarządzania infrastrukturą i zasobami miejskimi (Korenik, 2018). Wynika to z faktu, iż koncepcja ta nieustannie się rozwija. Przykładowe definicje zaprezentowano w tabeli 2.

Tabela 2. Definicja inteligentnego miasta

Definicja	Autor/-rzy
Miasto inteligentne to takie, w którym inwestycje w kapitał ludzki i obywatelski oraz zwyczajową (transportową) i nowoczesną (opartą na ICT) infrastrukturę komunikacyjną wymagają zrównoważonego wzrostu gospodarczego i gwarantują wysoką jakość życia; jest to miasto z świadomym zarządzaniem potencjałami naturalnymi poprzez zarządzanie współdzielone.	Caragliu, 2011
Miasto mające wykształconych obywateli, wykorzystujące innowacyjne kanały komunikacji w otoczeniu na styku administracja lokalna a obywatele.	Lombardi i in., 2012
<i>Smart Sustainable City</i> to miasto, które stara się rozwiązywać kwestie publiczne za pomocą sposobów opartych na technikach informacyjno-komunikacyjnych na zasadzie partnerstwa wielu gmin. Egzystencja inteligentnego miasta jest możliwa dzięki posługiwaniu się technologiami w celu budowania przewagi konkurencyjnej i dbania o zrównoważoną przyszłość poprzez symbiotyczne zespolenie sieci – ludzi, firm, technologii, infrastruktury, konsumpcji, energii i przestrzeni.	European Parliament, 2014
Miasto, które konsoliduje uwarunkowania funkcjonowania infrastruktury krytycznej (m.in. mostów, dróg, lotnisk, sieci energetycznych) tak, aby usprawnić swój potencjał, przy równoczesnym powiększaniu zakresu usług dla mieszkańców.	Stawasz i Sikora-Fernandez, 2016
Inteligentne miasto jako nowy sposób urbanizacji stanowi praktyczną inicjatywę dla osiągnięcia wyższego rozwoju gospodarczego.	Jiang, i in., 2021
Miasto jest przedstawione jako inteligentny system usług dla mieszkańców.	Kashet, i in., 2021
Inteligentne miasto w świetle według władz samorządowych to osiągnięcie zorientowanego na ludzi rozwoju miasta, ukierunkowanego na zrozumienie preferencji i wyobrażeń obywateli na jego kształt.	Ji, i in., 2021
Koncepcja miasta obejmująca miasto z pomocą technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT), która oferuje zasób wiedzy poprzez wzmocnienie połączeń biznesu, administracji samorządowej i społeczeństwa.	Sengan, i in., 2020
Miasto wykorzystujące monitorowanie, odczyty z czujników oraz nowoczesne przetwarzanie danych w celu podjęcia wielu bezprecedensowych działań w ramach przyjętej koncepcji.	Sim, i Lee, 2021

Źródło: opracowanie na podstawie literatury przedmiotu

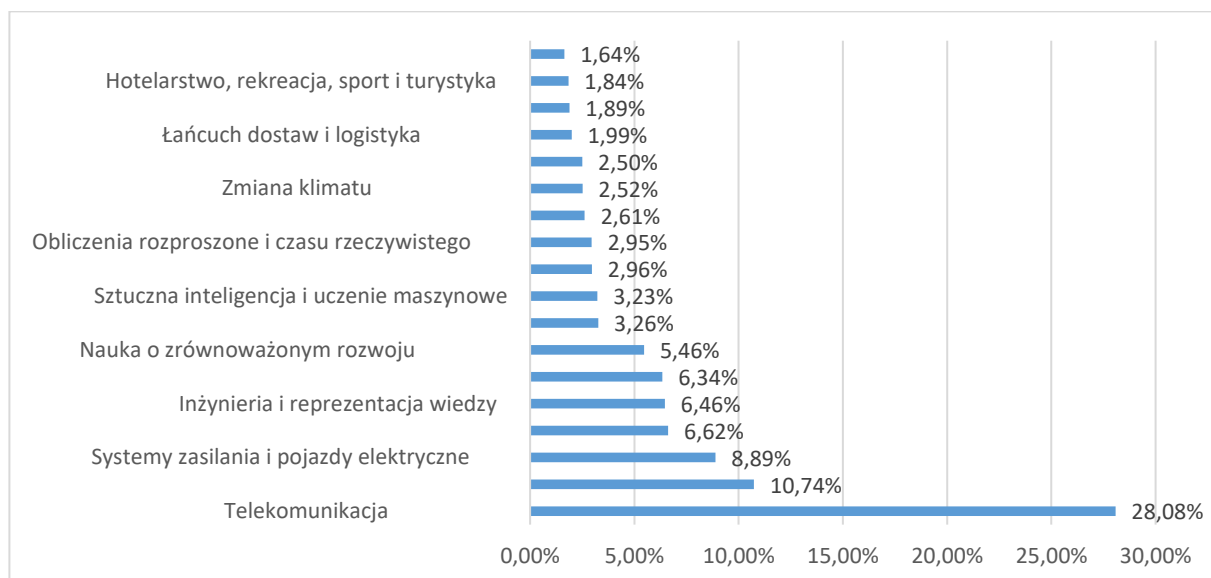
Inteligentne miasta odgrywają istotną rolę w oferowaniu mieszkańcom zrównoważonego życia (Wang i in., 2021, s. 1). Miasto inteligentne potrafi udzielić „konkretnej odpowiedzi na zmieniające się warunki i oczekiwania w otoczeniu. Definicje kładą nacisk na różne aspekty smart city (Sobolewska, 2018, s. 210). Takie miasta inwestują w kapitał ludzki, nadzorują funkcjonowanie infrastruktury krytycznej, stwarzają warunki współpracy sektora publicznego i prywatnego, umieją rozwiązywać problemy biedy, wykluczenia, podnoszą komfort życia wszystkich mieszkańców (rys.5). Wymaga to budowania płaszczyzny kooperacji wielu gmin, mieszkańców i skutecznego wykorzystywania współczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych (Bitkowska i in. 2020, s. 298).



Rysunek 5 Najważniejsze obszary w procesie transformacji w kierunku inteligentnego miasta.
Źródło: opracowanie na podstawie (Heffner, i in., 2022, s.12)

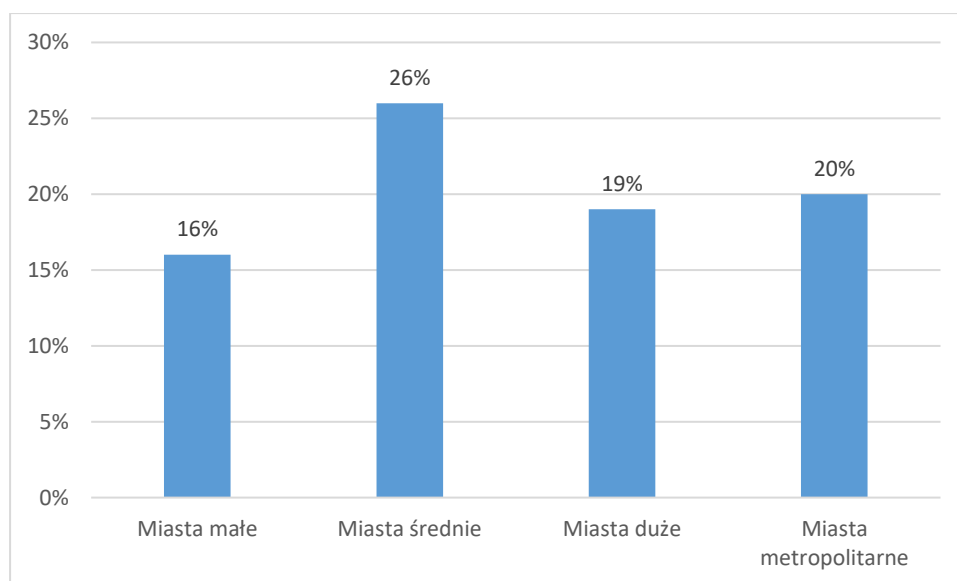
Koncepcja smart city na świecie i w Polsce wzbudza duże zainteresowanie wśród instytucji administracyjnych i samorządowych oraz przedsiębiorstw. Na podstawie wyszukiwań w bazie WoS (Web of Science) zaprezentowano obszary cytowani (wykres 2).

Wykres 2. Cytowanie fraz "smart city" w roku 2024 w bazie WoS



Źródło: opracowanie na podstawie WoS Web of Science (2024)

Wykres 3 Jednostki samorządu terytorialnego zainteresowane koncepcją smart city w polskich miastach



Źródło: opracowanie własne na podstawie Miazga, in., 2022. s. 14

Aktualnie miasta mogą budować ścieżki innowacji i ustalać najważniejsze potrzeby aspektów dla swojej przyszłości – wykres 3. Powinny one mieć charakter partycypacyjny i elastyczny. Priorytetem powinno być zdefiniowanie zrównoważonego planu działania, który pokazuje obraz metropolii w kontekście „miasto znane”, „miasto wyjątkowe”. Duże miasta muszą zrezygnować z krótkoterminowości, poszerzyć swoją perspektywę i częściej zwracać się ku innowacjom w celu poprawy efektywności i trwałości usług.

Badacze zajmujący się tematyką miast XXI wieku dysponują dużą liczbą wskaźników „miejskich”, ale wiele z nich nie jest ani standaryzowanych, ani spójnych i nie mogą być używane do porównywania miast (Kurlej, 2015, s. 12). W rzeczywistości mimo licznych prób opracowania wskaźników miejskich na poziomie krajowym, regionalnym i międzynarodowym, niewiele z nich utrzymało się na stałe w perspektywie średnioterminowej, ponieważ zostały one stworzone na potrzeby badań, zazwyczaj przeznaczonych do zaspokojenia specyficznych potrzeb informacyjnych określonych podmiotów, a ich żywotność uzależniona była od tego, jak długo będzie trwało finansowanie. Jedynie organizacje międzynarodowe dążą do ujednolicenia wskaźników, tak aby charakteryzowały się spójnością i trwałością niezbędną do porównywania miast; jednak w większości koncentrują się na określonym obszarze (technologia, gospodarka, środowisko itd.). Eksperti międzynarodowi przyjmują kryteria oceny dla miast według określonych metod, która są opisane w wybranych klasyfikacjach:

- Ranking „Smart City Index” przygotowany przez szwajcarską Szkołę Biznesu w Lozannie (IMD) we współpracy z Singapur University of Technology and Design (smart.przemysl.eu, 2022) – załącznik nr 1.
- Ranking „European Smart Cities 3.0” przygotowany przez Uniwersytet Wiedeński (TUWIEN) (smart-cities.eu, 2023) – załącznik nr 2.
- Ranking „IESE Cities in Motion Index” opracowany przez Uniwersytet w Nawarze (IESE Business School University of Navarra) (iese.edu, 2022) – załącznik nr 3.

Wymienione klasyfikacje została przygotowane zestawienie w formie tabelarycznej tabela nr 3.

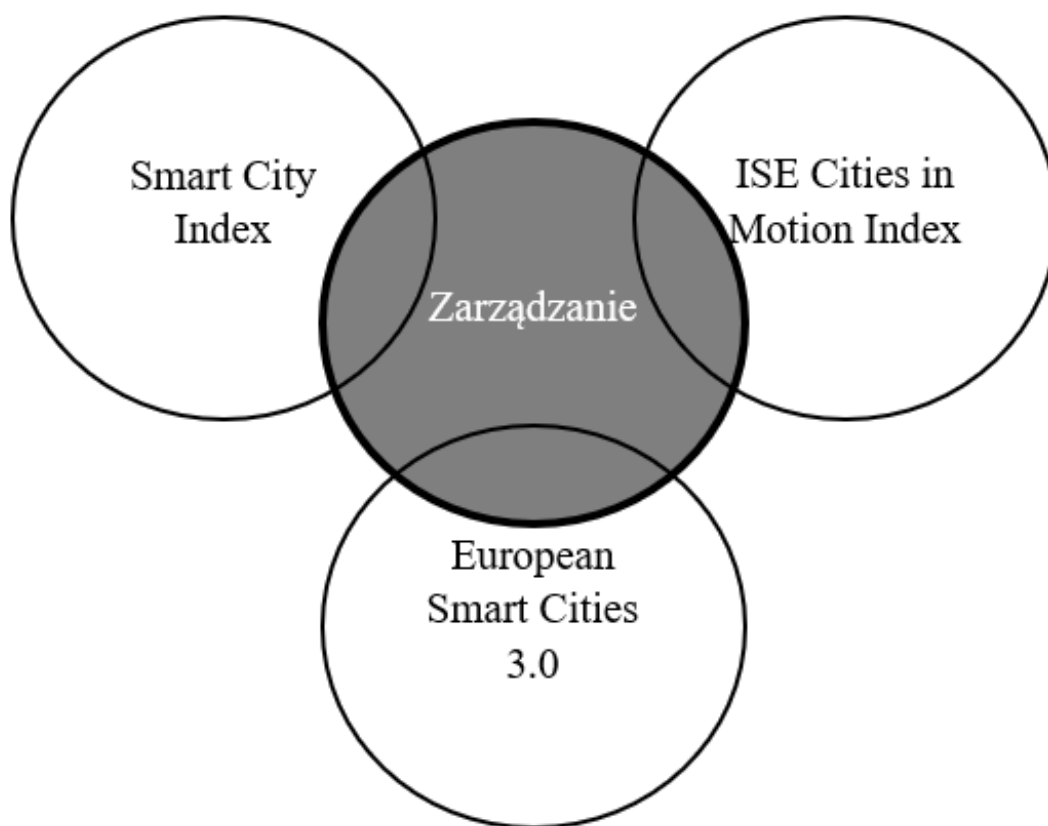
Tabela 3. Syntetyczny przegląd rankingów inteligentnych miast

Lp.	Nazwa Rankingu	Opis	Pierwsza dziesiątka	Miejsca polskich miast
1	Smart City Index (2024)	Ranking miast opracowany przez szwajcarską Szkołę Biznesu w Lozannie (IMD) we współpracy z Singapur University of Technology and Design. Index ten ocenia miasta na podstawie ich inteligencji w zarządzaniu, innowacyjności oraz zaawansowaniu technologii, z naciskiem na jakość życia mieszkańców. Jest publikowany corocznie i zawiera dane z miast na całym świecie, obejmując różne kategorie, takie jak rozwój gospodarczy, infrastruktura, jakość życia i dostęp do technologii. Miasta są oceniane pod kątem ich zdolności do efektywnego zarządzania technologiami oraz ich wdrażania. Smart City Index to narzędzie, które monitoruje rozwój miast przyszłości, gdzie technologia i innowacje współdziałają na rzecz lepszej jakości życia mieszkańców.	1. Zurych (Szwajcaria) 2. Oslo (Norwegia) 3. Canberra (Australia) 4. Genewa (Szwajcaria) 5. Singapur 6. Kopenhaga (Dania) 7. Lozanna (Szwajcaria) 8. Londyn (Wielka Brytania) 9. Helsinki (Finlandia) 10. Abu Zabi (Zjednoczone Emiraty Arabskie)	W rankingu Smart City Index 2024 żadnemu z polskich miast nie udało się dostać do ścisłej czołówki. Najbardziej wyróżnia się Warszawa , jednak jej miejsce w rankingu jest w drugiej setce w porównaniu do globalnych liderów, takich jak Zurych czy Oslo.
2	European Smart Cities 3.0	Ranking opracowany w ramach badań nad inteligentnymi miastami w Europie. Jego celem jest ocena mniejszych i średnich miast pod kątem różnych aspektów ich funkcjonowania i rozwoju, takich jak technologie, infrastruktura, gospodarka i jakość życia mieszkańców. Projekt powstał na Wiedeńskim Uniwersytecie Technicznym, a jego głównym zadaniem jest porównanie, jak miasta wdrażają nowoczesne rozwiązania na rzecz zrównoważonego rozwoju. Służy jako narzędzie porównawcze dla miast średniej wielkości, pokazując najlepsze praktyki i wyzwania stojące przed nimi w kontekście cyfryzacji i zrównoważonego rozwoju. Dla mniejszych miast może to być inspiracja do dalszego rozwoju i wdrażania inteligentnych rozwiązań, które poprawiają jakość życia i zarządzania.	1. Luksemburg (Luksemburg) 2. Aarhus (Dania) 3. Turku (Finlandia) 4. Aalborg (Dania) 5. Odense (Dania) 6. Tampere (Finlandia) 7. Oulu (Finlandia) 8. Eindhoven (Holandia) 9. Linz (Austria) 10. Salzburg (Austria) <i>Obejmuje miasta średniej wielkości w Europie (od 100 000 do 500 000 mieszkańców).</i>	Polskie miasta również pojawiają się w dalszej części rankingu, w tym Rzeszów (48. miejsce) , Białystok (53. miejsce) , Bydgoszcz (57. miejsce) , Szczecin (62. miejsce) oraz Kielce (64. miejsce) . Ranking ocenia miasta w sześciu kluczowych kategoriach: gospodarka, kapitał ludzki, zarządzanie, mobilność, środowisko oraz jakość życia.

Lp.	Nazwa Rankingu	Opis	Pierwsza dziesiątka	Miejsca polskich miast
3	IESE Cities in Motion Index	Ranking opracowany przez IESE Business School (Uniwersytet w Nawarze) i stanowi kompleksową ocenę globalnych miast pod kątem ich rozwoju i zarządzania w ramach tzw. „miast inteligentnych” (smart cities). Celem CIMI jest analiza zdolności miast do promowania zrównoważonego rozwoju, podnoszenia jakości życia mieszkańców oraz wspierania innowacji i rozwoju gospodarki. Dostarcza miastom narzędzi do oceny ich mocnych i słabych stron w kontekście globalnej konkurencji i zrównoważonego rozwoju. Jest to także wskaźnik dla władz lokalnych, jakie kroki powinny podjąć, aby stać się bardziej konkurencyjnymi i przyjaznymi dla mieszkańców. CIMI stawia na wszechstronny rozwój miast, podkreślając rolę technologii, kapitału ludzkiego i innowacji w tworzeniu lepszych warunków życia. Ranking ten stanowi nie tylko analizę stanu obecnego, ale również wskazówkę, jak miasta mogą planować przyszłość, inwestując w technologie, infrastrukturę i zrównoważone rozwiązania.	1. Londyn (Wielka Brytania). 2. Nowy Jork (USA). 3. Paryż (Francja). 4. Tokio (Japonia). 5. Berlin (Niemcy). 6. Singapur (Azja). 7. Oslo (Norwegia). 8. Amsterdam (Holandia). 9. San Francisco (USA). 10. Chicago (USA).	Polskie miasta, które pojawiły się w rankingu IESE Cities in Motion Index w 2022 roku, uwzględniono dwa: Warszawę oraz Wrocław . Wcześniej, w 2020 roku, Warszawa zajęła 54. miejsce , a Wrocław 88. Miejsce, choć nie zajmują czołowych miejsc, sukcesywnie poprawiają swoje pozycje w globalnych rankingach inteligentnych miast.

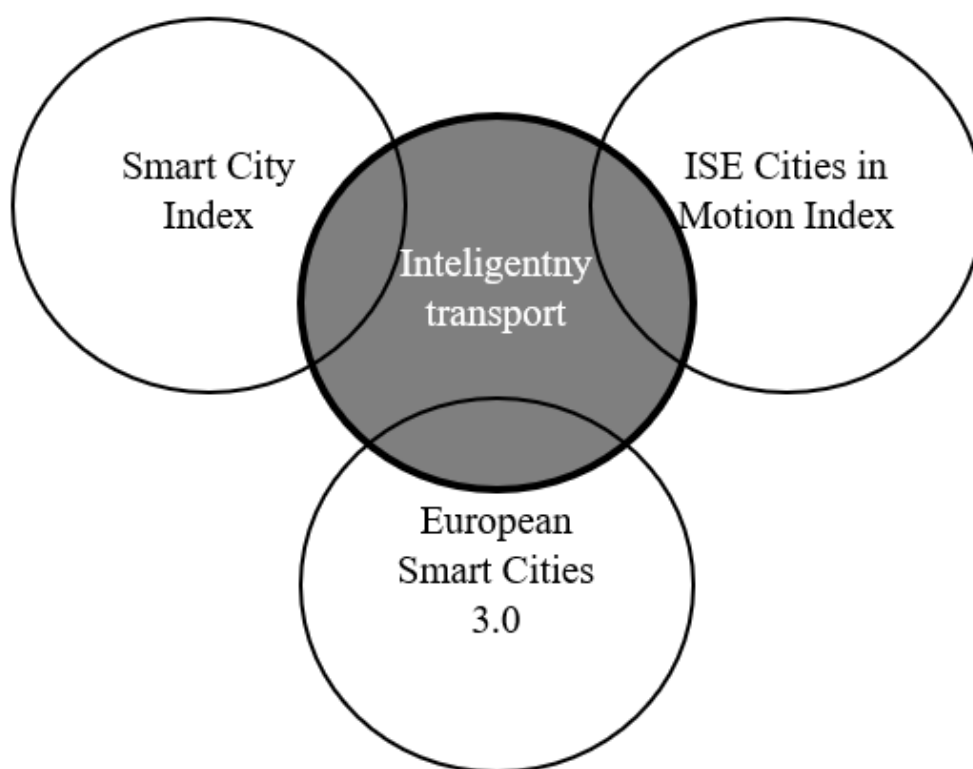
Źródło: opracowanie własne na podstawie: (SmartCityIndex, 2024; SmartCities, 2024; IESE, 2024) [dostęp: 30.05.2024 r]

Jedną z istotnych kwestii, która zawarta jest w powyższych rankingach jest komponent „Zarządzanie”, co będzie pomocne i wykorzystane przy konstrukcji autorskiego modelu rys.6.



Rysunek 6. Zarządzanie jako wspólny komponent omawianych rankingów
Źródło: (SmartCityIndex, 2024; SmartCities, 2024; IESE, 2024)

Transport publiczny odgrywa kluczową rolę w rankingach inteligentnych miast, ponieważ efektywna i zrównoważona komunikacja miejska znacząco wpływa na jakość życia mieszkańców oraz stosowane rozwiązania w zakresie inteligentnego miasta – rysunek nr 7.



Rysunek 7. Inteligentny transport jako wspólny komponent wybranych rankingów
Źródło: (SmartCityIndex, 2024; SmartCities, 2024; IESE, 2024)

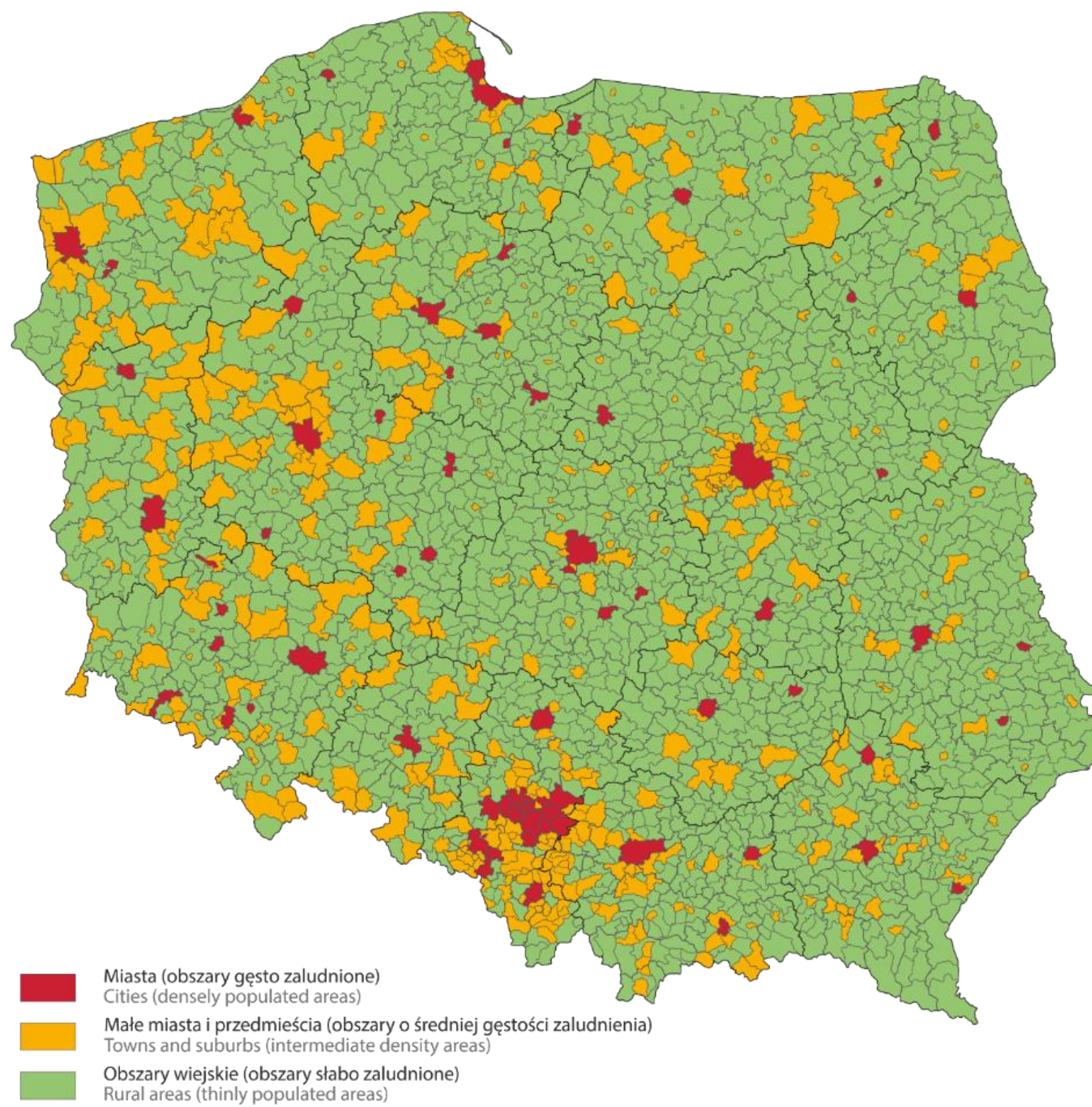
Efektywne systemy transportu inteligentnego, obejmujące zintegrowane sieci autobusowe, tramwajowe i metro, przyczyniają się do sprawniejszego i bardziej niezawodnego przemieszczania się po mieście, jednocześnie ograniczając emisję spalin oraz zmniejszając korki. Wysokiej jakości transport publiczny nie tylko poprawia komfort życia mieszkańców, ale także stanowi istotny czynnik przyciągający inwestorów i stymulujący rozwój gospodarczy. Te aspekty mają kluczowe znaczenie w ocenach miast pod kątem innowacyjności i zrównoważonego rozwoju, co bezpośrednio wpływa na ich pozycję w globalnych rankingach inteligentnych miast.

1.3. Proces urbanizacji jako fundament koncepcji zarządzania inteligentnym miastem

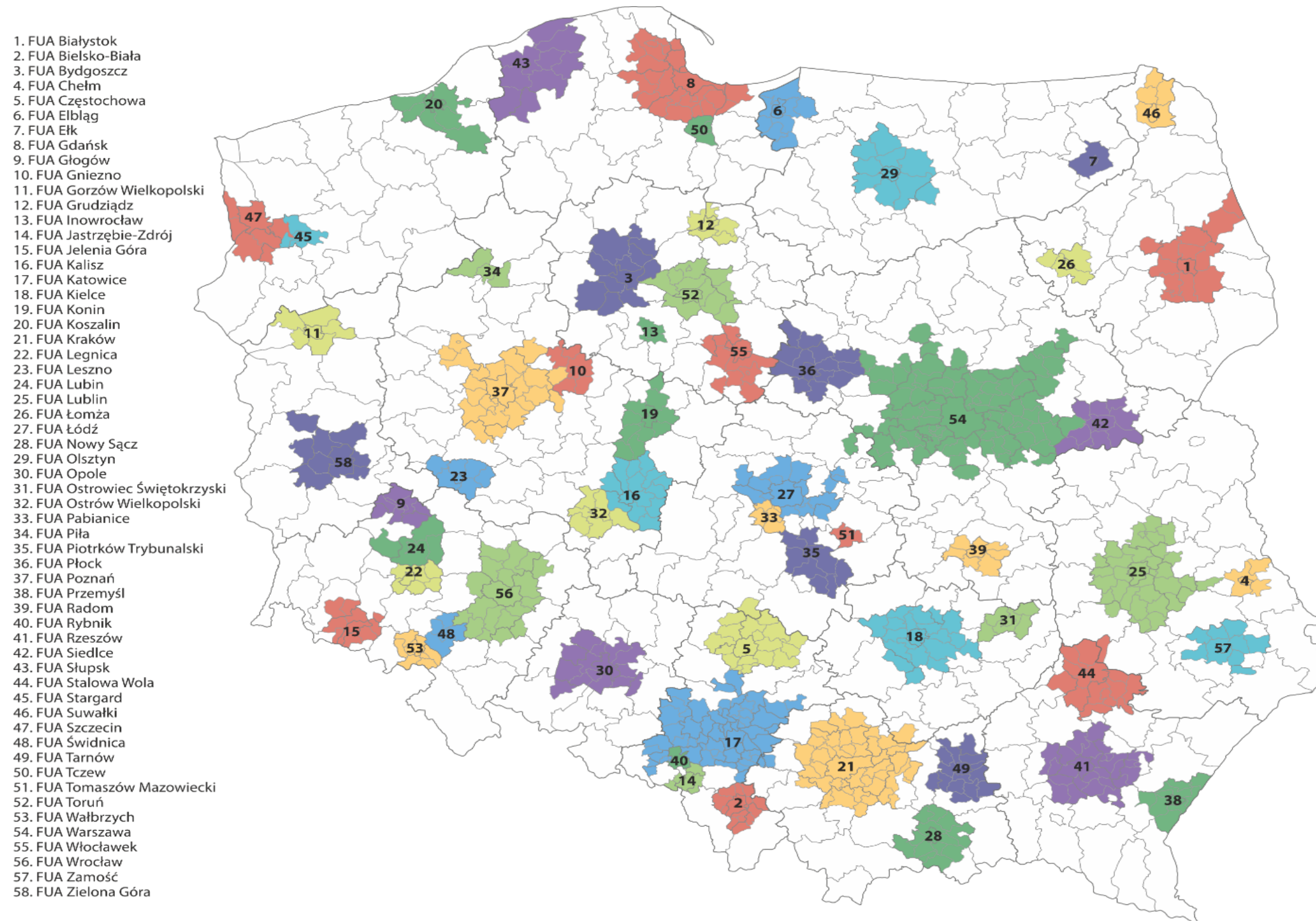
Na początku XIX wieku liczbę mieszkańców miast oceniano na niecałe 2,5% ogółu ludności, w II połowie XX wieku – było to już ok. 30%, a na początku XXI – 50%. Prognozy i prowadzone badania dowodzą, iż do roku 2050 ponad 66% mieszkańców będzie mieszkało na terenach zurbanizowanych (Galejewski, i in., 2018, s. 5). Na terenie Polski zgodnie ze stanem na 1 stycznia 2024 roku liczba miast wynosiła 1013 (GUS, 2024). Duża część z tych miast swoje prawa otrzymała już w średniowieczu. Również występują przypadki większych

wsi, które przebudowały swoje struktury oraz zmieniły funkcje w celu uzyskania praw miejskich. Aktualna mapa obrazująca poziom urbanizacji przedstawiona została na rysunku 8. Lokalizacja miast zależała od kilku czynników; przykładowo warunki środowiska przyrodniczego – grody obronne budowano na wzniesieniach. Z upływem czasu powstawały trasy komunikacyjne, co skutkowało większą gęstością dróg oraz powstawaniem nowych ośrodków miejskich (ZPE, 2022).

Urbanizacja Polski po zakończeniu II wojny światowej miała niezwykle dynamiczny przebieg i cechowała się przyspieszonym tempem, będącym wynikiem uprzemysłowienia kraju oraz przemian społeczno-gospodarczych. W okresie 5 dekad Polska z kraju, w którym dominowała ludność wiejska, przeobraziła się w państwo o wyraźnej przewadze ludności miejskiej. Dla przykładu w roku 1950 poziom ludności miejskiej wynosił 42,5%, natomiast w roku 2001 wartość to 60,8%, natomiast w roku 2021 odsetek ten miał wartość 59,8% (Szymańska, 2002, s. 54; GUS, 2022, s. 2), Obszary miejskie – FUA (wyjaśnienie) na terenie mapy powiatowej Polski zaprezentowano na rys. 9, co pokazuje iż zwiększenie poziomu ludności rozkłada się asymetrycznie oraz skupia się w obszarach zurbanizowanych. Wynika to niewątpliwie nie tylko ze wzrostu liczby ludności, ale także ze zmian jakościowych (Szymańska, 2002, s. 54). W pierwszej połowie XXI wieku proces rozwoju technologicznego miast nabrał zdecydowanego przyspieszenia, a największe miasta w Polsce dążą do implementacji rozwiązań czerpanych z modelu smart city. Badacze zajmujący się problematyką miast dysponują obecnie dobrą kwalifikacją modelowych czynników wpływających na rozkwit miasta oraz barier ograniczających ten rozwój. Przez ponad 40 lat zaistniało wiele koncepcji dotyczących mechanizmów rozwojowych oraz instrumentów możliwych do wykorzystania przez władze lokalne w celu mobilizacji i administrowania procesów zachodzących w mieście (Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, 2010, s. 188-204).



Rysunek 8. Poziom urbanizacji Rzeczypospolitej Polskiej według danych GUS w 2022 roku
Źródło: Stopień urbanizacji, (2022).



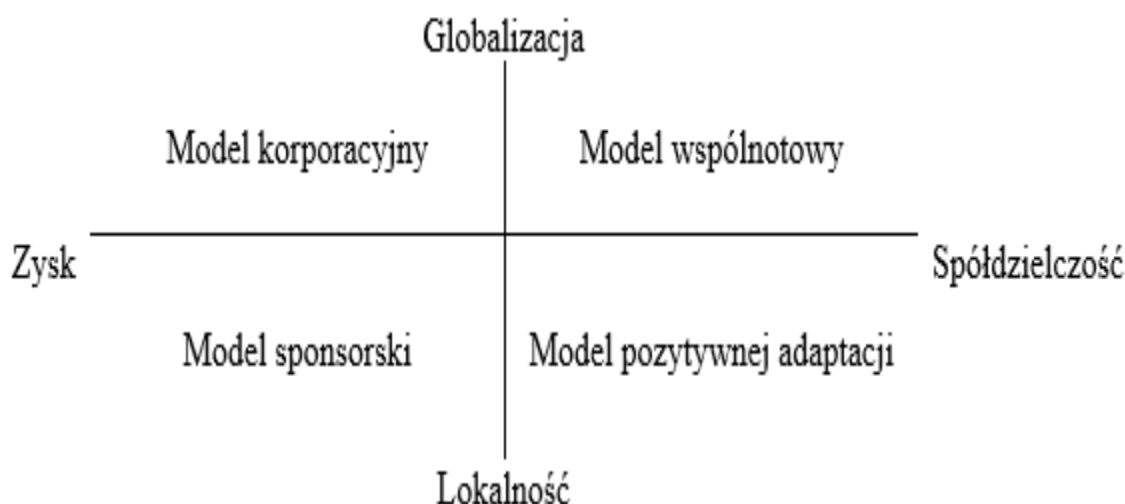
Rysunek 9. Transformacja w obszary miejskie w 2022 roku
 Źródło: Funkcjonalne obszary miejskie, (2022) r.

W analizie Banku Światowego podkreśla się, iż współczynnik urbanizacji w Polsce w XX wieku systematycznie rósł i osiągnął wartość 62%. Obecnie od ponad 20 lat zauważalny jest niezmienny poziom albo niewielki nawet spadek o ok. 2% (poziom w roku 2022 to 60%). Porównując z pozostałymi krajami Europy Zachodniej, wskaźnik ten utrzymuje się na poziomie wyższym niż 80%. W kontekście zarządzania urbanizacją kluczowe znaczenie ma planowanie przestrzenne, infrastruktura transportowa oraz polityka mieszkaniowa, które mogą wpływać zarówno na wzrost, jak i stagnację urbanizacji. W Polsce w ostatnich dekadach rozwój przedmieść oraz suburbanizacja miały istotny wpływ na kształtowanie struktury osadniczej. Efektywne zarządzanie procesem urbanizacji wymaga zrównoważonego podejścia, łączącego rozwój miast z optymalnym wykorzystaniem terenów podmiejskich. Inwestycje w inteligentne systemy transportowe, ekologiczną infrastrukturę oraz rewitalizację centrów miast mogą sprzyjać podtrzymaniu atrakcyjności obszarów zurbanizowanych (Ai, 2024, s. 2338-2341). Bank Światowy w swoich przewidywaniach zauważa, iż w roku 2050 powyższy wskaźnik znów znacznie rosnąć i osiągnie wartość w okolicach 70 punktów procentowych. Natomiast w ocenie UNCTAD¹ prognozowany poziom wskaźnika powinien być o 20% wyższy, w przeciwnym razie odbiega od przyjętych wartości dla krajów rozwiniętych (Nosarzewska, 2022, s. 33). Od roku 2018 Polska została zaliczona do grupy 25 krajów rozwiniętych (wgospodarce.pl, 2017). Sam awans miał duży wpływ na naszą pozycję na arenie międzynarodowej, lecz pod względem rozwoju dalej jest nam bliżej do krajów rozwijających się i będących na etapie transformacji – rys. 9 (Nosarzewska, 2022, s. 34).

¹ UNCTAD (ang. United Nations Conference on Trade and Development) - Konferencja Narodów Zjednoczonych ds. Handlu i Rozwoju

1.4. Taksonomia inteligentnych miast

W ostatnim okresie obserwowano ożywioną dyskusję na temat pojęcia inteligentnego miasta. i obecnie oznacza to ukierunkowanie na zarządzania przy wsparciu rozwiązań ICT, technologii, które mają wpływać na poprawę środowiska miejskiego ze względu na wydajność, bezpieczeństwo i zrównoważony rozwój (Niaros, 2016, s. 51). Niemniej jednak wielu badaczy krytycznie odnosi się do wizji technologii technologii sieciowych za to, że nie są w stanie nasycić potrzeb mieszkańców miast, wnoszą kwestie poufności i prowadzą do wzrostu nieekologiczności środowiska. Typologia miast smart city obejmuje różne modele, takie jak miasta zrównoważone, miasta innowacyjne, miasta skoncentrowane na danych czy miasta obywatelskie, które różnią się priorytetami w zakresie technologii, środowiska i zaangażowania społeczności (Rys.10).



Rysunek 10. Typologia smart city

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Niaros, 2016, s. 53)

W dalszej części rozważań teoretycznych zostały przedstawione modele inteligentnego miasta i zarządzania nim w płaszczyznach społeczno–środowiskowych. Holistyczne podejście do wdrożenia idei smart city powinno obejmować wszystkie aspekty zarządzania miastem i obiegiem informacji, w gronie wszystkich interesariuszy istniejących w danej przestrzeni komunalnej. Projekt stworzenia inteligentnego miasta powinien więc obejmować cele i oddziaływania, w każdym obszarze życia i przestrzeni publicznej, co oznacza, iż jest to multipoziomowe i skomplikowane zadanie (Gołuchowski i in., 2015, s. 86). W przestrzeni miejskiej można wyróżnić kilka grup interesariuszy i władze szczebla samorządowego, rządowego oraz krajowego, jednostki budżetowe, spółki miejskie, jednostki oświatowe

i działające w obszarze ochrony zdrowia, stowarzyszenia, uczelnie wyższe i ośrodki naukowo-badawcze, podmioty gospodarcze, a także mieszkańców regionu oraz specjalistów w zakresie projektowania inteligentnego miasta. Obecnie jest wiele modeli inteligentnego miasta. Niektórzy autorzy, formułując jego model, kierują się kontekstem przeprowadzanego badania. W zależności od sytuacji jest on identyfikowany bądź to z szeroko rozumianym polem społeczno-gospodarczym, bądź też ze strefą techniczno-informatyczną. Istotne jest zwrócenie uwagi, że ten drugi obszar zwykle jest narzędziem realizacji pierwszego. Opisane w dalszej części pracy rodzaje inteligentnego miasta są formułowane zarówno przez przedstawicieli świata nauki czy organy władzy publicznej, jak i przez samych przedsiębiorców, a ich definicje zależą od potrzeb danego podmiotu. Tym samym, prowadzenie dalszych rozważań nad perspektywą wykorzystania ww. wzorców wymaga w pierwszej kolejności przybliżenia istoty każdego z nich.

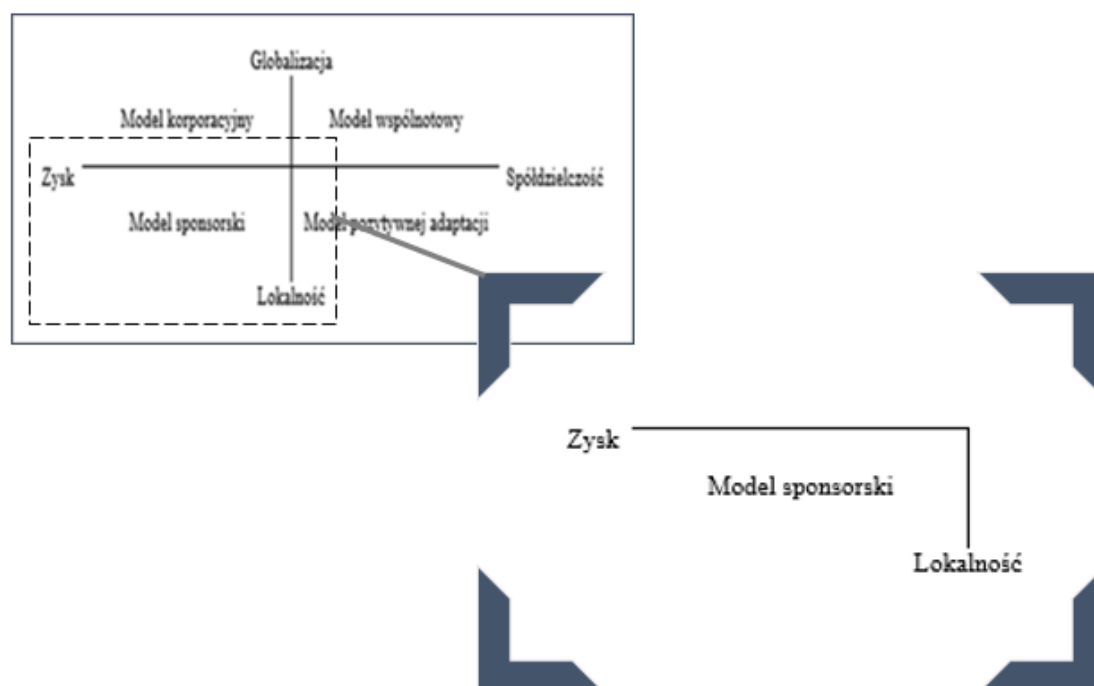
❖ **Model korporacyjny (*corporate smart city*)**

Architektura korporacyjna inteligentnego miasta (rys. 11) jest rozumiana jako szczególnie przypadek odniesiony do departamentów administracji samorządowej i powiązanych z nimi podmiotów, gdzie realizowane są przedsięwzięcia związane z implementacją koncepcji smart city (Sobczak, 2016, s. 185). Posiada ona cztery znaczenia: atrybutowe, rzeczowe, czynnościowe i obszaru badawczego. W ujęciu atrybutowym architektura korporacyjna inteligentnego miasta może być rozumiana jako zbiór właściwości podmiotów zaangażowanych w budowę oraz w dalsze funkcjonowanie inteligentnego miasta, analizowane jako całość, i relacji między składowymi tych grup. Ma więc zastosowanie do każdego miasta, które realizuje przedsięwzięcia z obszaru smart city. Przy czym tak rozumiana struktura w przypadku jednego miasta może być lepsza, a drugiego gorsza. Jakość modelu może być rozpatrywana w kontekście efektywności realizacji przyjętych celów strategicznych dotyczących wdrażania koncepcji smart city. Całościowe podejście pozwala na ujęcie modelu inteligentnego miasta w swej złożoności i wielowątkowości. Koncepcja ta zaczyna być stosowana na szeroką skalę zarówno na świecie, jak i w Polsce. Obejmuje ona zbiór celów i właściwości danej organizacji, formalny opis struktury i funkcji poszczególnych komponentów informacyjnych i procesowych oraz technologicznych, a także obustronnych powiązań między tymi składnikami. W obecnym czasie brak jest usystematyzowanego, wykorzystania ww. struktury w idei smart city, a tym samym do transformacji przestrzeni publicznej z przestrzeni „reagującej” post factum na przestrzeń „reagującą” ex ante.

Jednym z głównych wyzwań związanych z upowszechnieniem się koncepcji przedstawionej na rysunku 11 są kompetencje i podejście dostawców technologicznych. Obecnie większość z nich patrzy na smart cities jedynie przez perspektywę wprowadzenia określonego systemu informatycznego bądź wytworu technologicznego, co w większości przypadków kończy się brakiem zainteresowania w podjęciu dialogu z przedstawicielami administracji samorządowej na temat całościowego przekształcenia miasta. Przyczynia się to do odchodzenia od tej koncepcji oraz braku przystosowania. Istotną przeszkodą realizowanego modelu są również kwestie mentalne. Urzędnicy miejscy przeciwstawiają się zmianom, co jest istotną przeszkodą działania w cyfrowym środowisku, które jest kreowane w ramach zamierzeń związanych z budową inteligentnego miasta. Dobrą praktyką zatem powinna być wymiana między sobą dobrych wzorców w zakresie działań w opisywanym modelu, dzięki czemu zyskują przede wszystkim te urzędy, w których poziom zaawansowania w sferze zarządzania realizacją złożonych przedsięwzięć, w tym projektów i programów z obszaru smart city, jest na niskim poziomie.

❖ Model sponsorski (*sponsored smart city*)

Model sponsorski jest ukierunkowany na przekazywaniu wspólnocie lokalnej bezpłatnego oprogramowania i systemów operacyjnych umożliwiających nieograniczone użytkowanie technologii informacyjno-komunikacyjnych (rys. 12).



Rysunek 12. Model sponsorski inteligentnego miasta
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Niaros, 2016, s. 53

Podobnie jak w poprzednim modelu, administracja samorządowa i społeczność lokalna pełnią pasywną rolę, ponieważ organizacje zewnętrzne kreują i opracowują elementy inteligentnych miast. Podmiot biznesowy bezpłatnie przekazuje technologie, co stanowi element stosowanych przez nich strategii marketingowej. Celem jest stworzenie marki, a także rozdysponowanie technologii na zasadach komercyjnych. Przykładem jest firma Libelium², która zdefiniowała zasadnicze siły napędowe inwestycji w IoT dla miast: zwiększona skuteczność i efektywność kosztowa, potęgowanie przychodów dzięki lepszemu działaniu infrastruktury publicznej oraz poprawa zrównoważonego rozwoju i harmonii z przepisami w zakresie ochrony projektowania i produkcja sprzętu, jak również interfejsów aplikacji dla bezprzewodowych sieci czujników, które są podstawą dla rozwiązań platformy IoT. Model sponsorski może potencjalnie ograniczać kontrolę władz lokalnych nad opracowaniem i implementacją inteligentnych rozwiązań. Inwestorzy natomiast mogą stworzyć sobie możliwość ingerowania w zabezpieczenia przekazywanych informacji, jak też stworzenie sobie możliwości przejmowania kompetencji administracji samorządowej przez kreację faktycznych zdolności wywierania wpływu na przyszłe kierunki rozwoju określonego obszaru miejskiego.

❖ Model pozytywnej adaptacji (*resilient smart city*)

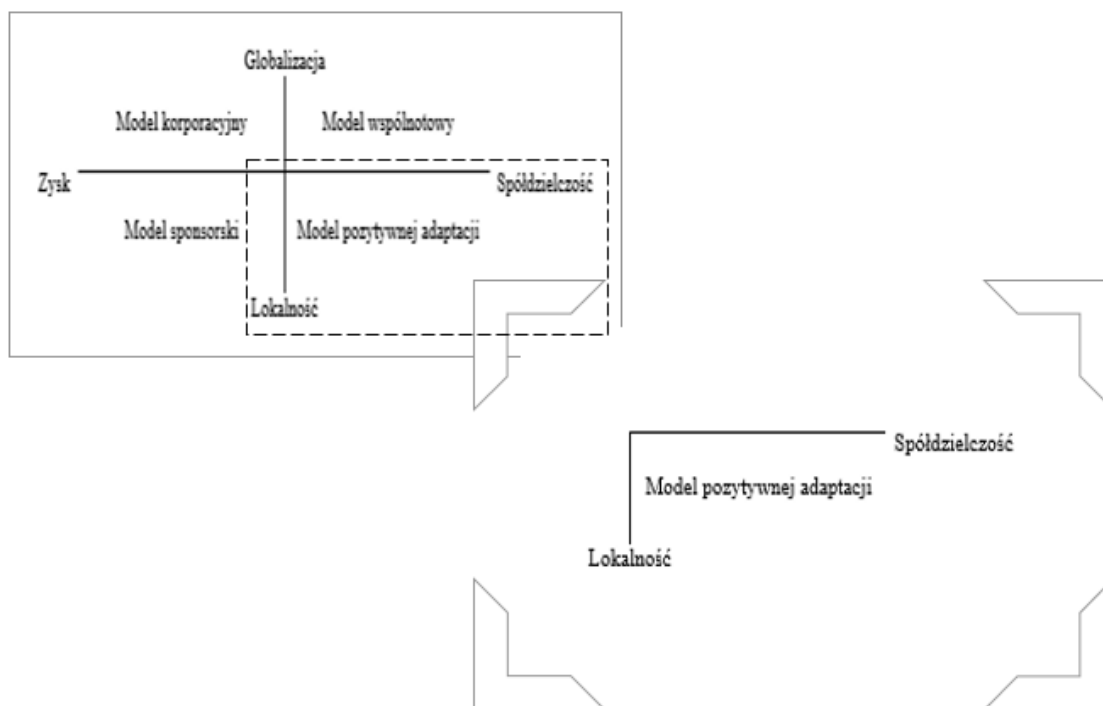
Wzorzec inteligentnego miasta, tzw. *resilient smart city*³, podąża za inną filozofią, która zamiast zachęcać do stosowania odgórnie narzuconej, zastrzeżonej technologii, skupia się na umożliwieniu i upodmiotowieniu obywateli do tworzenia wspólnej wartości (Niaros, 2016, s. 56). Kreowana zostaje tutaj przestrzeń dla miejskiego środowiska otwartych innowacji i technologii opartych na ogólnym dostępie. Funkcjonujące miasta w tym modelu przeważnie określa się mianem „użytecznych miast” (rys. 13 i 14).

Grupy społeczności miejskiej współpracują w następujących wymiarach: racjonalności, funkcjonalności oraz odczuwalności (Crisidu-Budnik, 2021, s. 159). Zaprezentowane cechy mają wpływ na jakość życia mieszkańców oraz determinują spojrzenie na wartość miejsca i użytych w jego zagospodarowaniu rozwiązań. Opisywany model określa charakter współpracy administracji samorządowej i mieszkańców, a dzięki wspólnym wysiłkom

² Libelium - hiszpańska firma z zakresu doradztwa telekomunikacyjnego oraz rozwiązań dla miast inteligentnych <https://www.libelium.com/> (dostęp 29.12.2021 r.).

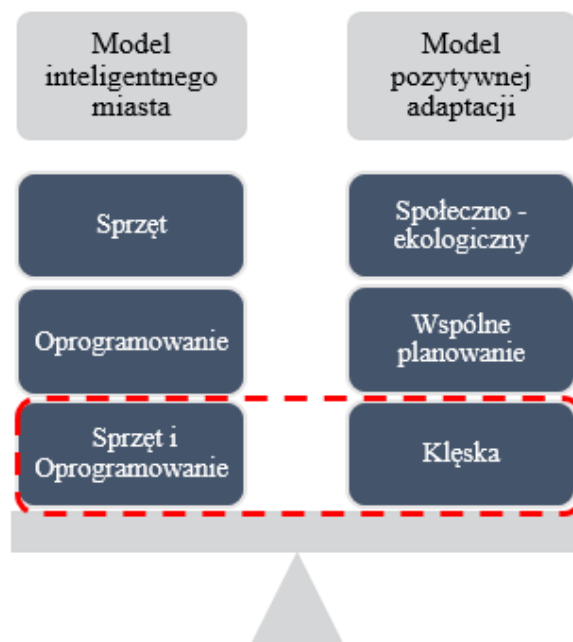
³ W odniesieniu do funkcjonowania modelu miasta inteligentnego zwrot ten odnosi się do zdolności, dzięki którym wspólnota radzi sobie z problemami, różnicowanymi barierami, a zarazem dzięki ich przezwyciężeniu osiąga wyższy poziom rozwoju. W płaszczyźnie samorządowej stara się opisać mechanizmy, z którymi radzi ona sobie z problemami i wyzwaniem obecnymi czasów. Dla potrzeb niniejszej pracy przyjęto tłumaczenie z angielskiego terminu *resilient smart city* jako pozytywna adaptacja.

powstają rozwiązania dopasowane do lokalnych potrzeb obywateli i nie mają zastosowania w skali ogólnosiwiatowej albo mają niewielkie.



Rysunek 13. Model pozytywnej adaptacji inteligentnego miasta.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Niaros, 2016, s. 53)

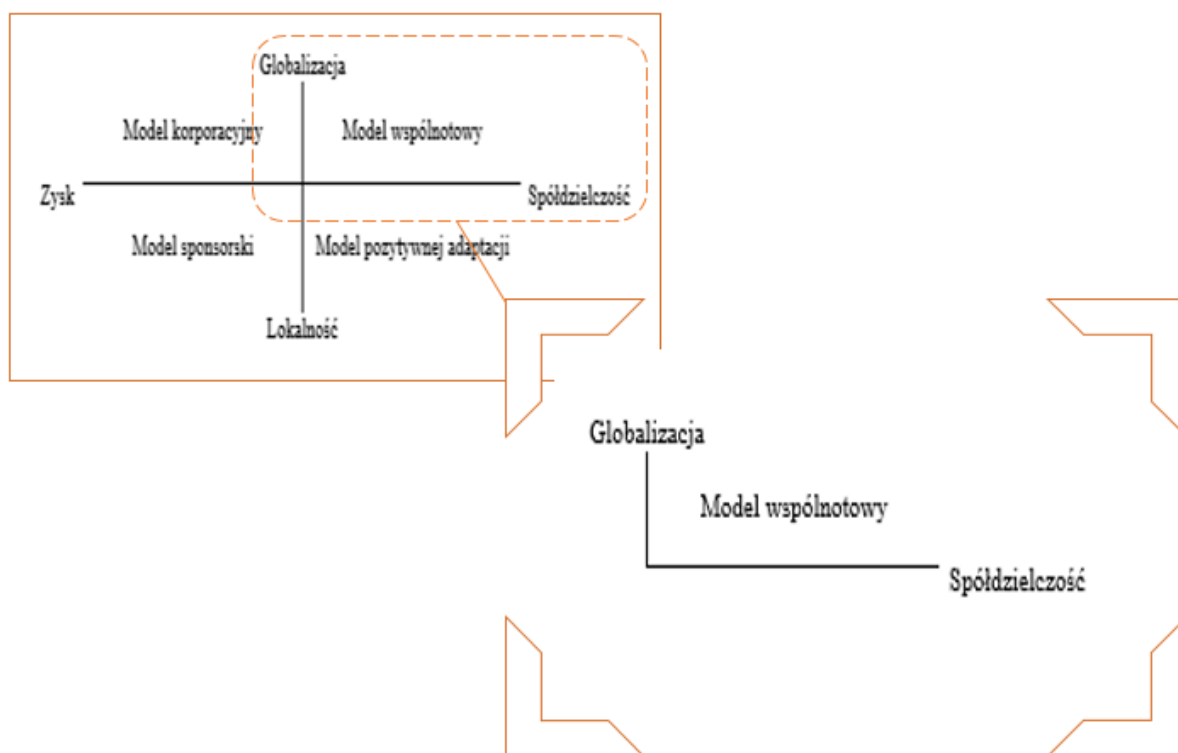


Rysunek 14. Podejście w kształtowaniu koncepcji inteligentnego i model pozytywnej adaptacji

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Arafah i in., 2018 s. 121).

❖ Model wspólnotowy (*commons-based smart city*)

Scharakteryzowany model oparty na wspólnocie, podobnie jak model pozytywnej adaptacji, zasadza się na interakcjach uczestników wspólnoty samorządowej – tworzeniu otwartych innowacji i technologii opartych na otwartym dostępie. Różnica polega na poszerzeniu kręgu potencjalnych odbiorców produktów wytworzonych lokalnie oraz pozyskanej wiedzy na poziomie lokalnym (Crisidu-Budnik, 2021, s. 159). Takie przestrzenie są uważane za zasadniczo połączone w sieć i mogą katalizować nie tylko w obrębie miasta, z którego pochodzą. Cechą wyróżniającą model wspólnotowy jest dążenie do nadania mu charakteru polegającego na tym, że produkty będące wynikiem oddolnych inicjatyw powinny być wyposażone w takie walory, które umożliwiają ich zastosowanie w każdym mieście. W tym modelu produkty stworzone na poziomie lokalnym i dla zaspokojenia lokalnych potrzeb postrzegane są jako rozwiązania uniwersalne dla wszystkich miast (rys. 15).



Rysunek 15. Model wspólnotowy inteligentnego miasta
Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Niaros, 2016, s. 53)

Adaptacja omawianego wzorca może obejmować wszystkie zalety i dodatkowo być wzbogacone o takie cechy jak interoperacyjność i skalowalność. Mogłoby to stanowić bardziej realną alternatywę dla inteligentnego miasta, które wykorzystuje zasoby wiedzy na poziomie globalnym i lokalnym. Nie uważa się, że wszystkie miasta powinny stosować te same rozwiązania technologiczne i rezygnować ze swojego dotychczasowego modelu. Zamiast tego

powinny one stosować podejście oparte na zapotrzebowaniu i wykorzystywać tę część wiedzy, która najlepiej odpowiada ich potrzebom (Niaros, 2016, s. 59). Współpraca i dzielenie się wiedzą może zainspirować społeczność do tworzenia nowych narzędzi i rozwiązań związanych z ich lokalnymi środowiskami, a tym samym wzbogacić globalny zbiór wiedzy.

1.5. Standard zarządzania inteligentnym miastem wg normy ISO 37120

Standard ISO 37120 przygotowano w International Organization for Standardization w Genewie. Aktualnie miasta uzyskują coraz łatwiejszy i pełniejszy wgląd do wszelkiego rodzaju danych, a to z kolei pozwala na kreowanie nowych strategii rozwoju samorządów opartych na wnioskowaniu z dostępnych dużych zbiorów danych. Kluczowe cechy opisywanego standardu:

- Wskaźniki tematyczne: Norma obejmuje 19 kategorii tematycznych, takich jak gospodarka, edukacja, energia, środowisko, zdrowie, rekreacja, mieszkalnictwo, bezpieczeństwo publiczne, transport i zarządzanie odpadami.
- Zrównoważony rozwój: ISO 37120 kładzie nacisk na równowagę między rozwojem ekonomicznym, społecznym i środowiskowym.
- Obiektywne pomiary: Wprowadza zestaw mierzalnych wskaźników, takich jak zużycie energii, emisja gazów cieplarnianych czy dostęp do czystej wody, które umożliwiają ocenę i porównanie miast na różnych poziomach rozwoju.
- Przejrzystość i porównywalność: Norma ułatwia międzynarodową współpracę między miastami, pozwalając na wymianę najlepszych praktyk i wdrażanie usprawnień.
- Skalowalność i adaptacja: Standard może być stosowany przez miasta o różnej wielkości i charakterze, niezależnie od stopnia rozwoju technologicznego (Norma PKN-ISO 37120).

Na świecie utrwała się trend w samorządach dotyczący wspierania dużych ilości danych i ich analizowania i wnioskowania. przetwarzania. Pojawiła się potrzeba standaryzacji tego rodzaju danych, a wymieniona norma odpowiada bezpośrednio na takie zapotrzebowanie. Smart city nie powstanie, jeżeli nie skorzystamy z dostępnych norm. Aktualnie podmiot World Council on City Data (WCCD) pomaga miastom i ich mieszkańcom w dążeniach do miana smart city (WCCD, 2023). To właśnie normy zawierają mądrość ekspercką i optymalne praktyki, które miasto może wykorzystać i dostosować do swoich własnych potrzeb. Normy starają się pomóc odpowiedzieć na różnorakie potrzeby, deklarując narzędzia i fundamenty do

kształtowania teraźniejszości miast i uwzględniając ich przyszłość. Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) w lutym 2017 r. ogłosił normę PN-ISO 37120:2015-03 o nazwie: „Zrównoważony rozwój społeczny – Wskaźniki usług miejskich i jakości życia”. Celem jej jest wsparcie miast w kierowaniu i ocenie rezultatów działalności w obszarze usług miejskich oraz poziomu życia, dodatkowo wspiera także różnego rodzaju analizy oraz określa potrzeby poszczególnych miast.

Miasta potrzebują właściwych kryteriów do pomiaru rezultatów ich działalności, gdyż obowiązujące dotychczas kryteria są często niespójne i nielogiczne. Utrudniają porównanie zmian pomiędzy sobą w jednostce czasu. Zestaw znormalizowanych wskaźników przedstawionych na rysunku 16 odpowiada ujednoliconemu podejściu do tego, co jest mierzone i w jaki sposób pomiar ma być przeprowadzany. Takie rozwiązanie może służyć do śledzenia i monitorowania efektów w działalności miasta, a także określania wymogów przyszłości.



Rysunek 16. Wskaźniki normy PN-ISO 37120:2015-03

Źródło: opracowanie własne na podstawie normy PN-ISO 37120:2015-03.

Kryteria w normie PN-ISO 37120:2015-03 zostały sformułowane tak, aby raportowanie było przejrzyste, bowiem mają swoje zobrazowanie we wskazanych obszarach tematycznych, pozwalają mierzyć efekty zarządzania usługami miejskimi, porównywać efekty działalności i prowadzić wymianę dobrych praktyk oraz uwzględniają odmienności w zasobach oraz możliwościach miast i jednostek samorządu. Przygotowany zestaw wskaźników pomiaru efektów działalności podzielono na podstawowe wskaźniki, które przy implementacji powinny

być zastosowane, oraz wskaźniki pomocnicze, które są zalecane do zastosowania. Dzięki powyższej normie zarządzający miastem otrzymują atrybuty, które mogą być punktem bazowym do prowadzenia rozmów z potencjalnymi inwestorami. Norma może ułatwić podjęcie decyzji zainteresowanym podmiotom gospodarczym w lokowaniu inwestycji w metropoliach świadomych swoich możliwości, planujących rozkwit w sposób zharmonizowany. Norma ułatwia starania o Fundusze Europejskie, a także podwyższa wiarygodność miast na rynkach finansowych. Pozyskanie certyfikatu wspiera stymulowanie rozwoju metropolii i lepsze planowanie strategiczne – tym samym korzyści zyskują obywatele i władze samorządowe.

1.6. Podsumowanie

W rozdziale dokonano przeglądu oraz analizy dostępnych w literaturze koncepcji inteligentnego miasta związanych z ich zarządzaniem. Przedstawiony został rys historyczny powstawania miast, scharakteryzowano proces urbanizacyjny jako jeden z istotnych elementów budowy koncepcji inteligentnego miasta. Z przeprowadzonych analiz wynika, iż postęp technologiczny, który dzieje się na całym świecie – Przemysł 4.0, sprzyja rozwojowi miast. Następuje migracja ludności do obszarów uprzemysłowionych. Nowi mieszkańcy miast są skłonni zmienić swoje kwalifikacje zawodowe, aby dostosować się do aktualnych trendów rynku pracy oferowanego przez duże aglomeracje. Wskazana została taksonomia inteligentnego miasta, która została opracowana oraz sparametryzowana na potrzeby danej grupy mieszkańców. Zaprezentowane modele, które prezentują różne podejścia do zarządzania miastem: korporacyjny, sponsorski, adaptacyjny i wspólnotowy (tab. 4) stanowią różne strategie implementacji koncepcji inteligentnych miast. Każdy z tych modeli ma unikalne cechy i kładzie nacisk na zaangażowanie różnych interesariuszy w celu zwiększenia efektywności rozwoju i poprawy jakości życia w miastach. W perspektywie rozwojowej miast dostrzeżono potrzebę ujęcia we właściwe ramy formalne koncepcji smart city. W związku z tym powstał standard inteligentnego miasta określony w normie ISO, aby wesprzeć władze lokalne w implementacji koncepcji inteligentnego miasta. Z badań literaturowych wynika, iż dalszy rozwój miast przyszłości powinien być wspierany przez technologie ICT. Podsumowując, inteligentne zarządzanie miastem to proces wielowymiarowy, który łączy innowacyjne technologie z odpowiednimi strategiami organizacyjnymi i politycznymi. Dążenie do większej efektywności, zrównoważonego rozwoju oraz poprawy jakości życia mieszkańców stanowi główny cel nowoczesnych koncepcji smart city. Przyszłość zarządzania miastem inteligentnym będzie zależała od umiejętnego wdrażania nowatorskich rozwiązań oraz ich integracji w spójną i funkcjonalną całość.

Tabela 4. Zestawienie modeli miast

Model	Opis
Korporacyjny	Miasto zarządzane jak przedsiębiorstwo, gdzie priorytetem są efektywność ekonomiczna i inwestycje prywatne. Często występuje duża rola partnerstw publiczno-prywatnych oraz outsourcingu usług miejskich.
Sponsorski	Oparty na finansowaniu miasta przez duże korporacje lub instytucje, np. poprzez budowę infrastruktury w zamian za promocję. Może prowadzić do uzależnienia miasta od sponsorów i ich interesów.
Adaptacyjny	Miasto elastyczne, reagujące na zmieniające się warunki społeczne, ekonomiczne i środowiskowe. Stawia na innowacje technologiczne, zrównoważony rozwój i inteligentne zarządzanie zasobami.
Wspólnotowy	Miasto zarządzane oddolnie przez mieszkańców i organizacje społeczne, z naciskiem na partycypację obywatelską i lokalne inicjatywy. Priorytetem jest dobro wspólne, integracja społeczna i samowystarczalność.

Źródło: opracowanie własne

2. Internet Rzeczy w zarządzaniu inteligentnym miastem

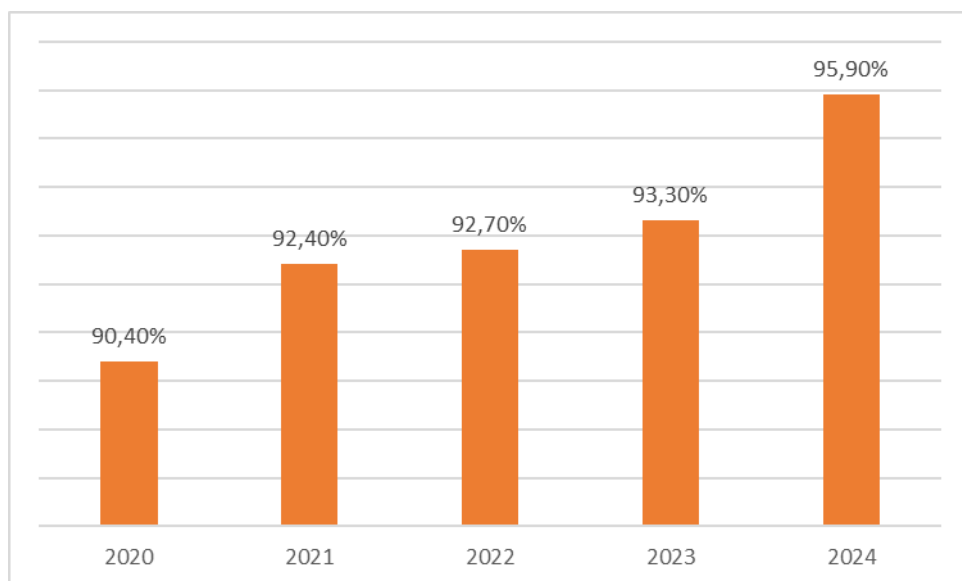
2.1. Wprowadzenie

Cyfryzacja, Przemysł 4.0, gospodarka cyfrowa to nowa era dla społeczeństwa, gospodarki, przemysłu i administracji publicznej, jak też funkcjonowania współczesnych miast (Włodyka, 2022, s. 356; Wodecki, 2023, s. 51). Popyt na dostępne usługi w obszarze sieci Internetu, co wpływa na codzienne zastosowanie przez użytkowników, jak również funkcjonowanie w zakresie zawodowym z realizowanych zadań powierzonych przez pracodawców (Wrzalik, 2022, s. 85; Sidor-Rządkowska, 2023, s. 577). Podmioty przyszłości, aby utrzymać się na rynku, w dużej mierze powinny bazować na nowoczesnych technologiach ICT i systemach sztucznej inteligencji, a także na strukturach sprzyjających ich kooperacyjności oraz zachowaniu ciągłości działania podmiotów (Grzeszczyk, 2024, s. 38; Zawila-Niedźwiecki, 2023, s. 335). Obserwuje się te właśnie trendy technologiczne w odniesieniu do pragmatyki zarządzania miastem (Bitkowska, 2023, s. 11). Dotyczy to w szczególności zaspokojenia potrzeb w zakresie szeroko pojętego społeczeństwa informacyjnego w czterech głównych płaszczyznach (Bondaruk, 2013, s. 5):

- techniczno–przestrzennym,
- ekonomicznym,
- zawodowym,
- kulturowym.

Zarówno Internet stacjonarny, jak i mobilny, odgrywają kluczową rolę w umożliwianiu nam komunikacji, dostępu do informacji, pracy zdalnej, rozrywki i wielu innych dziedzinach. W Polsce oba rodzaje Internetu, stacjonarny i mobilny, rozwijają się dynamicznie, zapewniając coraz większą dostępność i wygodę dla użytkowników (IAB Polska, 2022, s. 9; Bawa, i in., 2021, s. 607). Dynamizm zmian prezentuje wykres 4.

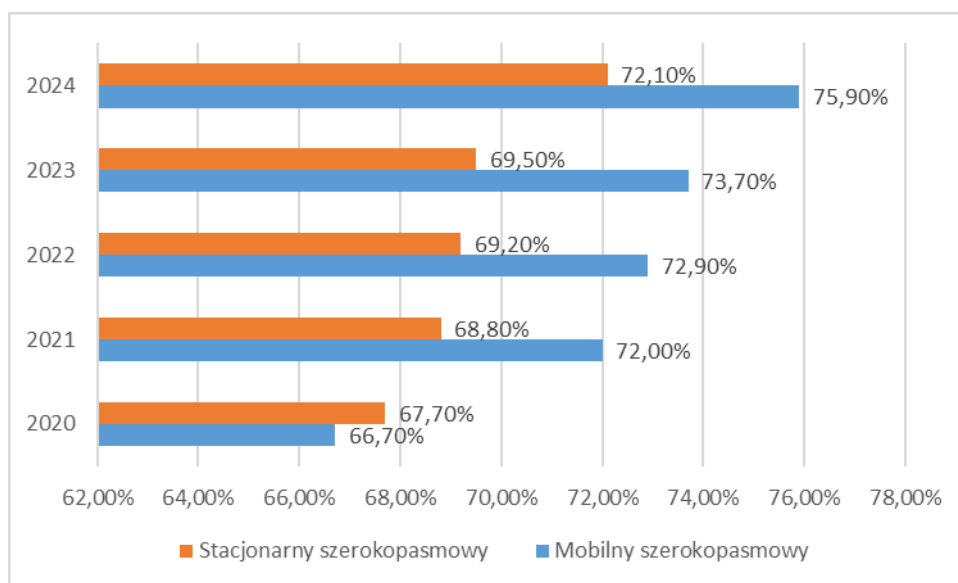
Wykres 4. Dostępność do Internetu w latach 2020 - 2024 na terenie Polski



Źródło: opracowanie na podstawie (GUS, 2024)

Dostępność Internetu stacjonarnego w Polsce stale się zwiększa wykres 5. Duże miasta oraz większe miejscowości są zazwyczaj dobrze skomunikowane siecią światłowodową, co umożliwia szybkie i stabilne połączenia internetowe. W ostatnich latach nastąpił również wzrost dostępności szerokopasmowego Internetu DSL i kablowego, co przyczyniło się do zwiększenia liczby gospodarstw domowych korzystających z Internetu o wysokiej prędkości. Pomimo tego, w niektórych mniejszych miejscowościach i na obszarach wiejskich nadal występują pewne problemy z dostępem do szybkiego Internetu stacjonarnego.

Wykres 5. Dynamika wzrostu użytkowników Internetu w latach 2020-2024 na terenie Polski



Źródło: opracowanie na podstawie (GUS, 2024)

Jednakże inwestycje w infrastrukturę telekomunikacyjną nadal trwają, co daje nadzieję na poprawę dostępności dla wszystkich mieszkańców Polski. Internet mobilny w Polsce również cieszy się rosnącą dostępnością. Operatorzy telekomunikacyjni będący na polskim rynku: Orange, T-mobile, Play oraz Plus oferują szeroką gamę pakietów danych mobilnych, co umożliwia korzystanie z Internetu na smartfonach, tabletach i innych urządzeniach mobilnych. Sieci 4G i 4G+ są szeroko dostępne w większości obszarów kraju, zapewniając szybkie i stabilne połączenia, a sieć 5G jest stopniowo wprowadzana do większych miast, oferując jeszcze większe prędkości i możliwości (Telecompaper, 2022; Telepolis, 2024; Mobirank.pl, 2024). Sieć 5G oznacza piątą generację sieci komórkowej, charakteryzującą się znacznie większą szybkością w porównaniu z obecnymi sieciami. Umożliwi ona podłączenie do Internetu milionów dodatkowych urządzeń, co przyczyni się do usprawnienia i rozwoju wielu obszarów życia (*5G: sieci telekomunikacyjne nowej generacji*, 2024). Dostępność Internetu mobilnego może się różnić w zależności od lokalizacji geograficznej. W niektórych bardziej odległych obszarach wiejskich, gdzie infrastruktura telekomunikacyjna jest mniej rozwinięta, z przyczyn technicznych może być trudniej uzyskać dostęp do stabilnego sygnału. Operatorzy telekomunikacyjni podejmują jednak działania mające na celu poprawę zasięgu sieci mobilnych również w tych obszarach (Wyrzykowski, 2023).

2.2. Rozwój technologii Internetu Rzeczy z perspektywy zarządzania inteligentnym miastem

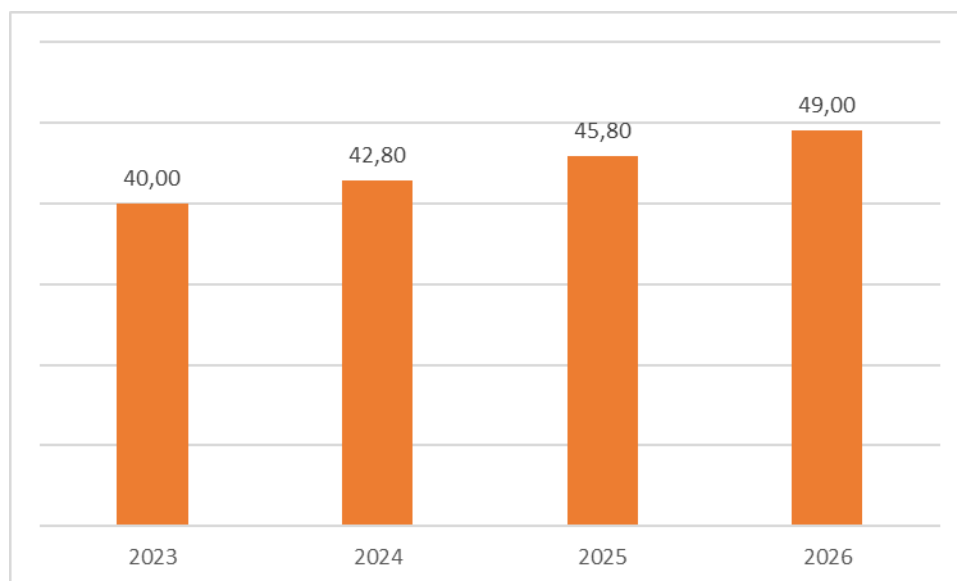
Coraz bardziej popularnym rozwiązaniem stał się Internet Rzeczy (IoT) (Kiełtyka, 2019, s. 39), który znajduje zastosowanie w odniesieniu do inteligentnego miasta. Internet Rzeczy zakłada stworzenie, m.in.: inteligentnego domu, w którym wszystkie elementy są połączone z Internetem. W większości przypadków IoT komunikuje się standardem bezprzewodowym, dzięki temu powstaje zintegrowana sieć urządzeń, które są zdolne do komunikacji między sobą (Burg i in., 2018, s. 39). Takie rozwiązanie umożliwia automatyczne sterowanie i monitorowanie różnych elementów: koszy na śmieci, tosterów, pralek czy oświetlenia, co przyczyni się do zwiększenia efektywności i wygody użytkowania. Internet Rzeczy to sieć obiektów fizycznych lub „rzeczy” wyposażonych w elektronikę, oprogramowanie, czujniki i łączność, aby umożliwić obiektom gromadzenie i wymianę danych. Internet Rzeczy umożliwia zdalne wykrywanie i sterowanie przedmiotami za pośrednictwem istniejącej infrastruktury sieciowej, tworząc możliwości bardziej bezpośredniej integracji między światem fizycznym a systemami komputerowymi, a w rezultacie zwiększając wydajność, dokładność i korzyści ekonomiczne. Każda rzecz jest jednoznacznie identyfikowalna dzięki

wbudowanemu adresowi, ale jest w stanie współdziałać w ramach istniejącej infrastruktury internetowej. Eksperci podali, że w roku 2024 liczba podłączonych urządzeń do IoT będzie wynosiła prawie 207 miliardów obiektów, natomiast perspektywa do roku 2030 prognozuje wzrost do 50 miliardów urządzeń (Benitez, 2023; Projekt MDL, 2024). Obecnie firmy kreujące IoT, przedstawiają dwa spojrzenia na potencjał tych wizji i pomysłów, niektóre są możliwe do zrealizowania już teraz (Malucha, 2018, s. 53-54).

Zdaniem A. Gazisa (2021, s. 2): „IoT jest jedną z technologii wspomagających „Przemysł 4.0”. Jej celem jest połączenie ludzi z maszynami i inteligentnymi technologiami. Internet Rzeczy (IoT) odnosi się do rozległej, połączonej sieci urządzeń komputerowych (np. czujników), które wymieniają ogromne ilości danych z dużą prędkością”. Natomiast, zdaniem R. Ait Mouha, IoT „to wschodzący temat o znaczeniu technicznym, społecznym i gospodarczym. Produkty konsumenckie, dobra trwałe, samochody i ciężarówki, elementy i urządzenia przemysłowe, czujniki i inne przedmioty codziennego użytku są połączone z łącznością internetową i potężnymi możliwościami analizy danych, które obiecują zmienić sposób, w jaki żyjemy i pracujemy” (2021, s. 78). Nie ulega bowiem wątpliwości, iż z tej technologii korzystają nie tylko podmioty prywatne, ale również publiczne. Tym wszystkim trzeba nauczyć się zarządzać nie tylko dlatego, aby opanować chaos, ale aby odnieść sukces. Wprowadzanie usług opartych na fundamencie Internetu Rzeczy przekłada się to na zaspokajanie potrzeb ludzi, przedsiębiorców. Wskazane powyżej obszary wpływają na poprawę rozwoju cyfrowego Polski w postaci jakości i sprawności dostępnej infrastruktury internetowej, co zwiększa dostęp do usług oferowanych przez podmioty prywatne i publiczne (Bondaruk, 2013, s. 5). Jest to możliwe dzięki poszerzającej się świadomości społeczeństwa, które z każdym rokiem dąży do większego dostępu do zasobów Internetu wykres nr 6 (Malucha, 2018, s. 55-56).

Internet Rzeczy obejmuje sieć obiektów fizycznych, wyposażonych w czujniki, oprogramowanie oraz pozostałe technologie, które umożliwiają nawiązanie połączenia wraz transferem danych z wykorzystaniem Internetu (ORACLE, 2024).

Wykres 6. Dynamika wzrostu urządzeń IoT na świecie w latach 2023-2026*



*prognoza w latach 2025-2026

Źródło: opracowanie własne na podstawie Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy, (2024).

Rzeczy w IoT mogą odnosić się do szerokiej gamy urządzeń, m.in.: implanty monitorujące serce, biochip, transpondery na zwierzętach gospodarskich, małże elektryczne w wodach przybrzeżnych, samochody z wbudowanymi czujnikami w urządzeniach operacyjnych w terenie, które pomagają strażakom w poszukiwaniu i ratownictwie. Urządzenia te zbierają przydatne dane za pomocą technologii wspierających te działania, a następnie dane przepływają autonomicznie między różnymi urządzeniami.

Przykłady rynkowe obejmują inteligentne systemy termostatów i pralek/suszarek, które wykorzystują Wi-Fi do zdalnego monitorowania, zastosowania dla automatyki podłączonej do Internetu. IoT generuje duże ilości danych z różnych miejsc, które są agregowane bardzo szybko, co zwiększa potrzebę lepszego indeksowania, przechowywania i przetwarzania takich danych. Internet Rzeczy potrzebuje wielu połączeń sieciowych. Chociaż sieci komórkowe i Wi-Fi będą prawdopodobnie kluczowymi technologiami dla IoT, ostatecznie konieczne będzie sięgnięcie po inne rozwiązania techniczne i pasma częstotliwości, aby zapewnić IoT możliwość rozwoju (Wielki, 2016, s. 201).

Wyniki badań przeprowadzonych przez K. Chandrakanth i innych pokazały, iż dostrzeżono postęp związany z wdrażaniem powiązanych rozwiązań z IoT (2014). Koncentrując się na głównych obszarach, takich jak bezpieczeństwo, struktura sieci i komunikacja, wciąż jest bardzo wiele przestrzeni na zmiany. Badania te zostały przeprowadzone w 2014 roku i na ich

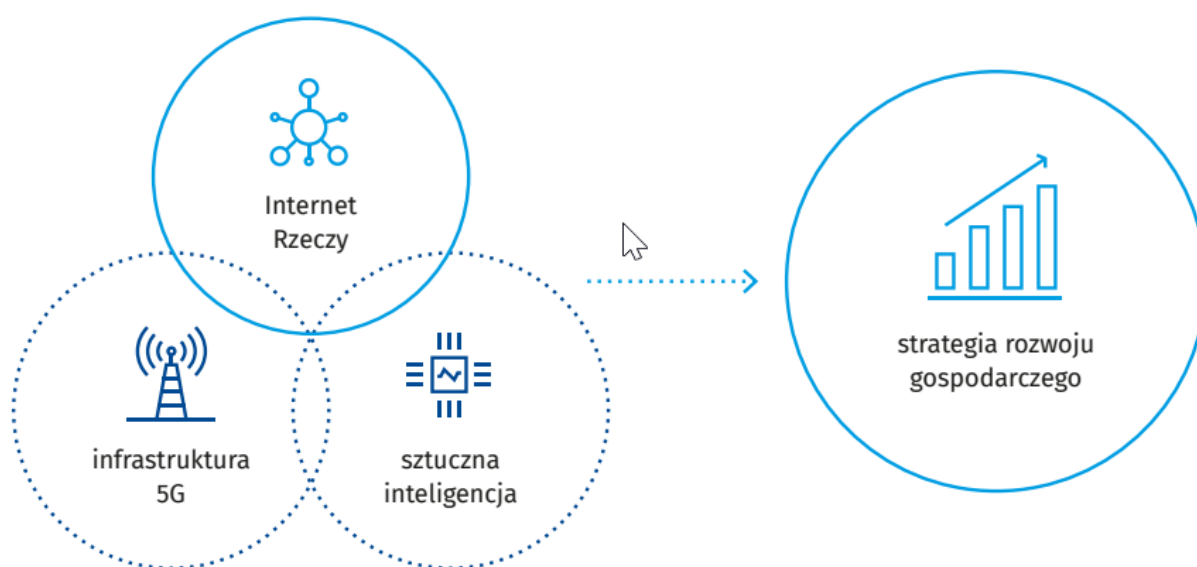
podstawie można stwierdzić, iż wiele pomysłów „docierało” się przez ich wdrożenie. To, co dawniej było dostępne dla nielicznych, dziś jest standardem. Znormalizowane protokoły sieciowe bardzo pomagają w rozwiązaniu wielu problemów związanych z obiektami inteligentnej sieci rzeczy. W IoT nastąpił duży rozwój w fazie trwałych aplikacji. IoT odgrywa zatem bardzo ważną rolę na płaszczyźnie nowoczesnych technologii wschodzących (Chandrakanth, i in., 2014, s. 18-20). Badanie przeprowadzone w roku 2020 przez firmę Gartner liczba urządzeń korzystających z IoT przekroczy 20 miliardów, natomiast prognoza na kolejną dekadę – rok 2030, zrealizowana przez analityków firmy IHS Market wyniesie ok. 125 mld, co pokazuje że IoT stało się jedną z technologii wiodących w zarządzaniu inteligentnym miastem (SKNP, 2021).

Podstawową funkcją Internetu Rzeczy jest umożliwienie urządzeniom komunikacji oraz wymiany danych. Poniżej opisane sposoby ich zastosowania:

- **Połączenie urządzeń:** Głównym założeniem IoT jest możliwość połączenia różnych urządzeń za pomocą sieci, tak aby mogły komunikować się ze sobą. Mogą to być urządzenia elektroniczne, jak smartfony, komputery, telewizory, ale również przedmioty codziennego użytku, takie jak lodówki, żarówki, termostaty, zegarki czy samochody.
- **Sensory i czujniki:** IoT wykorzystuje sensory i czujniki, które zbierają dane z otoczenia i przekazują je do innych urządzeń lub do chmury. Dzięki temu urządzenia mogą monitorować swoje otoczenie, rejestrować różne parametry (np. temperaturę, wilgotność, ruch) i podejmować odpowiednie działania w oparciu o te informacje.
- **Komunikacja i wymiana danych:** IoT umożliwia urządzeniom komunikację i wymianę danych między sobą oraz z użytkownikami. Urządzenia mogą przysyłać informacje o swoim stanie, wykonywanych czynnościach, a także otrzymywać polecenia i instrukcje od innych urządzeń lub użytkowników.
- **Dane i chmura obliczeniowa:** W wielu przypadkach dane generowane przez urządzenia IoT są przesyłane i przechowywane w chmurze obliczeniowej. Chmura dostarcza miejsca do przetwarzania i przechowywania danych oraz umożliwia analizę zebranych informacji w celu wyciągania wniosków i podejmowania decyzji.
- **Automatyzacja i sterowanie:** IoT pozwala na automatyzację różnych procesów i sterowanie urządzeniami na podstawie zebranych danych. Na przykład, inteligentny dom może automatycznie dostosowywać temperaturę i oświetlenie w pomieszczeniach w zależności od obecności osób i warunków atmosferycznych.

- **Bezpieczeństwo i prywatność:** Ze względu na rosnącą liczbę połączonych urządzeń, bezpieczeństwo i ochrona prywatności są ważnymi aspektami IoT. Urządzenia IoT powinny być chronione przed nieautoryzowanym dostępem, a dane przesyłane między nimi powinny być szyfrowane i bezpieczne (Hurwitz, i in., 2015; Kranz, 2016; Schwab, 2017; Zubovich, 2022).

IoT ma szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak inteligentne miasta, różne sektory gospodarki, m.in. sektor zdrowia, rolnictwa, a dzięki IoT możliwe jest tworzenie inteligentnych systemów, które usprawniają nasze codzienne życie i otwierają nowe możliwości (Hurwitz, i in., 2015; Kranz, 2016; Schwab, 2017; Zubovich, 2022).



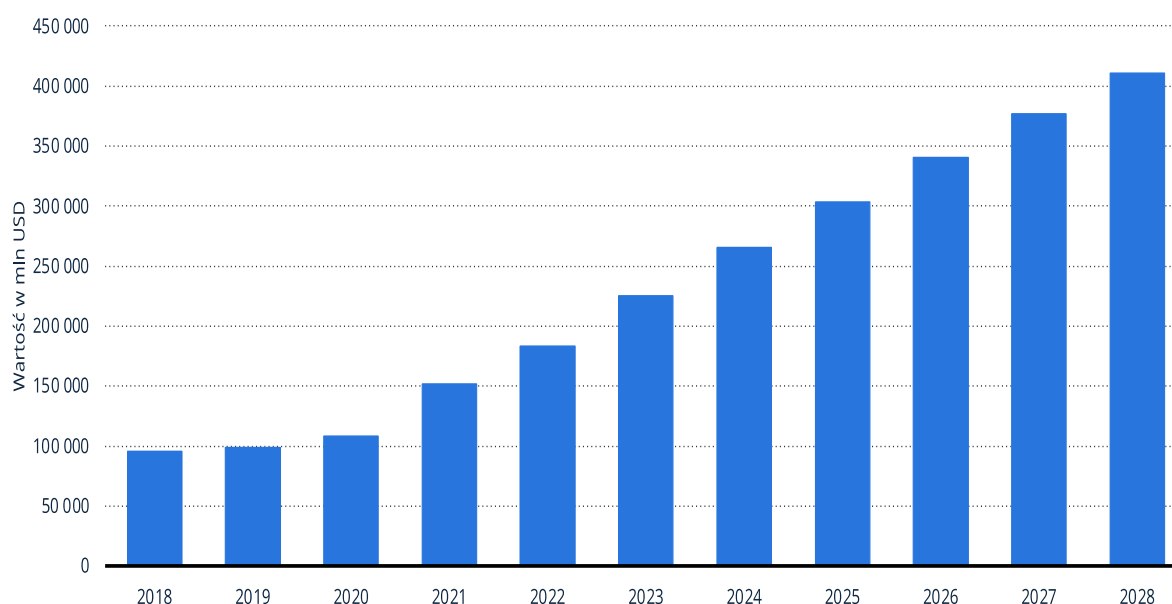
Rysunek 17. Koncepcja rozwoju IoT w Polsce
Źródło: Grupa Robocza ds. Internetu Rzeczy (2021, s. 3)

Strukturę budowy Internetu Rzeczy (rys. 17) wraz z towarzyszącymi jej technologiami jakimi jest infrastruktura 5G oraz sztuczna inteligencja, która wpłynie na strategię rozwoju miast. Pierwsze zastosowanie Internetu Rzeczy odnotowano na początku lat 80. XX wieku. Był to automat podłączony do Internetu sprzedający napoje gazowane, który umożliwiał klientom zdalne sprawdzenie statusu dostępności napojów gazowanych za pomocą interfejsu. Opracowany około 1982 roku przez grupę studentów z Carnegie Mellon University automat stał się znany jako jedno z pierwszych urządzeń internetowych i był inspiracją dla wielu zmodyfikowanych wersji pozwalających ludziom na zdalne ustawianie się w kolejce po zakupy w automacie przez Internet (Wielki, 2016, s. 201-202).

Aktualnie IoT znajduje wiele zastosowań. Przykładem są zdalne kamery do śledzenia zwierząt i zapobiegania kłusownictwu w Kenii. Wykorzystuje się tam sieć kamer i Raspberry Pi. Kamery ustawione w kluczowych miejscach kenijskiej dziczy, gdzie robią 30 zdjęć dziennie, przekazują te informacje przez satelity do Anglii. Projekt jest wynikiem współpracy pomiędzy Zoological Society London (ZSL), które prowadzi London Zoo, a Kenya Wildlife Service i wykorzystuje zestaw opracowany przez Cambridge Consultants (Abdul-Qawy i in., 2015, s. 72-73).

Wzrost wartości segmentu rynku Internetu Rzeczy (IoT) w latach 2018-2028 w Europie można przypisać kilku kluczowym czynnikom (wykres 7). Przede wszystkim, postęp technologiczny i rozwój łączności bezprzewodowej, takie jak 5G, znacząco zwiększyły zdolność do integracji urządzeń IoT, umożliwiając szybszą i bardziej niezawodną komunikację między nimi. Rosnąca liczba aplikacji IoT w różnych sektorach, od przemysłu po rolnictwo, zdrowie, transport i inteligentne miasta, stymuluje popyt na zaawansowane rozwiązania IoT. Organizacje inwestują w IoT, aby optymalizować swoje procesy, zmniejszać koszty operacyjne i poprawiać efektywność, co prowadzi do większego zwrotu z inwestycji. Dodatkowo, wzrastająca świadomość korzyści płynących z analizy danych w czasie rzeczywistym oraz potrzeba poprawy bezpieczeństwa i zarządzania zasobami przyczyniają się do dalszego rozwoju rynku IoT. Wreszcie, regulacje rządowe i inicjatywy wspierające rozwój technologii cyfrowych również mają pozytywny wpływ na ekspansję tego segmentu rynku. W rezultacie, europejski rynek IoT odnotowuje znaczący wzrost wartości w okresie 2018-2028.

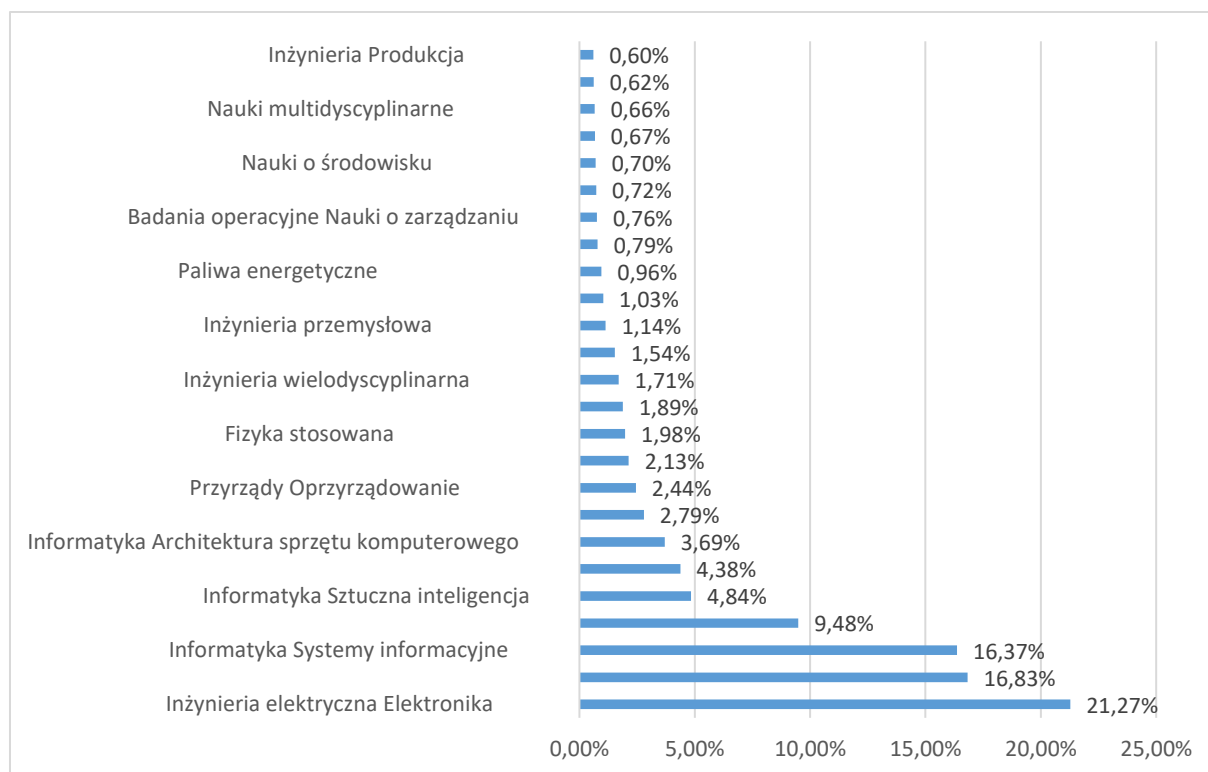
Wykres 7. Wartość segmentu rynku IoT w Europie w latach 2018-2028



Źródło: (Statista, 2023)

Baza cytowań Web of Science pokazuje w czytelny sposób rozłożenie udziału terminu IoT w obszarze zainteresowań nauki (wykres 8).

Wykres 8. Cytowania frazy "IoT" w roku 2024



Źródło: opracowanie na podstawie (Web of Science 2024.)

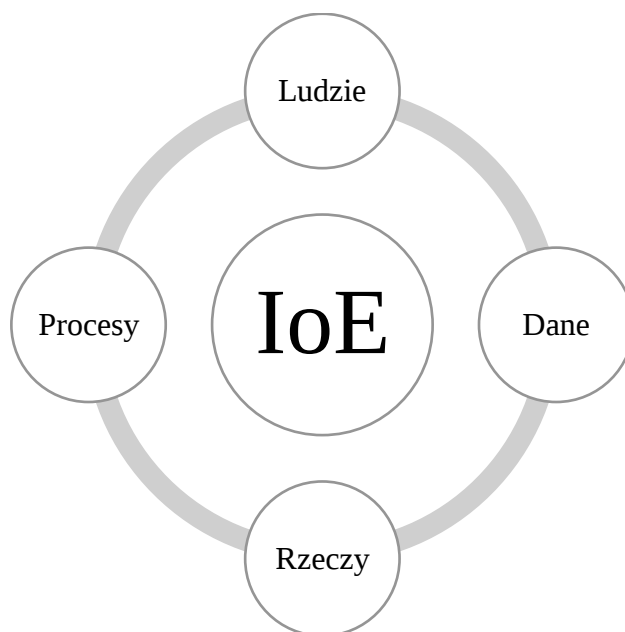
Obszary takie jak: logistyka, produkcja Technologia Internetu Rzeczy (IoT), w Polsce stają się coraz bardziej popularne wśród użytkowników indywidualnych oraz biznesowych. Jest jednym z istotnych technologii (Chluski, 2022, s. 129; Suci, i in., 2015, s. 140) co staje się produktem globalnym w sferze technologicznej oraz produktem kulturowym (Bardzell i in., 2019, s. 4). Technologia IoT pozwala również na planowanie rzeczywiste w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu w sferze mieszkańca miasta (Zhang i in., 2018, s. 563). Będzie to podstawą wielu usług z perspektywie funkcjonowania inteligentnego miasta i niezawodnego działania (Raza, i in., 2014, s. 2654).

Internet Wszechrzeczy (*IoE - Internet of Everything*) to zaawansowana platforma, która zapewnia wspólną sieć między ludźmi, procesami, danymi i rzeczami. Narzędzie to przekształca informacje w działania, co z kolei przekłada się na wysokie przychody wielu międzynarodowych przedsiębiorstw (Batalla i in., 2017, s. 3). Rosnąca rola Internetu Rzeczy w każdym aspekcie naszego życia ma logiczny sens w odniesieniu do przyjęcia IoE dla wydajnego procesu interakcji pomiędzy użytkownikami (CISCO, 2013). Termin IoE można zdefiniować jako połączenie czterech elementów (ludzie, rzeczy, dane i procesy) i środowiska co zaprezentowano na rysunku 18. (Mohaparta i Rath, 2022, s. 410). IoE rozszerza koncepcję Internetu Rzeczy, gdyż obejmuje połączone urządzenia, takie jak inteligentne urządzenia domowe, samochody, urządzenia medyczne i wiele innych. Jednak IoE bardziej zaawansowany, gdyż integruje te urządzenia z danymi, procesami biznesowymi i interakcjami człowieka w celu stworzenia bardziej kompleksowej oraz zintegrowanej sieci. IoE umożliwia różnym urządzeniom komunikację i współpracę w czasie rzeczywistym, tworząc inteligentne ekosystemy, które mogą przyczynić się do poprawy wydajności, jakości życia i innych obszarów. Na przykład, inteligentne miasta mogą wykorzystywać IoE, aby monitorować i zarządzać infrastrukturą miejską, taką jak oświetlenie uliczne, parkingi i systemy transportowe, w czasie rzeczywistym (Innacci, 2018, s. 189-191).

Internet Wszechrzeczy o rozszerzenie koncepcji Internetu Rzeczy (IoT), obejmujące nie tylko połączone urządzenia, ale również ludzi, procesy i dane. W kontekście zarządzania IoE odgrywa kluczową rolę w optymalizacji operacji, automatyzacji procesów decyzyjnych oraz poprawie efektywności funkcjonowania różnych sektorów, takich jak transport, logistyka, energetyka czy administracja miejska (Lakhan, i in, 2024, s.3; Hamrioui, i in., 2025, s. 4-7). Zarządzanie w obszarze IoE koncentruje się na kilku kluczowych aspektach:

- **Integracja systemów i infrastruktury** – IoE wymaga harmonijnego połączenia różnych technologii i platform, co stawia wyzwanie w zakresie interoperacyjności systemów. Skuteczne zarządzanie wymaga wdrożenia otwartych standardów komunikacji, które umożliwią sprawne przesyłanie i analizowanie danych w czasie rzeczywistym.
- **Zarządzanie danymi i ich analiza** – IoE generuje ogromne ilości danych, które muszą być skutecznie przetwarzane i wykorzystywane do podejmowania decyzji. Systemy analityczne oparte na sztucznej inteligencji (AI) i Big Data pozwalają na predykcję trendów, optymalizację zasobów oraz automatyzację procesów w różnych sektorach gospodarki.
- **Bezpieczeństwo i ochrona prywatności** – W miarę jak IoE staje się coraz bardziej powszechne, wzrasta ryzyko cyberataków oraz naruszeń prywatności. W efekcie zarządzanie w tym obszarze musi uwzględniać zaawansowane protokoły bezpieczeństwa, szyfrowanie danych oraz strategie zapewniające ochronę informacji osobowych użytkowników.
- **Automatyzacja procesów decyzyjnych** – Dzięki IoE wiele procesów może być zarządzanych autonomicznie poprzez algorytmy sztucznej inteligencji oraz uczenie maszynowe. Automatyczne systemy sterowania w przemyśle, inteligentnych miastach czy systemach transportowych pozwalają na szybsze i bardziej precyzyjne reagowanie na dynamiczne zmiany otoczenia.
- **Efektywność operacyjna i zarządzanie zasobami** – IoE pozwala na bardziej efektywne zarządzanie infrastrukturą miejską, zużyciem energii, optymalizację transportu czy inteligentne zarządzanie budynkami. Systemy oparte na IoE mogą na bieżąco monitorować stan techniczny urządzeń, przewidywać awarie i minimalizować przestoje.
- **Zarządzanie inteligentnymi miastami i usługami publicznymi** – IoE umożliwia lepsze planowanie i zarządzanie miastami poprzez inteligentne systemy oświetlenia, optymalizację ruchu drogowego, zarządzanie odpadami czy monitoring jakości powietrza. Dzięki temu możliwe jest zwiększenie komfortu życia mieszkańców i poprawa zrównoważonego rozwoju miast (Alsamhi, i in., 2024, s.25-31; Jamil, i in., 2025, s. 14-16).

Podsumowując, Internet Wszechrzeczy rewolucjonizuje podejście do zarządzania w różnych sektorach, także w kontekście zarządzania transportem w inteligentnym mieście zapewniając lepszą kontrolę nad zasobami, zwiększoną automatyzację oraz skuteczne i sprawne podejmowanie decyzji. Jego skuteczne wdrażanie wymaga jednak odpowiednich strategii, zabezpieczeń oraz inwestycji w rozwój infrastruktury i kompetencji zarządczych.



Rysunek 18. Główne komponenty IoE
Źródło: (Mohaparta i Rath, 2022, s.410)

Powstało wiele modeli środowiska IoT, wyróżniamy dwie grupy: fizyczne i cyfrowe. Grupa fizyczna środowiska IoT odnosi się do aspektów opisujących sprzętowe obiekty IoT (np. urządzenia, czujniki i akulatory) oraz ich wzajemne połączenia. Natomiast grupa cyfrowa ukierunkowana jest na oprogramowanie, które wspomaga urządzenia fizyczne lub je symuluje (np.: bliźniak cyfrowe). Odnosi się do aspektów opisujących działające usługi w środowisku IoT, gdzie aplikacje IoT odnoszą się do modeli, które wykorzystują usługi dostarczane przez cyfrowego bliźniaka do osiągnięcia założonych celów np.: rozpoznawanie sytuacji lub pulpitów nawigacyjnych (Boschert, i in., 2016, s. 63-65).

Model środowiska można określić jako zbiór urządzeń, czujników i aktuatorów środowiska IoT oraz połączeń między nimi. W celu zdefiniowania, jakie urządzenia, czujniki, akulatory, protokoły komunikacyjne czy formaty danych znajdują się w środowisku IoT, opracowano dużą liczbę modeli, których celem jest standaryzacja opisu takich złożonych środowisk. Jednak modele te różnią się znacznie pod względem poziomu abstrakcji, ostrości i ogólności. Niektóre modele skupiają się na sieci, inne na fizycznych cechach urządzeń, funkcjonują również

modele, które opisują charakterystykę samego środowiska (np. fabryki) (Franco da Silva, Hirmer, Mitschang, 2019).

W środowisku IoT ontologie są ważnym pojęciem w zakresie konstruowania modeli. Ontologie dają możliwość opisu semantyki pomiędzy bytami, co prowadzi do powstania dużych, semantycznych grafów. Każdy byt posiada zazwyczaj relacje typu podmiot (S), predykat (P) i obiekt (O). Przykładowo, urządzenie IoT Raspberry Pi (podmiot) podmiot znajduje się (predykat) w pokoju B (obiekt). Co więcej, podmiot Raspberry Pi (S) może być podłączony (P) do płytki Arduino (O). Znanym językiem do tworzenia ontologii jest Web Ontology Language 2 (OWL 2) (Guarino, i in., 2009, s. 4-7).

Szczególnie w przypadku IoT stosowanie modeli, jest ~~dziś~~ koniecznością, ponieważ urządzenie jest silnie powiązane z innymi urządzeniami i otoczeniem. Na przykład, urządzenie może znajdować się w pomieszczeniu w budynku, jest podłączone do czujników i siłowników oraz ma połączenia z innymi urządzeniami. Wykorzystanie już istniejącego grafowego modelu ontologii pozwala na opisanie takich zależności w prosty sposób. Autorzy Guarino i Oberle podkreślają że wiele z opracowanych modeli opiera się na modelach ontologicznych do opisu środowisk IoT (Guarino, i in., 2009, s. 9-10).

Ontologia IoT-Lite została opracowana w ramach projektów finansowanych ze środków europejskich FIWARE (<https://www.fiware.org>) i FIESTA-IoT (<http://fiesta-iot.eu>) do reprezentowania zasobów, podmiotów i usług na platformach IoT. Urządzenia IoT są skategoryzowane jako urządzenia wyczuwające, urządzenia uruchamiające i urządzenia znacznikowe, np. znacznik identyfikacji radiowej (RFID). Ponadto IoT-Lite definiuje: (i) obiekty, podmiot IoT, (ii) system lub zasób, abstrakcję dla infrastruktury czujników oraz (iii) usługi świadczone przez urządzenia IoT. Obecnie IoT-Lite jest w trakcie składania jako standard w organizacji World Wide Web Consortium (W3C), gdzie przedstawiono kilka przykładów implementacji ontologii. (Bermudez-Edo i in., 2017, s. 480-485).

Technologia IoT-Stream jest danych IoT generowanych w środowiskach IoT. Model ten odpowiada rozszerzeniu ontologii SSN i rdzenia SOSA - *Sensor, Observation, Sample, and Aktuator* (Janowicz i in., 2019, s. 3-5). Ich model informacyjny skupia się na modelowaniu obserwacji strumienia i jego analizie oraz wykrywanych na jego podstawie zdarzeń, które ujmowane są w czterech klasach: IotStream, Stream Observation, Analytics process oraz Event. IoT-Stream zawiera moduły do adnotacji, konsumpcji i odpytywania danych. Ponadto

dołączone są narzędzia, które ułatwiają wykorzystanie semantyki w IoT. IoT-Stream koncentruje się na warstwie logicznej aplikacji IoT.

IoT Architectural Reference Model (IoT ARM) został opracowany w ramach europejskiego projektu Lighthouse IoT-A (<https://cordis.europa.eu/project/id/257521>) i składa się z kilku pod modeli, które dotyczą widoków architektury dla IoT. Podstawowym modelem jest IoT Domain Model, który opisuje główne pojęcia IoT (np. urządzenia, usługi, byty wirtualne) oraz relacje pomiędzy tymi pojęciami. Model wspiera użytkowników w ich interakcji z fizycznymi jednostkami w świecie fizycznym. Istota fizyczna jest reprezentowana w świecie cyfrowym przez wirtualny odpowiednik zwany istotą wirtualną. Interakcje z bytem fizycznym realizowane są poprzez urządzenia, które dostarczają interfejsów, na przykład w celu uzyskania informacji o czujnikach lub sterowania elementami wykonawczymi. Podsumowując, IoT ARM skupia się na warstwie fizycznej i cyfrowym bliźniaku.

Specyfikacja Open Connectivity Foundation (OCF) IoT Management and Control umożliwia standaryzowane opisy urządzeń i usług do zarządzania i kontroli środowisk IoT z wykorzystaniem technologii Universal Plug and Play (UPnP) (Open Connectivity Foundation. IoT Management and Control. 2013). Jednym z jej głównych celów jest opisywanie czujników i urządzeń wykonawczych zarówno sieci UPnP, jak i poza nią; uwzględnia więc charakterystykę sieci, a także cechy fizyczne. Zapewnia również sposób definiowania urządzeń ogólnego przeznaczenia, które są połączone z czujnikami. Referencyjna implementacja specyfikacji OCF została opracowana w projekcie IoTivity (Open Connectivity Foundation. IoTivity. 2017). OCF IoT Management and Control jest ogólne i nie koncentruje się na konkretnej domenie IoT; dlatego może być stosowany do różnych przypadków użycia i aplikacji.

IoT-O to ontologia zaproponowana przez Alaya i in. (2015, s. 38-40), która rozszerza standard oneM2M w celu wsparcia semantycznej interoperacyjności danych. IoT-O obsługuje koncepcje sensing, actuating i service urządzeń M2M. Aby objąć wszystkie istotne koncepcje IoT, składa się z zestawu wyżej omówionych ontologii, które zostały wybrane do przedstawienia pięciu głównych koncepcji: modeli czujników, obserwacji, aktuatorów, uruchamiania i usług. W konsekwencji IoT-O jest bardzo wszechstronną ontologią łączącą różne istniejące podejścia; nie jest jednak obecnie standardem i nie udało się znaleźć żadnej referencyjnej implementacji. Podsumowując, IoT-O jest uniwersalny, ponieważ umożliwia szeroki zakres scenariuszy przypadków użycia w różnych domenach IoT.

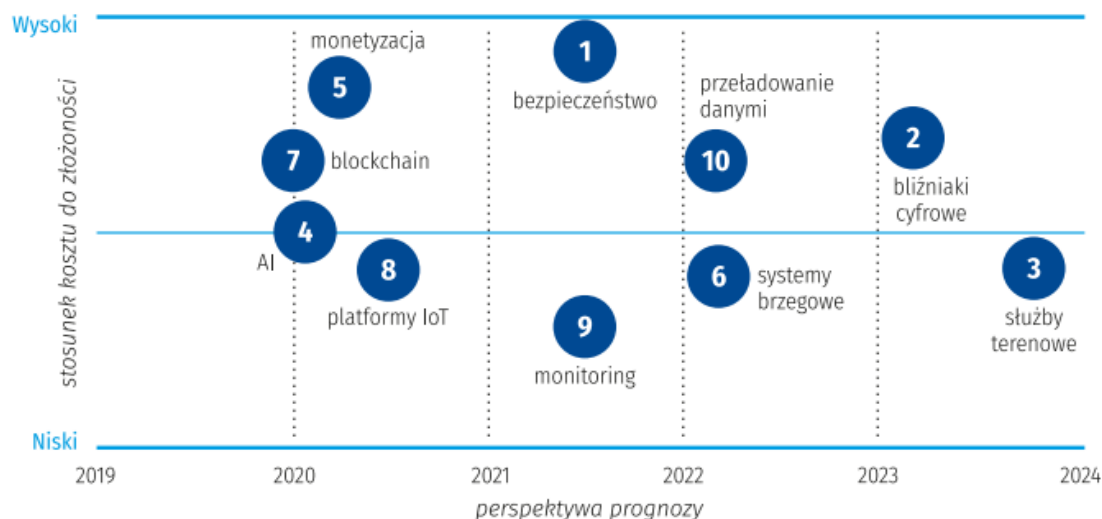
Wymienione poniżej technologie IoT mają ogromny wpływ na rozwój i wykorzystanie Internetu Rzeczy. Narrowband IoT (NB-IoT) umożliwia komunikację pomiędzy urządzeniami IoT na dużych odległościach, co jest szczególnie przydatne w przypadku rozbudowanych systemów monitoringu i zbierania danych. Edge Computing pozwala na przetwarzanie danych bezpośrednio na urządzeniach końcowych, co pozwala na szybsze i bardziej efektywne wykorzystanie danych. Blockchain w IoT pozwala na bezpieczną i niezamienialną wymianę danych pomiędzy urządzeniami, co jest szczególnie ważne w przypadku transakcji finansowych i wymiany danych wrażliwych. Kognitywne IoT i 5G w IoT umożliwiają wykorzystanie sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego w analizie danych z urządzeń IoT w czasie rzeczywistym, co pozwala na uzyskanie bardziej szczegółowych i dokładnych informacji na temat ich funkcjonowania. Nowoczesne technologie wykorzystywane w IoT to m.in.:

- **Narrowband IoT (NB-IoT)** - technologia sieciowa, która umożliwia przesyłanie danych w trybie niskiego poboru energii (LPWA) na duże odległości (GSMA, 2019).
- **Edge Computing** - technologia przetwarzania danych na urządzeniach końcowych, co pozwala na szybsze i bardziej efektywne wykorzystanie danych z IoT (sdxcentral, 2023).
- **Blockchain w IoT** - technologia umożliwiająca bezpieczną i niezmienną wymianę danych pomiędzy urządzeniami w sieci IoT (IBM, 2023).
- **Kognitywne IoT** - technologia, która wykorzystuje sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe do analizy dużych ilości danych z urządzeń IoT w celu uzyskania wglądu w ich działanie i podejmowania decyzji na ich podstawie (IBM, 2023).
- **5G w IoT** - technologia sieciowa umożliwiająca przesyłanie dużych ilości danych z urządzeń IoT w czasie rzeczywistym, co pozwala na bardziej efektywną komunikację i wykorzystanie danych z IoT (GSMA, 2022).

IoT jest dedykowany do zapewnienia pojawiających się publicznych i finansowych korzyści i rozwoju dla społeczeństwa. Obejmuje to różne sfery życia publicznego, takie jak rozwój gospodarczy, utrzymanie jakości wody, dobrobyt, industrializacja itp. Ogólnie rzecz biorąc, IoT „ciężko pracuje”, aby osiągnąć społeczne, zdrowotne i gospodarcze cele kroku postępu na arenie międzynarodowej. Zrównoważony rozwój środowiska jest kolejnym ważnym problemem. Twórcy IoT muszą pamiętać o wpływie systemów i urządzeń IoT na środowisko, aby przezwyciężyć negatywne oddziaływanie. Zużycie energii przez urządzenia IoT jest jednym z wyzwań związanych z wpływem na środowisko. Zużycie energii wzrasta w szybkim tempie ze względu na usługi dynamicznie włączane do sieci Internetu. Ten obszar wymaga

badan w celu opracowania wysokiej jakości materiałów w celu stworzenia nowych urządzeń IoT o niższym wskaźniku zużycia energii. Również zielone technologie mogą być przyjęte do tworzenia wydajnych urządzeń energooszczędnych do przyszłego użytku. Jest to nie tylko przyjazne dla środowiska, ale również korzystne dla zdrowia ludzkiego. Naukowcy i inżynierowie są zaangażowani w rozwój wysoce wydajnych urządzeń IoT do monitorowania kilku problemów zdrowotnych, takich jak cukrzyca, otyłość czy depresja (Münch i Makinen, 2013, s. 1-2).

Chmura obliczeniowa jest kolejną technologią wspierającą Internet Rzeczy. Jest ona odpowiedzialna za przechowywanie danych, kierowanie nimi i utrzymywanie bezpieczeństwa w blokach danych, które otrzymuje z każdą falą informacji pochodzących z urządzeń. Chmura przekazuje informacje do centrów analitycznych, a te są odpowiedzialne za dostarczanie bilansów lub wniosków odpowiadających danym pochodzącym z urządzeń do chmury, które następnie są obsługiwane przez użytkownika. Chmura jest również najbardziej komercyjnym elementem technologii, ponieważ przenosi ważne dane z różnych przedmiotów badań. Można to wyjaśnić na przykładzie: założmy, że wbudowany czujnik może określić, ile razy, z jaką prędkością i w jakich miejscach kierowca wciska hamulec podczas podróży. Gdyby administracja samorządowa stolicy miała dostęp do tych danych, mogłaby poznać miejsca, w których najczęściej dochodzi do niespodziewanych hamowań, a następnie podjąć środki zaradcze, takie jak ustawienie sygnalizacji świetlnej lub kładek dla pieszych. Jeśli jednak firma zajmująca się aplikacjami mobilnymi wejdzie w posiadanie tych danych, będzie mogła powiadomić użytkowników o miejscach, w których większość ludzi przekracza jezdnię bez uprzedzenia, a tym samym zapobiegać wypadkom w inteligentnych miastach (Münch i Makinen, 2013, s. 3). Perspektywa rozwoju IoT w latach 2019–2024, prezentuje rysunek 19, na którym określone stosunek kosztów do złożoności danego elementu IoT.



Rysunek 19. Perspektywy rozwoju obszarów IoT w latach 2019-2024
 Źródło: Grupa Robocza ds. Internetu Rzeczy (2021, s. 6)

Pojawienie się nowoczesnych technologii podnosi kosztu każdego, niemniej jednak jest to istotne z punktu widzenia współczesnych organizacji. Poza tym środowisko informatyczne typu Cloud Computing i On-Premise są zróżnicowane ze względu na sposób przechowywania danych. Pierwsza z nich przechowuje swoje dane w chmurze, a druga robi to samo, ale na fizycznych nośnikach z zasobami, które mogą stanowić wysoki koszt alternatywny poprzez zaangażowanie przestrzeni i pieniędzy we wspomniane zasoby. Stąd też zdecydowana większość użytkowników migruje do usług w chmurze, gdzie mamy większy atlas dostępnych programów po niższych cenach. Kiedy dane są już przechowywane w chmurze, mogą być przetwarzane i analizowane w poszukiwaniu wzorców poprzez algorytmy służące powierzonych zadań. Końcową część tego procesu przedkłada się na dane z baz i hurtowni danych, wówczas powstałe dane są widoczne i zrozumiałe, zachowuje się je aby móc wykorzystać w przyszłości w różnych dziedzinach życia, co być może pomóc danemu produktowi lub usłudze odnieść sukces na niezwykle konkurencyjnym dziś rynku (Münch i Makinen, s. 1-2).

Interoperacyjność to możliwość wymiany informacji pomiędzy różnymi urządzeniami i systemami IoT. Ta wymiana informacji nie jest zależna od wdrożonego oprogramowania i sprzętu. Problem interoperacyjności pojawia się ze względu na heterogeniczny charakter różnych technologii i rozwiązań wykorzystywanych do rozwoju IoT. Cztery poziomy interoperacyjności to: techniczny, semantyczny, syntaktyczny i organizacyjny (Polcyn, 2010, s. 8-11). Różne funkcjonalności są dostarczane przez systemy IoT w celu poprawy interoperacyjności, która zapewnia komunikację pomiędzy różnymi obiektami

w heterogenicznym środowisku. Dodatkowo możliwe jest łączenie różnych platform IoT na podstawie ich funkcjonalności w celu dostarczenia różnych rozwiązań dla użytkowników IoT. Rozwiązania te mogą być oparte na adapterach/gateways, sieciach wirtualnych/overlay, architekturze zorientowanej na usługi itp. Mimo że podejścia do obsługi interoperacyjności zmniejszają pewną presję na systemy IoT, nadal istnieją pewne wyzwania związane z interoperacyjnością, które mogą być przedmiotem przyszłych badań (Chaber, 2022, s. 38-42).

IoT przekształca w strukturę high-tech z koncepcją inteligentnego miasta, inteligentnego domu oraz inteligentnych pojazdów i transportu. Wszelkie ulepszenia są dokonywane za pomocą technologii wspierających, takich jak uczenie maszynowe, przetwarzanie języka naturalnego, aby zrozumieć potrzebę i wykorzystanie technologii w każdym obszarze. W inteligentnym mieście aby jego funkcjonowanie było efektywne należy skorzystać z rozwiązań technologicznych, takich jak technologia serwerów w chmurze, bezprzewodowe sieci czujników, które łączą się z serwerami IoT. Kolejną ważną kwestią jest myślenie o aspekcie środowiskowym inteligentnego miasta. Dlatego technologie energooszczędne i Green technologies powinny być również brane pod uwagę przy projektowaniu i planowaniu infrastruktury smart city. Czujniki IoT umiejscowione w pojazdach są zaprojektowane w taki sposób, aby zapewnić prawidłową eksploatację pojazdu, m.in., zbieranie parametrów pracy silnika oraz ogólnego stanu technicznego pojazdu. Samochody samojezdne mają potencjał do komunikowania się z innymi pojazdami samojezdnymi za pomocą inteligentnych czujników, co wpłynie na ruch uliczny byłby płynniejszy aniżeli w przypadku samochodów kierowanych przez człowieka. Obecnie urządzenia IoT mogą pomóc poprzez identyfikowanie zatorów drogowych i podejmowanie odpowiednich działań. W związku z tym firma transportowa powinna włączyć urządzenia IoT do produkowanych przez siebie pojazdów, aby zapewnić społeczeństwu korzyści (Chaber, 2022, s. 38-42).

System IoT składa się ze znacznej liczby urządzeń i czujników, które komunikują się ze sobą. Wraz z intensywnym rozwojem i ekspansją sieci IoT liczba tych czujników i urządzeń gwałtownie wzrasta. Urządzenia te łączą się ze sobą i przesyłają ogromne ilości danych przez Internet. Powstałe pakiety danych zawierają strumienie informacji są transferowane strumieniowo w każdej sekundzie, określa się je w świecie cyfrowym jako big data. Ciągła ekspansja sieci opartych na IoT wymaga zarządzania i gromadzenia danych, przechowywanie i przetwarzanie oraz analizowania. Zadania stawiane przed IoT „Big Data”, są przydatne w rozwiązywaniu licznych problemów w różnych sferach inteligentnego miasta, takich jak nowoczesna służba zdrowia, inteligentne budynki, inteligentny transport i inteligentne

społeczeństwo. Ma to również przełożenia na koncepcję Przemysł 4.0, dążącej do całkowitej automatyzacji procesów produkcyjnych. Ponadto produkcja przemysłowa może zostać ulepszona przy użyciu cybernetycznego systemu fizycznego opartego na IoT, który posiada oprogramowanie wspomagające analizę informacji i techniki pozyskiwania wiedzy. Zatłoczenie ruchu drogowego jest ważnym problemem w przypadku inteligentnych miast. Informacje o ruchu drogowym w czasie rzeczywistym mogą być zbierane za pomocą urządzeń IoT i czujników zainstalowanych w sygnalizacji świetlnej, a informacje te mogą być analizowane w systemie zarządzania ruchem opartym na IoT. Wspiera również nowoczesną opiekę zdrowotną, przyczyniając się tym samym do rozwoju opieki zdrowotnej. Ta duża ilość informacji musi być zintegrowana w jednej bazie danych i musi być przetwarzana w czasie rzeczywistym, aby podjąć szybką decyzję z dużą dokładnością, a technologia Big Data jest najlepszym rozwiązaniem dla tego zadania. Urządzenia sensoryczne generują informacje, które mogą być analizowane przy użyciu podejść Big Data i mogą pomóc w różnych zadaniach decyzyjnych. Ponadto wykorzystanie chmury obliczeniowej i analityki może przynieść korzyści dla rozwoju i ochrony energii przy zmniejszonych kosztach i satysfakcji klienta. Podsumowując IoT i analityka Big Data tworzą razem istotne połączenie dla rozwoju zaawansowanego technologicznie społeczeństwa (Mokosmart, 2024).

2.3. Przegląd definicji dotyczących Internetu Rzeczy

Termin Internet Rzeczy (*Internet of Things*) został po raz pierwszy użyty w roku 1999 przez Kevina Ashtona, który zaprezentował powstającą na całym świecie architekturę internetowych usług informacyjnych (Mishra, i in., 2016, s. 1332). Obecnie technologia ta odnosi się do połączenia urządzeń, aplikacji i usług poprzez Internet. W ramach tej koncepcji urządzenia są wyposażone w czujniki i mikroprocesory, które umożliwiają im komunikację z innymi urządzeniami i przesyłanie danych w czasie rzeczywistym, dzięki temu możliwe jest tworzenie inteligentnych systemów, które samodzielnie zbierają i przetwarzają dane, podejmują decyzje i wykonują zadania. IoT ma zastosowanie w wielu dziedzinach, takich jak przemysł, transport, medycyna, energetyka czy rolnictwo. Pozwala to na automatyzację i optymalizację procesów oraz poprawę jakości życia ludzi.

W tabeli 5 zaprezentowano przegląd definicji Internetu Rzeczy.

Tabela 5. Definicja Internetu Rzeczy (IoT)

Definicja	Autor/-rzy
Interakcja między różnymi urządzeniami, aplikacjami i usługami, które wykorzystują połączenia internetowe do wymiany danych i wykonywania działań bez potrzeby interakcji człowieka.	Forbes.com, 2023
Sieć urządzeń połączonych ze sobą i z Internetem, umożliwiającą przesyłanie, gromadzenie i analizowanie danych w czasie rzeczywistym.	IBM.com, 2023
Technologia, która pozwala na łączenie urządzeń elektronicznych, oprogramowania i sieci, aby uzyskać inteligentne systemy, które mogą przetwarzać dane i podejmować decyzje na podstawie tych danych.	Techopedia.com, 2020
Sieć połączonych urządzeń, które mogą wymieniać dane i komunikować się ze sobą bez potrzeby interakcji człowieka.	MIT Technology Review, 2020
Koncepcja, w której każde urządzenie może być połączone z Internetem, wymieniać dane z innymi urządzeniami i wykonywać zadania, dzięki czemu staje się bardziej inteligentne i użyteczne.	Lall, 2019
Internet Rzeczy zakłada, że maszyny i urządzenia podłączone do wspólnej sieci przekazują sobie informacje za pośrednictwem czujników, sensorów czy technologii RFID. Na tej podstawie generują raporty, automatyzują działania i uczą się z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Ograniczają też udział człowieka w generowaniu danych, co utrudnia popełnianie błędów.	Chomiak-Orsa i Żuraw, 2019
Globalna sieć połączonych urządzeń, które mogą zbierać, przetwarzać i przysyłać dane, aby poprawić jakość życia i działalność biznesową.	Nomura Research Institute of Taiwan, 2022
Technologia, która umożliwia urządzeniom komunikowanie się ze sobą, przetwarzanie danych i sterowanie nimi za pomocą Internetu.	Kenton, 2022
Sieć urządzeń połączonych z Internetem, które mogą działać w sposób autonomiczny i wymieniać dane w celu poprawy wydajności, jakości i bezpieczeństwa.	Gillis, 2022
Koncepcja, w której urządzenia są połączone z Internetem i między sobą, aby umożliwić lepsze wykorzystanie zasobów i usprawnienie procesów biznesowych.	Jones, 2020, Gartner.com
Koncepcja, w ramach której urządzenia codziennego użytku, takie jak urządzenia domowe, samochody, telefony komórkowe i wiele innych, są połączone ze sobą i z Internetem, umożliwiając wymianę danych i koordynację działań.	Microsoft, 2022
Koncepcja obejmująca różnorodne technologie i obszary badawcze, których celem jest rozszerzenie istniejącego Internetu na obiekty świata rzeczywistego.	Lopez, i in. 2012
Sieć urządzeń, które są połączone ze sobą i z Internetem, dzięki czemu mogą ze sobą komunikować się, współpracować i działać w sposób skoordynowany.	Intel, 2023
Przedmioty codziennego użytku mogą być wyposażone w możliwości identyfikacji, wykrywania, tworzenia sieci i przetwarzania danych, które pozwolą im komunikować się ze sobą oraz z innymi urządzeniami i usługami za pośrednictwem Internetu, aby osiągnąć jakiś użyteczny cel.	Whitmore i in., 2015.
Sieć urządzeń, które dzięki połączeniu z Internetem mogą przetwarzać i wymieniać dane w celu realizacji określonych zadań lub celów.	Cisco, 2023.
Koncepcja, w ramach której urządzenia są połączone ze sobą i z Internetem, dzięki czemu mogą współpracować, wymieniać informacje oraz wykonywać zadania bez interwencji człowieka.	Amazon Web Services, 2023.

Źródło: opracowanie na podstawie literatury przedmiotu

Istnieje wiele definicji Internetu Rzeczy, z których większość zawiera następujące elementy (Abdul-Qawy i in., 2015, s. 74):

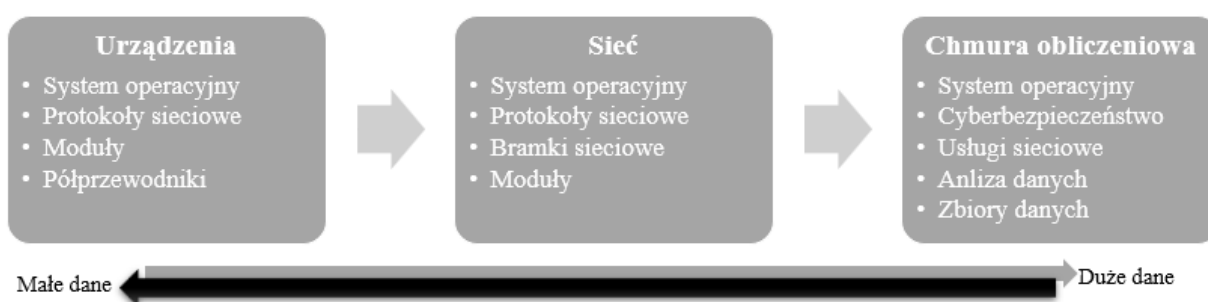
- tanie, wszechobecne i jednoznacznie identyfikowalne czujniki, urządzenia lub „rzeczy”;
- środki umożliwiające reagowanie lub wykonywanie poleceń;
- integrację z dynamiczną globalną infrastrukturą sieciową lub ”siecią sieci”;
- wykorzystanie standardowych i interoperacyjnych protokołów komunikacyjnych;
- połączenie świata fizycznego ze światem cybernetycznym;
- zarówno fizyczne, jak i wirtualne "rzeczy", które mają "tożsamość, atrybuty fizyczne i osobowość wirtualną”;
- urządzenia, które komunikują się bez interwencji człowieka i są „samokonfigurujące”;
- urządzenia, które generują dane przechowywane w chmurze i wiążą się z przetwarzaniem, agregacją i analityką danych.

Internet Rzeczy zawiera komponenty o różnym stopniu złożoności, od prostych identyfikatorów po skomplikowaną komunikację maszyna-maszyna. Przedmioty są wzbogacone o moce obliczeniowe i komunikacyjne zdolne do odtworzenia i zastąpienia ludzkich obserwacji i zmysłów w świecie wirtualnym. Sieciowe kamery drogowe i znakowanie przesyłek w łańcuchu dostaw za pomocą identyfikacji radiowej to dobrze znane przykłady. Urządzenia do śledzenia lokalizacji są obecnie dostępne, aby znaleźć nasze kluczyki do samochodu, zwierzęta domowe, a nawet nasze dzieci i naszych starszych rodziców lub dziadków. Zdalne monitorowanie temperatury i aktywności w naszych domach staje się również coraz bardziej powszechne. Zaczynamy „nosić” technologie, które monitorują, śledzą i raportują poziom naszej sprawności i funkcje życiowe, czy inteligentne liczniki elektryczne pomagają nam monitorować zużycie energii w domu. Samochody, które same diagnozują problemy, są w stanie dostarczyć informacji o lokalizacji i zatorach drogowych, a także dostarczyć firmom ubezpieczeniowym informacji o naszych nawykach, które mogą wpłynąć na wysokość składek (Hasan, 2015, s. 980).

Internet Rzeczy łączy w większą całość do sieci (uwzględniając sieć internetową), a także maszyny pracujące samodzielnie bez ingerencji człowieka. Inteligentny dom czy samochód oznaczają przedmioty bądź urządzenia, które są w jakiś sposób połączone z siecią. Łączność pomiędzy przytoczonymi „rzeczami” jest możliwa dzięki wszechstronnej gamie nowoczesnych komponentów i protokołów przeznaczonych do komunikacji bezprzewodowej. Dzięki nim inżynierowie mogą uczynić projektowane urządzenia bądź maszyny

„inteligentnymi”, dając perspektywę przesyłania i monitorowania ich danych, a co się z tym wiąże, ich automatycznego przystosowania się do pojawiających się potrzeb. Obecnie wyróżniamy trzy główne bloki umiejscowione w architekturze IoT (RS Components, b.d.) – rys.20:

- **Urządzenia (Things)** - Urządzenia mające możliwość podłączenia przewodowego lub bezprzewodowego do sieci.
- **Sieć (Network)** - Podobna do sieci domowej z routerem, ma za zadanie połączenie wielu urządzeń z “chmurą”.
- **Chmura (Cloud)** – Zdalne serwery bezpiecznie przetwarzające i przechowujące dane.

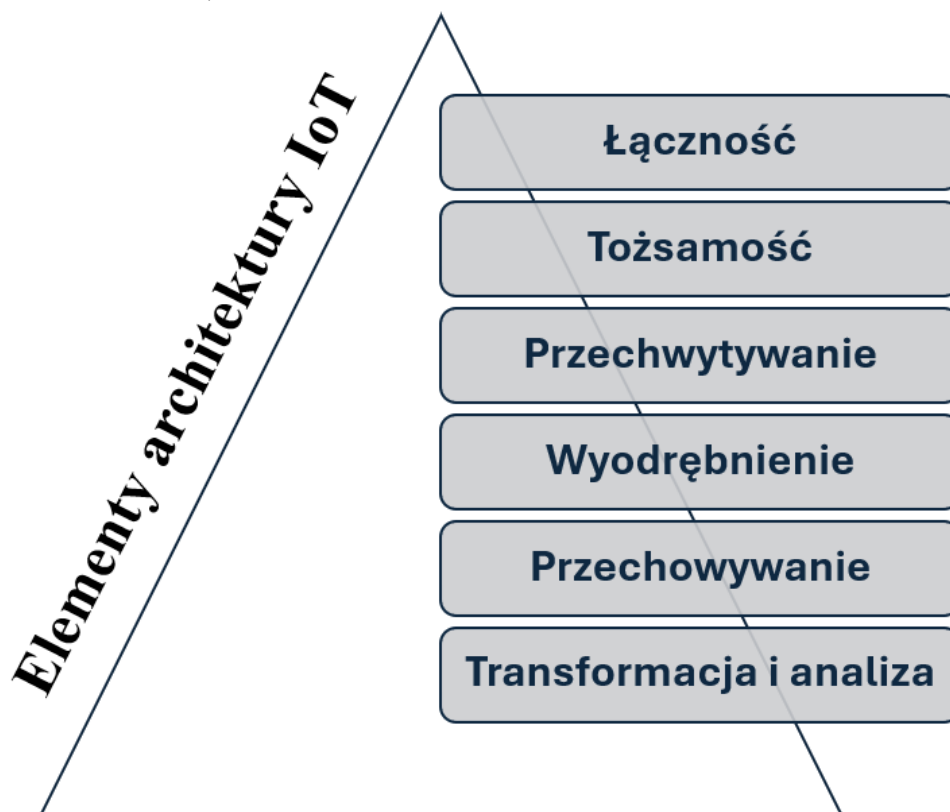


Rysunek 20. Schemat blokowy architektury IoT
Źródło: opracowanie na podstawie RS-Online.com (2022)

Architektura Internetu Rzeczy (IoT) składa się z kluczowych elementów, które wspólnie umożliwiają sprawne gromadzenie, przetwarzanie i wymianę danych między urządzeniami. Każdy z tych elementów odgrywa istotną rolę w zapewnieniu funkcjonalności i efektywności systemów IoT. (Rys. 21) (Buyya, i in., 2009, s. 600-602; Welbourne, i in., 2009, s. 50-52):

- **Łączność** - rozwiązania IoT opierają się na łączności rzeczy/urządzeń. Urządzenia łączą się na przykład z urządzeniami w innych regionach za pośrednictwem scentralizowanej bramy lub platformy IoT.
- **Tożsamość** - rozwiązania IoT, które działają na platformach chmurowych, wymagają rejestracji urządzeń i przypisania im tożsamości w celu uzyskania łączności. W przypadku każdego podłączonego urządzenia, które nie rozgłasza informacji o swojej tożsamości podczas próby komunikacji, połączenie powinno zostać zamknięte.
- **Przechwytywanie** - rozwiązania IoT wymagają danych, a częstotliwość otrzymywania danych jest kluczowa. Urządzenia IoT powinny analizować informacje w oparciu o dostępne rozwiązania. Na przykład urządzenie może analizować zawartość wilgoci w powietrzu lub glebie jako parametry dla rolniczych rozwiązań IoT.

- **Wyodrębnienie** - z danych wysyłanych przez urządzenia należy wyodrębnić znaczące informacje. Z tego powodu wymagana jest platforma IoT, która jest w stanie skonsumować miliony danych, aby odzyskać cenne spostrzeżenia.
- **Przechowywanie** - rozwiązania IoT mają do czynienia z ogromnymi i cennymi danymi, które wymagają analizy. Rozwiązania pamięci masowej są wymagane, aby zagwarantować odpowiednią przepustowość i opóźnienia, wysoką dostępność, skalowalność i bezpieczeństwo dla stale rosnących danych z urządzeń.
- **Transformacja i analiza** - dane w pamięci masowej są filtrowane, sortowane, wzbogacane i przekształcane w komponenty użytkowe dla interfejsów API.



Rysunek 21 Elementy architektury IoT

Źródło: opracowanie na podstawie: (S. Li, L. i in., 2009, s.98-100; Da Xu, i S. Zhao, 2014, s. 240-242; K. Ashton, 2009, s. 98-100)

W IoT łączy ze sobą kilka technologii, takich jak identyfikacja radiowa (*RFID* - *radio-frequency identification*), komunikacja w polu bliskim (*NFC* - *near-field communication*), komunikacja maszyna-maszyna (*M2M* – *machine to machine*), a także bezprzewodowe sieci czujników i siłowników. Identyfikacja radiowa jest ważną technologią wspomagającą Internet przedmiotów i jest wykorzystywana głównie do śledzenia i odszukiwania obiektów. NFC może

być rozumiane jako ewoluujące z RFID i jest bezprzewodowym sposobem przekazywania niewielkich ilości danych pomiędzy urządzeniami o krótkim zasięgu i niskiej mocy. Komunikacja M2M ogólnie odnosi się do Internetu Rzeczy w zastosowaniach przemysłowych, biznesowych i komercyjnych, podczas gdy Internet Rzeczy jest omawiany bardziej w kontekście zastosowań konsumenckich. Czujniki bezprzewodowe różnią się od technologii RFID tym, że mierzą cechy naszego środowiska fizycznego, takie jak ciśnienie, ciepło i wilgotność. Aktywatory przekształcają informacje lub energię z czujników w działanie, przekazując je do innego mechanizmu zasilania lub systemu, np. ogrzewania lub chłodzenia pomieszczenia. W procesie decyzyjnym nie musi uczestniczyć człowiek (Ait Mouha, 2021, s. 81-82).

AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*) to protokół warstwy oprogramowania dla architektury zorientowanej na komunikaty, który zapewnia routing i kolejkowanie komunikatów w aplikacjach biznesowych i zarządzaniu urządzeniami IoT. AMQP wykorzystuje protokół połączeń TCP (*Transmission Control Protocol*), dlatego jest niezawodny dla komunikacji klient-serwer. Protokół perfekcyjnie opisuje komunikację punkt-punkt z możliwością równoważenia obciążenia całej sieci podczas pracy z komunikatami i kolejkami. AMQP ma szeroki zakres protokołów bezpieczeństwa, takich jak SSL, TLS i SALS do przesyłania wiadomości, co czyni go bardziej przydatnym dla transakcji biznesowych, takich jak usługi finansowe z większymi wymaganiami poufności end-to-end. AMQP jest również otwartym i standardowym protokołem, który pozwala naszym aplikacjom działać na różnych platformach i łączyć się ze sobą, wspierając tym samym ekosystem komunikacji wielu producentów. Protokół AMQP jest preferowany przy tworzeniu rozwiązań, które wymagają wysokiego poziomu skalowalności i dostępności (Luzuriaga, i in., 2014, s. 2-4).

Przetwarzanie danych w Internecie Rzeczy może odbywać się na różne sposoby, od lokalnego, w samym urządzeniu, do zdalnego, gdzie informacje są wysyłane do przetwarzania do scentralizowanych serwerów w innym miejscu. Gdy maszyny komunikują się bezpośrednio z innymi maszynami, urządzenie zbiera informacje za pomocą czujnika. Czujnik następnie wykorzystuje nadajnik radiowy do przesłania danych przez sieć. Sieć może być przewodowa lub bezprzewodowa. Sieci bezprzewodowe mogą być komórkowe, satelitarne, Wi-Fi dla komunikacji o szerokim zasięgu lub Bluetooth, ZigBee i RFID dla komunikacji o krótkim zasięgu. Po dotarciu danych do miejsca przeznaczenia mogą one zostać przeanalizowane i wykorzystane przez inne urządzenie lub człowieka (Ministerstwo Cyfryzacji, s. 10).

Jednym z najistotniejszych elementów w każdej technologii jest bezpieczeństwo. Od niego zależy powstanie każdej technologii, biorąc pod uwagę, że zgromadzone dane są ważne i prywatne. Bezpieczeństwo tej technologii jest porównywalne z bezpieczeństwem każdej transakcji finansowej, stąd np.: wdrożenie Blockchain jest ciekawym pomysłem, który może zapewnić uwierzytelnienie, autoryzację, prywatność, integralność wiadomości, integralność treści i bezpieczeństwo danych. Obecnie jednym z potencjalnych zagrożeń ze strony urządzeń IoT jest bezpieczeństwo i prywatność gromadzonych/transportowanych danych, które są bezpośrednio związane z życiem użytkowników (Ministerstwo Cyfryzacji, s. 11).

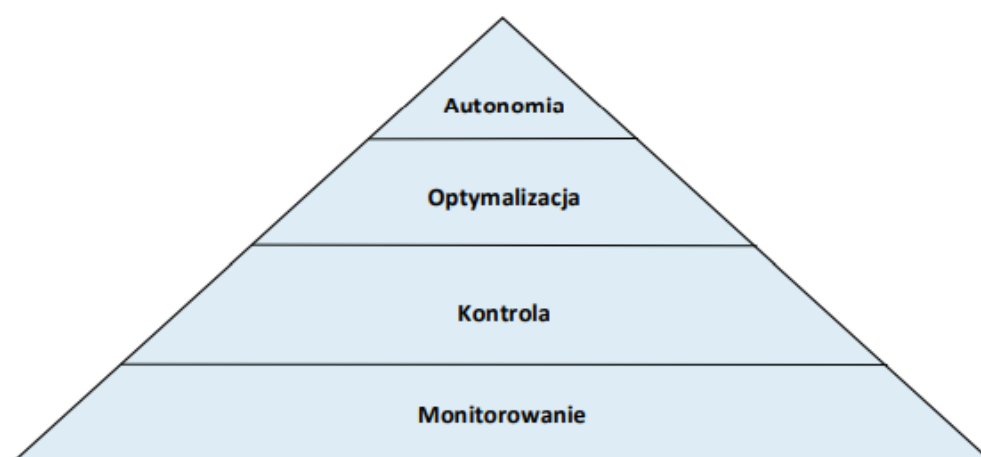
Blockchain to technologia, która polega na łańcuchu informacyjnym bloków zamkniętych kluczem stanowiącym węzeł końcowy. Przyczynia się do certyfikacji urządzeń i przekazywania informacji. Idąc tym samym tokiem myślenia, połączenie IoT i Blockchaina pozwala mieć pewność, że informacje przychodzące z dowolnej maszyny w firmie są prawdziwe i potwierdzone. Jest to realizowane poprzez umieszczenie fizycznego dodatku (np.: pamięć masowa) do urządzenia, a ten ostatni jest ustawiony tak, aby zawierał odpowiednie podpisy firmy i maszyny, dzięki czemu informacje są unikalne. Blockchain pozwala na posiadanie niezmiennego zapisu transakcji związanych z aktywami przemysłowymi. Jeśli jakikolwiek blok zostanie zmodyfikowany, informacja nie jest wysyłana do księgi rekordów, ponieważ nie pasuje do innych bloków łańcucha (Rot, Zygała, 2018, s. 124-125).

Produkty IoT plasują się na wyższym poziomie bezpieczeństwa technologicznego, co przejawia się wzrostem zaufania różnych firm i organizacji do komercjalizacji tych produktów. Omawiając różnorodność wyżej wymienionych produktów takich jak gwarancja transakcji handlowych, która jest znaczącą wartością dla innowacji przedsiębiorczych w wielu obszarach, m.in., cyfrowy łańcuch dostaw, systemy pojazdów, systemy bezpieczeństwa i tworzenie nowych przedsiębiorstw, takich jak handel gospodarczy, komercjalizacja lokalnej energii, inteligentne miasta, i jest to gwarancja zapewnienia bezpieczeństwa przedsiębiorstwom i klientom w realizacji usług (Roti Zygała, 2018, s. 126).

Kolejnym zagadnieniem dla twórców IoT jest etyka i prawa regulacyjne. Etyka odnosi się do przedsiębiorców branżowych, którzy tworzą, wdrażają i zarządzają rozwiązaniami IoT, są to: Cisco Systems, IBM, Intel, Amazon Web Services, Microsoft, Google (Alphabet), Siemens, Bosch, Samsung, Huawei (Law, 2024). Prawo stanowione przez władze centralne określa zasady i przepisy powszechnie obowiązujące, których nie należy naruszać. Bezpieczeństwo danych, ochrona prywatności, zaufanie i bezpieczeństwo, użyteczność danych to niektóre z tych wyzwań. Zaobserwowano również, że większość użytkowników IoT popiera

rządowe normy i regulacje w zakresie ochrony danych, prywatności i bezpieczeństwa ze względu na brak zaufania do urządzeń IoT. Dlatego należy wziąć pod uwagę tę kwestię, aby utrzymać i poprawić zaufanie wśród ludzi do korzystania z urządzeń i systemów IoT (Rot i Zygała, 2018, s. 127).

Bezprzewodowe sieci czujników (WSN - *wireless sensor network*) składają się z przestrzennie rozmieszczonych autonomicznych urządzeń wyposażonych w czujniki w celu monitorowania warunków fizycznych lub środowiskowych i mogą współpracować z systemami RFID w celu lepszego śledzenia stanu rzeczy, takich jak ich lokalizacja, temperatura i ruch. WSN pozwalają na różne topologie sieci i komunikację typu multihop. Ostatnie postępy technologiczne w zakresie układów scalonych małej mocy i komunikacji bezprzewodowej sprawiły, że dostępne są wydajne, tanie, miniaturowe urządzenia o małej mocy do wykorzystania w aplikacjach WSN. Obszarem zastosowania jest logistyka łańcucha chłodniczego, która wykorzystuje termiczne i chłodnicze metody pakowania do transportu produktów wrażliwych na temperaturę. WSN znalazły również zastosowanie w obszarze automatyki przemysłowej, polegającym na prawidłowej eksploatacji obiektów. Na przykład, General Electric rozmieszcza czujniki w swoich silnikach odrzutowych, turbinach i farmach wiatrowych. Analizując dane w czasie rzeczywistym, GE oszczędza czas i pieniądze związane z konserwacją zapobiegawczą – rys. 22 (Instytut Elektroniki AGH, 2022).



Rysunek 22 Obszary funkcji IoT

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Evans D. (2011, s.2).

Ponadto należy wspomnieć iż middleware jest warstwą oprogramowania umieszczoną pomiędzy aplikacjami programowymi, aby ułatwić programistom wykonywanie komunikacji i wejścia/wyjścia. Jego cecha ukrywania szczegółów różnych technologii ma fundamentalne znaczenie dla uwolnienia twórców IoT od usług programistycznych, które nie są bezpośrednio

związane z konkretną aplikacją IoT. Middleware zyskało popularność w latach 80. ubiegłego wieku ze względu na swoją dużą rolę w upraszczaniu integracji starszych technologii z nowymi. Ułatwiło również rozwój nowych usług w środowisku obliczeń rozproszonych. Złożona rozproszona infrastruktura IoT z licznymi heterogenicznymi urządzeniami wymaga uproszczenia rozwoju nowych aplikacji i usług, dlatego zastosowanie oprogramowania pośredniczącego idealnie pasuje do rozwoju aplikacji IoT. Na przykład Global Sensor Networks (GSN) jest platformą *open source sensor middleware* umożliwiającą rozwój i wdrażanie usług sensorycznych przy niemal zerowym wysiłku programistycznym. Większość architektury oprogramowania pośredniego dla IoT stosuje podejście zorientowane na usługi, aby wspierać sieć w czasie rzeczywistym (Noura i in., 2019, s. 798-800).

Chmura obliczeniowa to model dostępu na żądanie do wspólnej puli konfigurowalnych zasobów (np. komputerów, sieci, serwerów, pamięci masowej, aplikacji, usług, oprogramowania), które mogą być dostarczane jako Infrastructure as a Service (IaaS) lub Software as a Service (SaaS). Jednym z najważniejszych efektów IoT jest ogromna ilość danych generowanych z urządzeń podłączonych do Internetu. Wiele aplikacji IoT wymaga masowego przechowywania danych, ogromnej szybkości przetwarzania, aby umożliwić podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym oraz szybkich sieci szerokopasmowych do strumieniowego przesyłania danych, dźwięku lub obrazu. Chmura obliczeniowa stanowi idealne rozwiązanie back-end do obsługi ogromnych strumieni danych i przetwarzania ich dla bezprecedensowej liczby urządzeń IoT i ludzi w czasie rzeczywistym (Noura i in., 2019, s. 802).

IoT ułatwia rozwój niezliczonych aplikacji IoT zorientowanych na daną branżę i specyficznych dla użytkownika. Podczas gdy urządzenia i sieci zapewniają fizyczną łączność, aplikacje IoT umożliwiają interakcje urządzenie-do-urządzenia i człowiek-do-urządzenia w niezawodny i solidny sposób. Aplikacje IoT na urządzeniach muszą zapewnić, że dane/wiadomości zostały odebrane i odpowiednio zadziałały w odpowiednim czasie. Na przykład aplikacje transportowe i logistyczne monitorują stan transportowanych towarów, takich jak owoce, świeże produkty krojone, mięso i produkty mleczne. Podczas transportu stan przechowywania (np. temperatura, wilgotność, wstrząsy) jest stale monitorowany i odpowiednie działania są podejmowane automatycznie, aby uniknąć zepsucia, gdy połączenie jest poza zasięgiem. Na przykład FedEx wykorzystuje SenseAware do śledzenia temperatury, lokalizacji i innych istotnych parametrów paczki, w tym, kiedy została otwarta i czy była naruszana po drodze. Podczas gdy aplikacje typu device-to-device niekoniecznie wymagają wizualizacji danych, coraz więcej aplikacji IoT zorientowanych na człowieka zapewnia

wizualizację, aby przedstawić informacje użytkownikom końcowym w intuicyjny i łatwy do zrozumienia sposób oraz umożliwić interakcję z otoczeniem. Ważne jest, aby aplikacje IoT były dostosowane do potrzeb realizacji samodzielnych zadań, aby urządzenia te mogły monitorować środowisko, identyfikować problemy, komunikować się ze sobą i potencjalnie rozwiązywać problemy bez konieczności interwencji człowieka (Noura i in., 2019, s. 803).

Coraz więcej miast na świecie doświadcza nowego wymiaru sieci sensorycznych. Wiele z nich angażuje się w projekty pilotażowe, których celem jest monitorowanie różnych działań w życiu miejskim, takich jak poziom hałasu lub zanieczyszczenia powietrza, zarządzanie parkingami, aplikacje monitorujące stan zdrowia osób cierpiących na choroby przewlekłe itp. Thingful to wyszukiwarka w tym nowym wymiarze cyfrowego świata. Zawiera indeksy z geograficznym umiejscowieniem wszystkich stałych urządzeń podłączonych na świecie i może wskazać na mapie, gdzie znajdują się różne czujniki i jaką funkcję spełniają (PKN, 2022).

Technologia IoT jest wsparciem w rozwoju inteligentnego miasta. Od połączonych pojazdów i połączonych budynków po podłączone do Internetu kosze na śmieci i oparte na IoT zarządzanie flotą istnieje wiele rozwiązań IoT dla inteligentnych miast. Internet Rzeczy dla inteligentnych miast pozwala urzędnikom miejskim zdalnie zarządzać i kontrolować podłączone urządzenia oraz zapewniać sprawne działanie. Architektura inteligentnego miasta w IoT zwykle kształtują się poprzez trzy podstawowe kroki. Po pierwsze, czujniki IoT (zainstalowane w całym mieście) zbierają dane w czasie rzeczywistym, po drugie systemy analityczne lub analitycy danych analizują dane z czujników, aby uzyskać cenne spostrzeżenia. Po trzecie organizatorzy smart city wykorzystują spostrzeżenia do tworzenia inteligentnych rozwiązań, optymalizacji działań oraz poprawy wydajności i usług świadczonych mieszkańcom. System zabezpieczeń firewall jest również niezbędny do umożliwienia niezawodnych i bezpiecznych aplikacji smart city opartych na IoT. Zapory ogniowe zabezpieczają dane przesyłane w ramach sieci smart city, blokując nieautoryzowany dostęp do danych miejskich, co przełoży się na zapewnienie lepszego bezpieczeństwa (Azkuna, 2012, s. 10-12).

W miastach zainstalowane są liczne urządzenia oświetleniowe, zużywające znaczną ilość energii. Jednak modele wdrażania inteligentnych miast oparte na technologii IoT mogą poprawić system oświetlenia miejskiego w kwestii energooszczędności poprzez zintegrowanie go z zaawansowanymi czujnikami i kanałami komunikacyjnymi. Systemy inteligentnego oświetlenia dla miast oparte na technologii IoT pomagają zarządzać systemem oświetleniowym

miasta w sposób autonomiczny i bardziej efektywny, aby zaoszczędzić energię i zmniejszyć koszty (Ilciów, 2017, s.37-39).

Budowanie inteligentnego miasta z wykorzystaniem Internetu Rzeczy pomaga skuteczniej kontrolować ruch drogowy. Na przykład miasta mogą zainstalować oparte na IoT inteligentne światła drogowe i czujniki, które mogą automatycznie wyczuć duże natężenie ruchu i odpowiednio dostosować czas trwania zielonego światła. Podobnie, inteligentne miasto może również osadzić czujniki w mostach i drogach, aby śledzić ich stan i natychmiast naprawiać je w przypadku zużycia (Korenik, 2017, s. 167).

Miasta zazwyczaj mają ustalone dni na pozbywanie się odpadów, co może powodować zanieczyszczenia. Jednak inteligentne miasto może wykorzystać IoT do stworzenia lepszego systemu zarządzania odpadami, aby utrzymać miasto w czystości. Na przykład, miasta mogą zainstalować czujniki IoT w koszach na śmieci, aby zdalnie monitorować, kiedy są one pełne. W ten sposób miasta mogą szybciej i skuteczniej pozbywać się odpadów. Inteligentne miasto IoT może również wykorzystać czujniki i urządzenia IoT do lepszego zarządzania wodą. Czujniki inteligentnego miasta mogą śledzić poziom wody, ciśnienie w zbiornikach, stan rur itp. Analizowanie danych z czujników pomaga miastom zmniejszyć marnotrawstwo wody poprzez szybkie naprawianie nieszczelnych rur lub wysokiego ciśnienia w zbiornikach (Czupich, i in., 2016, s. 276).

Kolejnym obszarem IoT w inteligentnych miastach jest inteligentny transport publiczny. Połączone z IoT pojazdy są łatwiejsze do śledzenia, aby poinformować społeczeństwo, kiedy przyjedzie autobus lub pociąg. Dodatkowo, dane IoT mogą również pomóc w optymalizacji tras transportu publicznego (Certyfikacja miast na zgodność z normą PN-ISO 37120, 2016).

Parkowanie jest zwykle problemem w dużych miastach. Jednak inteligentne miasto może rozwiązać tę kwestię, instalując czujniki IoT. Czujniki podają informacje dotyczące pustych miejsc parkingowych wokół pożądanego celu. Urzędnicy miejscy mogą również wykorzystać te dane z czujników do śledzenia obszarów z zatłoczeniem ruchu z powodu mniejszej liczby miejsc parkingowych i obszarów z dużą liczbą pustych miejsc. Mogą wtedy zoptymalizować parkowanie, aby zaoszczędzić czas obywateli (Jankowska, 2015, s. 42).

2.4. Podsumowanie

W rozdziale pracy poświęconym Internetowi Rzeczy (IoT) dokonano przeglądu definicji tego pojęcia, przedstawiając różnorodne interpretacje i podejścia do tematu. Zdefiniowano Internet Rzeczy jako sieć połączonych ze sobą urządzeń, które komunikują się i wymieniają

dane poprzez Internet, umożliwiając automatyzację i zdalne zarządzanie, które mogą mieć zastosowanie w inteligentnym mieście. Następnie dokonano charakterystyki technologii IoT, podkreślając jej kluczowe komponenty, takie jak sensory, akulatory, systemy przetwarzania danych oraz platformy komunikacyjne. Omówiono również architekturę IoT, która zazwyczaj składa się z trzech grup: percepcji, sieciowej oraz grupy aplikacji. W rozdziale zaprezentowano nowoczesne technologie IoT, obejmujące takie innowacje, jak *blockchain*. Opisano także funkcjonalne obszary Internetu Rzeczy, w tym Przemysł 4.0, opieka zdrowotna, transport, oraz budownictwo inteligentne. Przedstawiono, jak IoT jest wykorzystywane w różnych sektorach, przynosząc korzyści w postaci poprawy efektywności, redukcji kosztów i podniesienia jakości usług. Ostatnia część rozdziału koncentruje się na wpływie IoT na inteligentne miasta. Podkreślono, że IoT odgrywa kluczową rolę w rozwoju infrastruktury miejskiej, umożliwiając lepsze zarządzanie zasobami, poprawę jakości życia mieszkańców oraz zrównoważony rozwój. Przykłady zastosowań obejmują inteligentne systemy oświetleniowe, zarządzanie ruchem, monitoring środowiska oraz systemy bezpieczeństwa publicznego. W kontekście zarządzania IoT odgrywa kluczową rolę w optymalizacji procesów, zwiększaniu efektywności operacyjnej oraz poprawie jakości usług. Integracja IoT z systemami zarządzania pozwala na monitorowanie infrastruktury w czasie rzeczywistym, analizę danych oraz podejmowanie szybkich decyzji na podstawie zebranych informacji. Efektywne wykorzystanie IoT w zarządzaniu wymaga odpowiednich strategii w zakresie cyberbezpieczeństwa, analizy danych oraz interoperacyjności systemów. Szczególnie istotne jest także wdrażanie standardów oraz polityk regulujących wykorzystanie IoT w różnych sektorach gospodarki.

3. Zarządzanie transportem publicznym w inteligentnym mieście

3.1. Wprowadzenie

Zarządzanie stanowi kluczowy proces w każdej organizacji, odgrywając szczególnie istotną rolę w podmiotach zajmujących się transportem zbiorowym. Wynika to zarówno z wysokiej złożoności warunków funkcjonowania tego sektora, jak i jego istotnego znaczenia ekonomiczno-społecznego. Decyzje zarządcze w obszarze transportu publicznego mają bezpośredni wpływ na jego sprawne funkcjonowanie, jednak są silnie uzależnione od warunków zewnętrznych, w jakich działa organizacja (Krupa i Antczak, 2006). W sytuacjach charakteryzujących się dynamicznym, niepewnym lub niestabilnym otoczeniem, podejmowanie właściwych decyzji zarządczych staje się szczególnie trudne. Często wymaga to szybkiego działania i opiera się na intuicji, a niekiedy przybiera charakter przypadkowy lub wręcz losowy, co dodatkowo zwiększa wyzwania związane z zarządzaniem w tym sektorze (Piela, 2014, s. 29-30; Sobociński, 2022, s.40)

Współczesne zarządzanie transportem publicznym nadal czerpie inspirację z zasad opracowanych przez H. Fayola, które stanowią solidny fundament w budowaniu skutecznych strategii organizacyjnych. W kontekście niniejszego opracowania szczególną uwagę poświęcono zasadom kluczowym dla zarządzania tym sektorem (Griffin, 1996, s. 31-32; Shehzad i in., 2024, s. 125-126). Jedną z najważniejszych jest zasada podziału pracy. Jej zastosowanie w zarządzaniu transportem publicznym pozwala na efektywne przypisanie zadań oraz specjalizację, co przekłada się na zwiększenie wydajności zarówno w zakresie operacyjnym (np. planowanie tras, zarządzanie flotą), jak i na poziomie kierowniczym. W konsekwencji umożliwia to optymalne wykorzystanie zasobów, takich jak infrastruktura, pojazdy czy personel (Drucker i in., 2024). Równie istotna w tym kontekście jest zasada autorytetu, rozumiana jako połączenie autorytetu formalnego, wynikającego z pełnionej funkcji, oraz autorytetu osobistego, opartego na kompetencjach i zaufaniu (Cross, 2024). Oba rodzaje autorytetu są kluczowe w efektywnym zarządzaniu transportem publicznym, gdzie konieczne jest podejmowanie decyzji, koordynowanie działań wielu jednostek oraz szybkie reagowanie na zmieniające się warunki zewnętrzne (Jum'a i in., 2024, s. 1211-1225).

Zarządzanie transportem publicznym w nowoczesnych miastach wymaga zastosowania zaawansowanych technologii, które pozwalają na efektywne i zrównoważone funkcjonowanie systemów transportowych. Jest również ważnym środkiem do zrealizowania polityki transportowej w obszarze miejskim oraz uwzględniać indywidualną mobilność mieszkańców

(Bielawska, i in., 2024, s. 185; Kolasińska-Morawska, i in., 2024, s. 96-98). Jednym z najbardziej obiecujących rozwiązań jest wykorzystanie technologii Internetu Rzeczy (IoT). IoT umożliwia zbieranie, analizowanie i wykorzystywanie danych w czasie rzeczywistym, co znacząco podnosi jakość zarządzania infrastrukturą transportową (Suda, 2017, s.265-267, Chudzikiewicz, 2017, s.63-64; Safadi, i in., 2024, s. 3-4).

Do głównych celów zarządzania transportem publicznym należy:

- poprawa punktualności i regularności kursowania pojazdów,
- utrzymanie ciągłości ruchu i wysokiej niezawodności działania,
- zmniejszenie czasów podróży, a zwłaszcza jej najbardziej uciążliwych składników jak oczekiwanie i przesiadka,
- poprawa warunków podróżowania, głównie ograniczenie zatłoczenia pojazdów,
- zapewnienie pasażerom pełnej, aktualnej informacji,
- zwiększenie zaufania pasażerów do transportu publicznego,
- ułatwienie pracy służbom eksploatacyjnym, przez ograniczenie czynności rutynowych,
- lepsze wykorzystanie taboru będącego w dyspozycji przedsiębiorstwa,
- podniesienie bezpieczeństwa pasażerów i kierowców oraz skrócenie czasu usuwania skutków awarii, wypadków itp. (Suda, 2017, s.265; Tkaczyk i Szpotański, 2023, s.20-21; Putra, i in., 2024, s. 4-5)

Zarządzanie transportem publicznym stanowi złożony innowacyjny system organizacyjny, informatyczny i informacyjny oraz odgrywa kluczową rolę w wypełnieniu luki mobilności miejskiej dla mieszkańca (Fedujwar i Agarwal, 2025, s. 7-9; Rossolov, i in., 2025, s. 2-4). Działania są skoncentrowane na efektywnym wykorzystaniu zasobów organizacji: ludzkich, finansowych, rzeczowych i informacyjnych w dążeniu do osiągnięcia celów przedsiębiorstwa (Griffin, 1996, s. 31-32; Drucker i in., 2024). W miarę rozwoju technologii IoT pojawiają się kolejne możliwości jej zastosowania w transporcie publicznym, takie jak integracja z autonomicznymi pojazdami czy analiza predykcyjna pozwalająca przewidywać potrzeby transportowe mieszkańców (Lorente, i in., 2025, s. 6-9). Dzięki temu zarządzanie transportem publicznym w inteligentnych miastach będzie jeszcze bardziej skuteczne i przyjazne dla użytkowników (Jemielniak, 2005, s. 34-36).

Publiczny transport zbiorowy stanowi nieodłączny element funkcjonowania społeczeństw, zapewniając powszechny, regularny przewóz osób zgodnie ze ściśle określonymi trasami i harmonogramem. Zgodnie z definicją zawartą w ustawie z 16 grudnia 2010 roku, jego

celem jest zaspokajanie potrzeb przewozowych mieszkańców danego obszaru, na którym jest zorganizowany (Dz. U. z 2022 r. poz. 1720). Transport zbiorowy to kompleksowa usługa świadczona przez wyspecjalizowane przedsiębiorstwa na obszarze danego miasta. Te firmy specjalizują się w organizacji i świadczeniu usług przewozowych, korzystając z różnorodnych środków transportu wieloosobowego (Gusev i Gilroy, 2025, s. 6-8). Wśród tych środków znajdują się autobusy, trolejbusy, tramwaje oraz metro, które stanowią integralną część infrastruktury transportu publicznego. Kluczową cechą transportu zbiorowego jest jego zdolność do obsługi dużej liczby pasażerów, co sprawia, że jest efektywnym środkiem przemieszczania się w obszarach o dużym natężeniu ruchu. Przedsiębiorstwa transportu zbiorowego dbają o zapewnienie regularnych, zorganizowanych tras i harmonogramów, aby sprostać różnorodnym potrzebom mieszkańców danego obszaru (Bielińska-Dusza, i in., 2021, s. 29). Definicje zarządzania transportem publicznym zostały zaprezentowane w tabeli 6.

Tabela 6. Wybrane definicje zarządzania transportem publicznym

Definicja	Autor/-rzy
Proces transportowy to złożony ciąg działań organizacyjno-technologicznych łączący aspekty materiałowe i informatyczne w zakresie zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji, eksploatacji i regulacji. Jego głównym celem jest zapewnienie efektywnego przepływu dóbr fizycznych od etapu wytworzenia do momentu eksploatacji.	Sipa, 2014
Zarządzanie publiczne rzuca światło na obszary pomijane w tradycyjnej administracji Webera, takie jak efektywność czy wyniki. Poprzez akcentowanie dotychczas pomijanych aspektów administracji publicznej zarządzanie publiczne zobowiązało zarówno badaczy, jak i praktyków do przyjęcia nowych perspektyw dotyczących sposobów zarządzania, świadczenia usług obywatelom oraz opracowywania strategii i narzędzi administracji publicznej.	https://dictionnaire.enap.ca/dictionnaire/docs/definitions/definitions_anglais/public_management.pdf , 2023
Zarządzanie transportem publicznym to kompleksowy proces organizacyjny, który obejmuje planowanie, koordynację, kontrolę i monitorowanie wszelkich działań związanych z przemieszczaniem osób lub towarów w ramach systemu transportu publicznego. W odróżnieniu od zarządzania w sektorze prywatnym, gdzie często kluczowym kryterium skuteczności jest zysk, w zarządzaniu transportem publicznym głównym celem jest zapewnienie efektywności świadczenia usług i zaspokajania potrzeb społeczności lokalnej.	Wakula, 2021
Zarządzanie publicznym transportem zbiorowym przez organizatora to kompleksowy proces obejmujący szereg kluczowych działań. Organizator ma za zadanie negocjować i zatwierdzać zmiany w umowie z operatorem, oceniać oraz kontrolować realizację usług przez operatora i przewoźnika w zakresie publicznego transportu zbiorowego. Dodatkowo sprawuje kontrolę nad przestrzeganiem zasad funkcjonowania tego transportu, a także współpracuje przy aktualizacji rozkładów jazdy, mających na celu poprawę funkcjonowania przewozów o charakterze użyteczności publicznej.	Dz. U. z 2022 r. poz. 1720
Zarządzanie transportem to kompleksowy proces obejmujący planowanie, organizację, kontrolę oraz monitorowanie przemieszczania osób lub towarów między różnymi miejscami. Ten obszar działań ma zastosowanie w różnych środkach transportu, takich jak drogowy, kolejowy, lotniczy, morski, a także wewnętrzny transport przedsiębiorstw. W skrócie, zarządzanie transportem koncentruje się na efektywnym koordynowaniu i nadzorowaniu ruchu, zapewniając płynność procesów przemieszczania się.	Gusev, Gilroy, 2025
Zarządzanie transportem publicznym to kompleksowy proces mający na celu poprawę efektywności działania zbiorowego transportu komunalnego. Kluczowym celem jest spójność z celami ogólnego zarządzania ruchem miejskim lub aglomeracyjnym. Priorytetowe cele to poprawa punktualności, regularności kursowania pojazdów, utrzymanie ciągłości ruchu, skrócenie czasów podróży i poprawa warunków podróżowania. Dodatkowo istotne są: zapewnienie pełnej informacji pasażerom, zwiększenie zaufania do transportu publicznego, ułatwienie pracy służbom eksploatacyjnym, lepsze wykorzystanie taboru oraz podniesienie bezpieczeństwa pasażerów i kierowców.	Suda, 2017

Definicja	Autor/-rzy
Zarządzanie transportem publicznym to kompleksowy proces obejmujący różnorodne działania, których celem jest efektywne kierowanie operacjami zbiorowego transportu komunalnego. Jest to sztuka skutecznego łączenia różnych środków dostępnych dla przedsiębiorstwa transportowego w celu osiągnięcia maksymalnej efektywności.	Sobociński, 2022
Zarządzanie mobilnością definiuje się jako kompleks działań obejmujących planowanie, organizowanie, koordynację i kontrolę przemieszczania się osób i towarów. Wprowadza się je w życie, wykorzystując dostępne zasoby ludzkie, finansowe, materialne i informacyjne, w celu wpływania na postawy, popyt oraz zachowania związane z mobilnością. Głównym celem jest promowanie alternatywnych środków transportu w stosunku do samochodów, dążąc do efektywnego i zrównoważonego systemu przemieszczania się społeczności.	Grzelec, i in., 2020
Zarządzanie transportem publicznym obejmuje monitorowanie sieci i dostosowywanie rozkładów jazdy w celu maksymalizacji efektywności dostarczania usług pasażerom, nawet w przypadku zmian popytu lub zakłóceń w dostawie. Kluczową rolę w tym procesie odgrywają centra kontroli zazwyczaj zarządzane przez operatorów transportu publicznego lub odpowiednie agencje. Dzięki zarządzaniu operacjami transportu publicznego można skutecznie przeciwdziałać najczęstszym wyzwaniom, takim jak przeciążenie w godzinach szczytu, opóźnienia uniemożliwiające pasażerom złapanie połączeń, dostosowywanie usług do zakłóceń spowodowanych ruchem prywatnym czy obsługa imprez masowych, festiwali, wydarzeń kulturalnych.	https://www.ptvgroup.com/en/application-areas/public-transport-planning/operations-management , 2023.
Zarządzanie transportem publicznym to kompleksowy proces, który obejmuje gromadzenie, analizę i dostęp do danych niezbędnych do podejmowania decyzji. Skuteczność tego procesu wymaga centralnego przechowywania wszystkich niezbędnych danych w formie elektronicznej. Aby umożliwić efektywne podejmowanie decyzji, istotne jest również wizualizowanie i edytowanie danych związanych z lokalizacją geograficzną na mapie.	Amroz, i in., 2016
Zarządzanie transportem publicznym to kompleksowe działania podjęte przez jednostki samorządu terytorialnego, pełniące role organizatorów publicznego transportu zbiorowego. Obejmuje to planowanie, w tym opracowywanie Planu Zrównoważonego Rozwoju Transportu, zwyczajowo nazywanego planem transportowym. Kompetencje organizatora rozciągają się na organizację transportu zbiorowego, w tym wdrażanie planów transportowych, analizę potrzeb przewozowych, ustalanie opłat za przewóz oraz finansowanie przewozów. Zarządzanie transportem publicznym to także monitorowanie realizacji zadań przewozowych, kontrola przewozów, w tym dokumentów przewozowych i biletów.	Piela, 2015

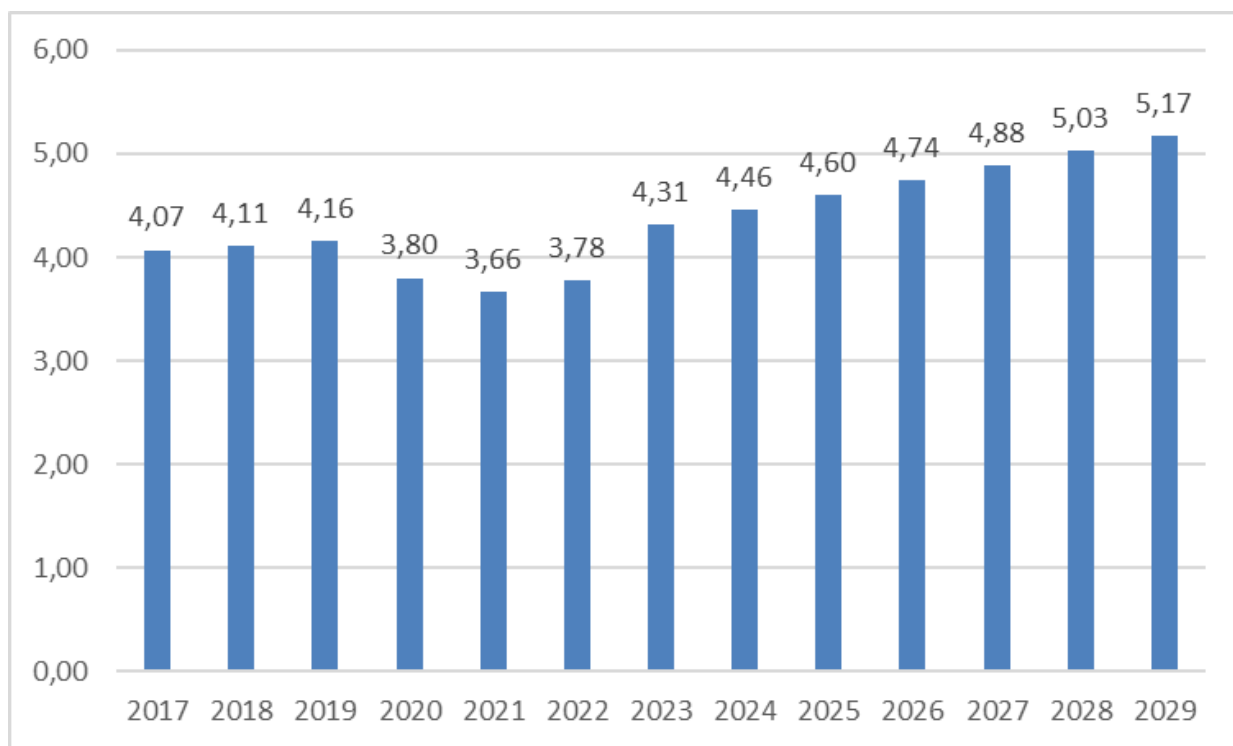
Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury przedmiotu

Transport zbiorowy to kompleksowa usługa świadczona przez wyspecjalizowane przedsiębiorstwa na obszarze danego miasta. Sprawne funkcjonowanie wymaga ponoszenia odpowiednich nakładów czasowych, osobowych i rzeczowych (Lisowska, i in., 2022, s. 35). Te firmy specjalizują się w organizacji i świadczeniu usług przewozowych, korzystając z różnorodnych środków transportu wieloosobowego. Wśród tych środków znajdują się autobusy, trolejbusy, tramwaje oraz metro, które stanowią integralną część infrastruktury transportu publicznego (Trofimov, i in., 2025, s.5-7). Kluczową cechą transportu zbiorowego jest jego zdolność do obsługi dużej liczby pasażerów, co sprawia, że jest efektywnym środkiem przemieszczania się w obszarach o dużym natężeniu ruchu. Przedsiębiorstwa transportu zbiorowego dbają o zapewnienie regularnych, zorganizowanych tras i harmonogramów, aby sprostać różnorodnym potrzebom mieszkańców danego obszaru (Bielińska-Dusza, i in., 2021, s. 29).

3.2. Zarządzanie transportem publicznym w inteligentnym mieście na świecie

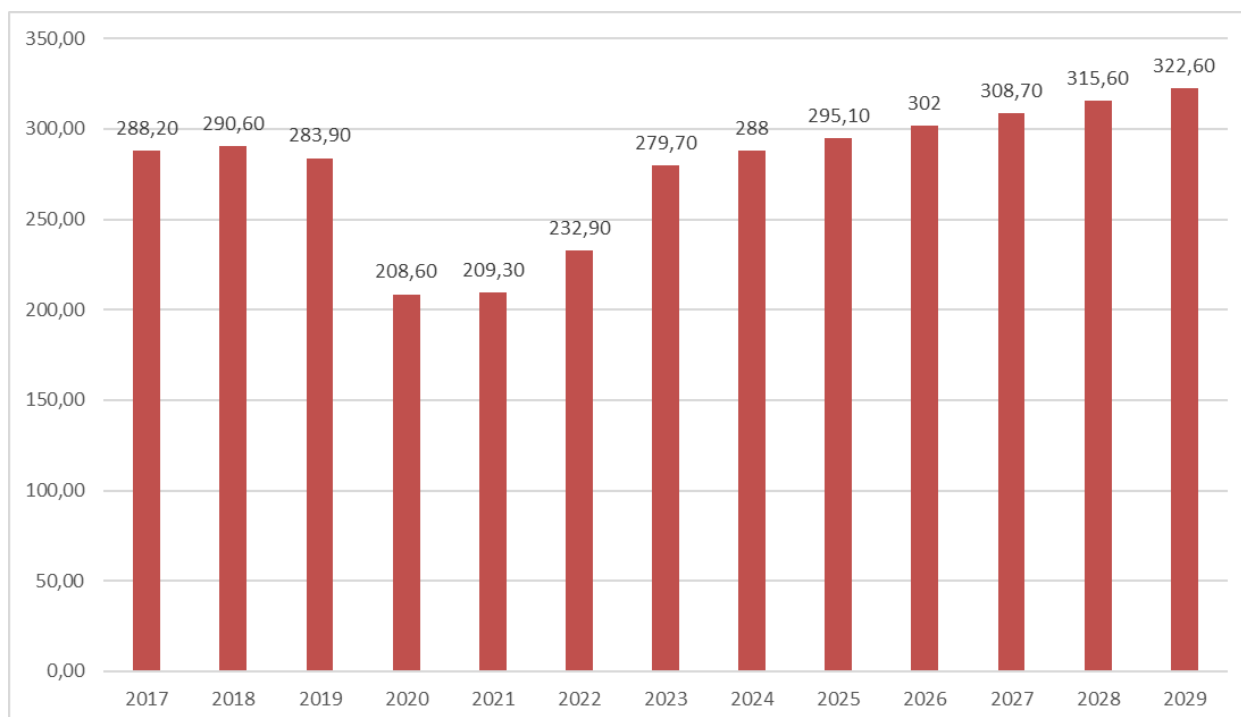
Korzystanie z transportu publicznego odgrywa kluczową rolę w codziennym życiu milionów ludzi na całym świecie, będąc podstawowym środkiem przemieszczania się w wielu miastach i regionach. Rozwój tego sektora jest nie tylko odpowiedzią na rosnące potrzeby mieszkańców, ale także istotnym elementem zrównoważonego rozwoju. Publiczny transport zmniejsza zatłoczenie dróg, ogranicza emisję gazów cieplarnianych i poprawia dostępność usług dla osób bez własnych środków transportu. Współczesne systemy komunikacji miejskiej coraz częściej wykorzystują nowoczesne technologie, takie jak inteligentne systemy biletowe, monitoring czasu rzeczywistego i ekologiczne pojazdy, co przyczynia się do ich większej atrakcyjności i efektywności. W wielu miejscach na świecie transport publiczny jest również kluczowym narzędziem w walce z wykluczeniem społecznym, zapewniając równe możliwości dostępu do edukacji, pracy i kultury (Kramarczyk-Rosiak i Całka, 2021, s. 84-86). Na podstawie danych archiwalnych oraz projekcji do roku 2029 na wykresie nr 9 zaprezentowano liczbę osób korzystających z transportu publicznego na całym świecie (wyrażoną w mld). Wartość rynkowa transportu publicznego na całym świecie rośnie z roku na rok, w roku 2017 była na poziomie 288,2 mld dolarów amerykańskich, w czasie pandemii COVID-19 w latach 2020 i 2021 spadła do poziomu 209 mld dolarów, potem odnotowano znaczący wzrost i w dalszej perspektywie do roku 2029 wzrośnie wolumin wartości do kwoty 322,6 mld dolarów – wykres 9.

Wykres 9 Projekcja pasażerów transportu publicznego na świecie w latach 2017-2029



Źródło: Statista Mobility Market Insights, & Statista, 2024.

Wykres 10. Wartość rynkowa transportu publicznego na świecie w latach 2017-2029 [w mld dolarów USA]



Źródło: Statista Mobility Market Insights, & Statista, 2024.

Według statystyk UITP (*Union Internationale des Transports Publics*) (UITP, 2020), korzystanie z transportu publicznego w UE przeżywa obecnie swój szczyt od 2000 r., a w 2020

r. wykonano łącznie 77,9 mld podróży. Zmiana ta jest jednak notowana głównie na obszarach miejskich i wokół nich. Przeciętnie miasta europejskie mogą polegać na wysokiej jakości transportu publicznego i zazwyczaj są bardziej zaangażowane w promowanie zrównoważonego rozwoju i rozwiązań niskoemisyjnych, zwłaszcza jeśli porównać je z innymi miastami na świecie, gdzie nie ma prawnych ograniczeń dotyczących ochrony środowiska. Niemniej jednak zanieczyszczenie, zwłaszcza emisja dwutlenku węgla, może być nadal znacznie zmniejszona, poprzez wprowadzenie w kilku miastach europejskich ograniczeń w ruchu, ograniczenie prędkości poruszania się i parkowania w centrach miast. Dodatkowo wprowadzono planowe przerwy w produkcji przemysłowej, co znacznie zmniejsza obecnie wysoki poziom emisji dwutlenku węgla (Global Compact, s. 6).

Jeśli chodzi o obszary wiejskie, które zajmują połowę całego terytorium Europy, to zamieszkuje je 20% ogółu ludności. Jakość życia tak dużej liczby Europejczyków dość znacznie odbiega od tego, co jest postrzegane jako europejski standard. Obszary wiejskie dotknięte są zmianami demograficznymi, które wynikają głównie z asymetrycznego rozkładu działalności gospodarczej pomiędzy obszarami wiejskimi i miejskimi. Centrale firm, miejsca pracy i uczelnie wyższe są zazwyczaj zlokalizowane w dużych miastach, co powoduje, że mieszkańcy wsi (w szczególności młodzi dorośli) muszą dokonać życiowego wyboru: przenieść się do miasta czy pozostać na wsi, w tym drugim przypadku podejmując dodatkowy wysiłek, aby dotrzeć do docelowych ich miejsc (np.: praca, szkoła, urzędy). Ludzie często wybierają tę pierwszą opcję, w wyniku czego na obszarach wiejskich średnia wieku rośnie wraz z przenoszeniem się całych rodzin do miasta, co ostatecznie sprawia, że osoby starsze stanowią większość populacji wiejskiej (Interreg Central Europe, 2019). Stwarza to dodatkowe problemy dla obszarów wiejskich: w niektórych miejscach można zaobserwować mniejszą gęstość zaludnienia niż oczekiwano, w konsekwencji czego obszary te stają się jeszcze bardziej odizolowane. Prowadzi to do słabej oferty publicznego transportu: trudno jest zapewnić odpowiednią usługę publicznego transportu na obszarach słabo zaludnionych, ponieważ popyt nie jest wystarczająco wysoki, a usługa może w końcu nie być w pełni wykorzystywana, w konsekwencji generując wysokie koszty, co przekłada się na migrację do miasta.

Z uwagi na to, iż usługi transportu publicznego w regionach o niskiej gęstości zaludnienia są zwykle dogodne ekonomicznie, wiele rządów na całym świecie musi zmierzyć się z wyzwaniem efektywnego ich świadczenia. W poszukiwaniu właściwego podejścia rządy próbowały połączyć wiele aspektów w usługach publicznego transportu. Niemniej jednak regiony o niskiej gęstości zaludnienia mogą być dość różne od siebie, zarówno w zależności od

różnych potrzeb ich mieszkańców, jak i innych wcześniej istniejących warunków związanych z ich specyficznym kontekstem. Różnice te utrudniają optymalne dostosowanie usług publicznego transportu do obszaru zainteresowania. Wydaje się jednak, że kluczowe znaczenie dla sukcesu ma obecność trzech składników: dostępności środków finansowych, współpracy między zainteresowanymi stronami oraz elastycznej oferty przewozów planowych i na żądanie. Postawa mieszkańców regionów wiejskich jest kolejnym czynnikiem, którego nie wolno lekceważyć. Notorycznie innowacje technologiczne, a przede wszystkim świadomość ich istnienia, docierają na te obszary w późniejszym stadium. W konsekwencji mieszkańcy wsi potrzebują więcej czasu na zapoznanie się z najnowszymi technologiami (Interreg Central Europe, 2019).

Proces starzenia się wraz z migracją starszego i ucieczką młodszego pokolenia ma negatywny wpływ na warunki społeczno-ekonomiczne obszarów wiejskich, co odzwierciedla się np. w ograniczeniu świadczenia usług lokalnych (np. sklepy, poczta, lekarze, edukacja) (Interreg Central Europe, 2019a). Niektóre cechy obszarów wiejskich stanowią również bariery dla poprawy i rozwoju transportu miejskiego. Na przykład zapotrzebowanie na usługi transportowe jest często do przewidzenia, ponieważ ludność jest rozproszona na dużych obszarach, a pasażerów jest zwykle niewielu, co powoduje, że zapotrzebowanie na transport jest niskie i nieprzewidywalne. Dlatego świadczenie częstych i powszechnych komercyjnych usług transportu miejskiego jest trudne do uzasadnienia, biorąc pod uwagę liczbę potencjalnych użytkowników. Niemniej jednak potrzeba usług transportowych dla grup społecznie upośledzonych (np. starsi, bardzo młodzi ludzie, niepełnosprawni) na obszarach wiejskich i oddalonych jest niezaprzeczalna (Interreg Central Europe, 2019a).

3.3. Geneza oraz prognozowane trendy w zarządzaniu inteligentnym transportem

Temat mobilności dotyczący złożonej, wielorakiej, całości aktywów, które są projektowane, rozwijane, utrzymywane i odnawiane dla środowiska transportowego, oraz infrastruktury w połączeniu ze zrównoważonym rozwojem, co cieszy się obecnie dużym zainteresowaniem interesariuszy (Flügge, 2017, s. 31; Skala, 2022, s. 4). Inteligentny system transportowy może przynosić korzyści dla użytkownika w aspekcie jakości podróży, a dla przewoźnika jako źródło rejestrowania danych, m.in.: przejazdów oraz zleconych usług w czasie rzeczywistym (Balasubramaniam i in., 2021, s. 438). Upowszechnienie się Internetu i natychmiastowej informacji zaowocowało nowym oczekiwaniem ze strony właścicieli firm i klientów na płaszczyźnie usług. Jeszcze nie tak dawno temu rejestrowano dane ręcznie oraz z bezpośrednich relacji pracowników przedsiębiorstwa komunikacyjnego, które były jednym

ze źródeł przekazu informacji, co było istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa realizacji przewozów pasażerskich (Hofmokl, 2010, s. 14-15). Technologia rozwija się w tempie wykładniczym, a wpływu postępu technologicznego na przedsiębiorstwa nie da się określić ilościowo. W związku z tym przedsiębiorstwa, mają dylemat jak w sposób rozsądny udostępniać aplikacje użytkownikom, by równocześnie sprostać ich oczekiwaniom oraz nie stracić dotychczasowej pozycji na rynku usług. Jako konsumenci technologii możemy nie do końca rozumieć konsekwencje wpływu nowej technologii na sposób, w jaki żyjemy i pracujemy przez wiele lat oraz stworzenie uniwersalnej platformy przystępnej dla użytkownika (Gałuszka, 2016, s. 159-160; Dynakowska i in., 2019, s. 27-28; Boichuk, 2020, s. 62).

Smart mobility jest uniwersalnym rozwiązaniem transportu publicznego, cechującym się: elastycznością, przystępną ceną, terminowością przy zastosowaniu adekwatnego środka transportu. Wprowadzenia inteligentnego transportu przynosi wielorakie rezultaty (Wang, i in., 2018, s. 3):

- zwiększenia bezpieczeństwa na obszarach inteligentnych miast oraz zmniejszenie liczby wypadków,
- wzrost przepustowości ulic – dynamiczna kontrola potoków miejskich,
- zwiększenie przepustowości skrzyżowań ulic dzięki interaktywnemu sterowaniu sygnalizacją świetlną,
- zmniejszenie floty pojazdów prywatnych, ponieważ jeden pojazd komunikacji miejskiej może zastąpić kilka prywatnych,
- uwolnienie przestrzeni miejskiej zajętej przez parkingi.

Wymierne efekty przynoszą korzyści społeczne: wygodę pasażerów i oszczędzanie czasu podróży z zachowaniem zrównoważonego obciążenia i wydajności środków transportu miejskiego.

Inteligentna mobilność wiąże się ze skoordynowanym wykorzystaniem technologii w celu podniesienia jakości i efektywności świadczenia usług mobilnych przy jednoczesnym zminimalizowaniu lub ograniczeniu zużywanej przestrzeni i skutków negatywnych generowanych przez transport. W inteligentnym mieście istotna jest płynność, wygoda, a także poczucie bezpieczeństwa przemieszczania, co wspierają nowoczesne systemy informatyczne korzystające z danych osiągniętych w czasie rzeczywistym (Biuro Cyfryzacji Miasta, 2020, s. 4). Aby zaplanować i zaprojektować takie inteligentne systemy mobilności, konieczne staje się

zrozumienie, jak ich dynamika oddziałuje na elementy projektu miejskiego. Projekt urbanistyczny inteligentnego miasta nie może być zatem pomyślany bez uwzględnienia szczegółów dotyczących systemu mobilności, który będzie go obsługiwał (Fourie i in., 2020, s. 163). Inteligentna sieć transportu i mobilności jest połączeniem różnych elementów z wykorzystaniem infrastruktury transportowej w codziennym życiu prywatnym i zawodowym. Dotyczy to nie tylko wykorzystania tradycyjnych pojazdów silnikowych, pojazdów elektrycznych i systemów transportu publicznego, ale także zupełnie nowych środków transportu, takich jak usługi ride sharing na żądanie czy programy carsharingowe. Zmiany w zachowaniu konsumentów, takie jak spadek liczby prywatnych samochodów w połączeniu z pojawieniem się zupełnie nowych opcji mobilności, szybko zmieniają sposób, w jaki ludzie się przemieszczają. Obawy związane z zanieczyszczeniem środowiska, zatłoczeniem dróg, utratą produktywności i (oczywiście) pieniędzy sprawiły, że idea ta zyskała w ostatnich latach uznanie w branży flotowej (Pawłowska, 2017, s. 229-230).

Ekosystem smart mobility z IoT składa się z wielu elementów, które łączą się w celu zapewnienia bardziej zintegrowanego i zrównoważonego systemu mobilności miejskiej. Są to (Chowdhury, i in., 2017, s. 123; Alzoubi, 2019, s.345; Weske, 2012, s. 234; McKinsey i Company, 2018, s. 33-36; Khan i in., 2019, s. 121):

- **Użytkownicy:** ludzie, którzy korzystają z różnych usług transportowych i środków transportu w mieście, takich jak samochody, rowery, hulajnogi, transport publiczny itp.
- **Operatorzy transportu:** firmy, organizacje lub agencje, które zarządzają różnymi środkami transportu i infrastrukturą, w tym transportem publicznym, usługami car-sharing, bike-sharing, transportem taksówkowym itp.
- **Dostawcy technologii:** firmy, które dostarczają różne technologie i narzędzia, takie jak systemy zarządzania ruchem drogowym, aplikacje mobilne, systemy płatności itp.
- **Władze miejskie:** organizacje, które odpowiadają za planowanie, rozwój i utrzymanie infrastruktury transportowej, w tym ulic, chodników, ścieżek rowerowych, sieci transportu publicznego itp.
- **Operatorzy infrastruktury:** firmy, które zapewniają i utrzymują infrastrukturę potrzebną do obsługi ruchu drogowego, taką jak sieci drogowe, parkingi, stacje ładowania itp.
- **Instytucje badawczo-rozwojowe:** organizacje, które prowadzą badania i rozwijają nowe technologie i rozwiązania związane z mobilnością miejską, takie jak systemy autonomicznych pojazdów, bezpieczeństwo ruchu drogowego itp.

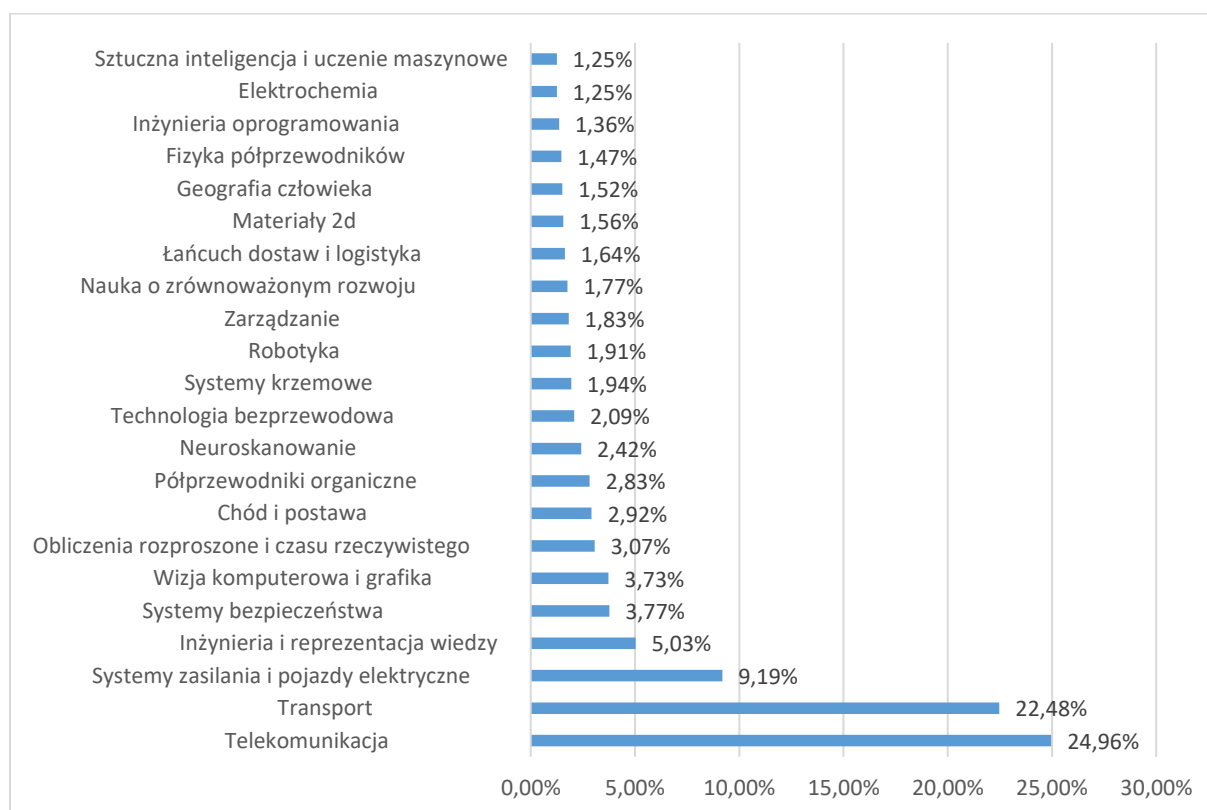
- **Spoleczność:** mieszkańcy miasta i inne grupy zainteresowane, takie jak organizacje pozarządowe, które wpływają na rozwój i funkcjonowanie ekosystemu smart mobility, poprzez swój wpływ na władze miejskie i operatorów transportu.

Celem ekosystemu smart mobility jest integracja różnych składników w sposób, który pozwala na zrównoważoną, efektywną i przyjazną dla użytkownika mobilność miejską. Ekosystem inteligentnej mobilności zawiera w swojej definicji szeroką gamę alternatywnych środków transportu, w tym tradycyjne pojazdy gazowe i elektryczne, programy współdzielenia rowerów i skuterów, pojazdy autonomiczne, linie kolejowe, a nawet rozszerzone realia ruchu drogowego, w których przestrzeń drogowa jest wyznaczona dla konkretnych rodzajów transportu w różnych punktach w ciągu dnia (Pawłowska, 2017, s. 231).

Organizacja i zarządzanie systemem transportowym miasta jest jednym z kluczowych zadań władz samorządowych decydujących o poziomie życia mieszkańców i rozwoju miast (Starowicz, 2017, s. 5). Inteligentna mobilność staje się istotnym obszarem badań i ważną luką badawczą, której należy poświęcić większą uwagę. Doskonalenie we wskazanym obszarze stanowi jeden z priorytetów współczesnego poziomu życia (Gierszewska i in., 2021, s. 39).

Obecnie wykorzystywane technologie w większości miast Polski pozwalają w praktyce zarządzać i sterować dynamicznie komunikacją miejską. Jedynym obszarem wymagającym uzupełnienia jest infrastruktura o kolejne elementy (Szarata, 2017, s. 231). Transport publiczny w Polsce jest w centrum zainteresowania administracji samorządowej pod względem organizacyjnym i technologicznym. Analiza komunikacji przeważnie odbywa się w obszarze dostępności przestrzennej, natomiast miarami są: czas przejazdu i koszt podróży (Orchowska, 2022, s. 109). Jakość systemu transportu publicznego jest jednym z aspektów oceny jakości życia na terenie metropolitalnym, gdyż podlega wnikliwej ocenie przez użytkowników (Bojda i Tubis, 2016, s. 132). Wspierając się bazą cytowań Web of Science zaprezentowano cytowania w opisywanym obszarze (wykres 11).

Wykres 11. Cytowania frazy "smart mobility" w roku 2024



Źródło: opracowanie na podstawie bazy cytowań WoS Web of Science 2024.

Od początku swego istnienia koncepcja inteligentnej mobilności jest wykorzystywana w sieciach transportowych, zarówno w obszarze planowania miejskiego, jak i planowania transportu, ze względu na innowacyjność. Równocześnie jest jednym z głównych czynników atrakcyjności miast oraz wytycza poziom i jakość życia mieszkańców (Bielińska-Dusza i in., 2021, s. 28). Zmiana pojęcia smart mobility jest dostrzegana w opracowaniach naukowych na poziomie zmian strukturalnych, prawnych a także na poziomie świadczenia tej usługi (Komorowski i Stanny, 2017, s. 130). Obecnie trwają prace nad zdefiniowaniem pojęcia inteligentnej mobilności. Wypracowanie ujednoliconej definicji smart mobility jest trudnym wyzwaniem, co może wynikać m.in. z faktu, iż idea ta nieustannie ewoluuje. Zbiór aktualnych definicji zaprezentowano w tabeli 7. W ostatnich latach można zaobserwować dwie główne tendencje:

- zapotrzebowanie na zrównoważone praktyki także w zakresie transportu publicznego,
- pojawiający się proces reurbanizacji.

W obecnym czasie każde z miast opracowuje strategię rozwoju transportu miejskiego oraz dodatkowo uruchamia usługi wspierające komunikację miejską, tabela 8 (MIR, 2013).

Tabela 7. Wybrane definicje inteligentnego transportu

Definicja	Autor/rzy
Inteligenta mobilność – wykorzystanie kreatywności lub zaawansowanych technologii do zarządzania transportem i komunikacją (również cyfrową). Wskaźnikami są: wydajność transportu, stosowanie zrównoważonych rozwiązań, wykorzystanie transportu publicznego, lokalna i globalna dostępność transportu czy infrastruktura technologiczna, np. dostęp do inteligentnych kart miejskich.	Giffinger, 2007
Inteligentna mobilność jest istotnym elementem planu inteligentnego miasta.	Yigitcanlar, T.; Kamruzzaman, M., 2019
Inteligentna mobilność jest szczytem inteligentnego miasta i wiąże się z techniką opartą na komunikacji, informacji i instrumentach technologicznych.	Tomaszewska, E.J., Florea, A., 2018
Inteligentna mobilność obejmuje szereg działań, które zwiększają mobilność użytkowników poruszających się pieszo, transportem publicznym lub prywatnym albo innymi środkami transportu. Prowadzi ona do zmniejszenia oddziaływania na środowisko.	Aletà, N.B., Alonso, C.M., Ruiz, R.M.A., 2017
Inteligentna mobilność to nie tylko wbudowanie technologii w infrastrukturę miejską, lecz także wezwanie obywateli, by w inteligentny i racjonalny sposób korzystali z miejskiego otoczenia i odnosili się do niego w racjonalny sposób.	Allam, Z., Newman, P., 2018
Inteligentna mobilność to podejście, które pomaga ograniczyć emisję trujących spalin emitowanych do atmosfery przez pojazdy i ludzi. Podobnie inteligentna mobilność pomaga w podnoszeniu jakości transportu w sposób, który jest przyjazny dla środowiska.	Gabrys, J., 2014
Inteligentna mobilność to sieci transportowe; zintegrowane systemy transportowe i logistyczne, wykorzystujące głównie czystą energię.	Barns, S., 2018
Inteligentna mobilność charakteryzują się mobilnością użytkowników, co może przynieść cenne korzyści w różnych dziedzinach życia przy równoczesnym analizowaniu dynamiki miejskiej komunikacji.	Ilarri, S. i in., 2014
Inteligenta mobilność koncentruje się na wykorzystaniu nowoczesnych technologii w celu umożliwienia bardziej ekologicznego i wydajnego przemieszczania się ludzi i towarów w obszarze miejskim.	Lyons, G., 2018
Inteligenta mobilność to wykorzystanie innowacyjnych rozwiązań technicznych wspieranych informatycznie podczas podróży mieszkańców.	Schulz, T. i in., 2021
Inteligentna mobilność jest jednym z filarów inteligentnego miasta, wykorzystuje do łączenia użytkowników, infrastrukturę i pojazdy w celu poprawy szybkości przemieszczania się w obszarach miejskich, zmniejszenia zatłoczenia, zwiększenia bezpieczeństwa ludzi oraz zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza i hałasu.	Mahrez, Z. i in., 2022
Inteligenta mobilność składa się z ogromnej ilości inteligentnych urządzeń, które posiadają zdolność do wyczuwania, obliczania, uruchamiania i stwarzania możliwości komunikacyjnych dla mieszkańców, gdzie kluczowym elementem jest efektywność.	Al-Turjman, F., 2019

Zródło: opracowanie na podstawie literatury przedmiotu

Tabela 8. Wybrane rozwiązania związane z inteligentnym transportem w polskich miastach

Miasto	Smart mobility w strategiach miast do roku 2030 r.	Współdzielone przejazdy	Możliwość wypożyczenia roweru	Możliwość wypożyczenia samochodu	Przejazdy na żądanie
Warszawa	„Powstaną zintegrowane węzły przesiadkowe, wdrożone zostaną rozwiązania z zakresu inteligentnych systemów transportowych, ułatwiające sprawne poruszanie się po mieście. Upowszechnione będą rozwiązania w zakresie mobilności współdzielonej. Rozwinięty zostanie spójny system transportu rowerowego oraz system ciągów pieszych...”	Mytaxi match – współdzielone taksówki Blablacar – wspólne przejazdy dla kierowców prywatnych i pasażerów	Veturilo – Warszawski Rower Publiczny ACRO Bike	Traficar Panek 4mobility innogyGO! CityBee	Uber – zgłoszenie potrzeby przejazdów na żądanie autami prywatnymi za pomocą aplikacji mobilnej
Kraków	„Miasto powinno posiadać zintegrowany i bezpieczny system transportowy wykorzystujący rozwiązania sektora technologii informacyjno-komunikacyjnych”	Blablacar	Wawelo	Traficar Panek CityBee	Uber Tele-bus – przejazd na żądanie autobusem
Łódź	Strategia zakłada „wzrost jakości życia i atrakcyjności gospodarczej miasta dzięki rozwojowi przyjaznego i zrównoważonego systemu komunikacji publicznej, zintegrowanego w skali Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego”	Blablacar	Łódzki Rower Publiczny	Port Łódź TrafiCargo CityBee EasyShare	Uber
Wrocław	„Rozbudowujemy inteligentne systemy zarządzania transportem”	Blablacar	Wrocławski Rower Miejski	Traficar Panek CityBee Vozilla	Uber
Poznań	Celem strategii rozwoju miasta z zakresu mobilności jest „zrównoważenie miejskiego i aglomeracyjnego systemu transportowego”	Blablacar	Poznański Rower Miejski	Traficar 4mobility Click2Go EasyShare CityBee	Uber

Źródło: opracowanie własne na podstawie Strategia Rozwoju Obszaru Metropolitalnego Warszawy do roku 2030; Strategia rozwoju Warszawy 2040+; Strategia Rozwoju Krakowa 2030; Strategia Zintegrowanego Rozwoju Łodzi 2020; Strategia Rozwoju Wrocławia 2030 +; Strategia Rozwoju Miasta Poznania 2020+.

Inteligentny transport można podzielić na dwa segmenty: innowacyjne rozwiązania i rozwój aktualnie oferowanych usług. Innowacyjne rozwiązania nie są obecne w każdym systemie transportu miejskiego, jednak odgrywają główną rolę w rozwoju zorientowanym na inteligentną mobilność. Pojazdy autonomiczne (Autonomic Vehicle - AV) i pojazdy elektryczne (*Electric Vehicle - EV*) to narzędzia po stronie pojazdów. *Mobility as a Service* (MaaS) to nowa koncepcja, dzięki której możliwe jest planowanie usług w zależności od zapotrzebowania oraz ich personalizacja. Rozwiązania mobilności współdzielonej są skutecznymi narzędziami zwiększającymi efektywność samochodów. Przy rozwijaniu obecnych usług zaleca się stosowanie innowacyjnych rozwiązań. W zakresie logistyki miejskiej dostępne są pojazdy elektryczne, elektryczne rowery towarowe, nowe techniki modelowania i sterowania ruchem (Boichuk, 2020, s. 64-65). Rozpowszechniają się aplikacje ICT zawierające w sobie m. in., sprzęt i oprogramowanie, przy czym zapotrzebowanie na nie jest generowane popytem. Przykładem są usługi parkingowe, które również zmierzają w kierunku rozwiązań zautomatyzowanych; parkingi P+R (*park and ride*) i łączność z siecią transportu publicznego to najważniejsze zagadnienia. Jednym z najnowszych kierunków badań jest oszczędność przestrzeni miejskiej poprzez normalizację zagadnień związanych z parkowaniem (Boichuk, 2020, s. 65).

Smart mobility jest jednym z ważniejszych elementów koncepcji smart city, prezentują to ujęte w pracy jako załączniki nr 1 do 3 rankingi inteligentnych miast. Dzięki zastosowaniu różnych rozwiązań technologicznych w każdej dziedzinie transportu i nauki o ruchu, możliwości wdrażania technologii do sektora transportowego są coraz większe. Rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych to kluczowe czynniki dla tworzenia smart city. Mobilność w miastach stała się jednym z największych problemów dla lokalnych samorządów. Rosnąca liczba prywatnych samochodów, wypadki drogowe, zatłoczone drogi w sieci komunikacyjnej, mniejsza przestrzeń publiczna dla ludzi i stagnacja gospodarcza zmuszają lokalne władze do tworzenia zrównoważonych i akceptowalnych dla środowiska rozwiązań dla mobilności miejskiej. Smart mobility to koncepcja, w której dzięki różnym danym z przeszłości i z czasu rzeczywistego oraz przy z pomocą technologii informacyjnych i komunikacyjnych czas podróży jest optymalizowany, co skutkuje zmniejszeniem wykorzystania przestrzeni, zatłoczenia dróg, wypadków drogowych i emisji szkodliwych gazów (Orłowski i Romanowska, 2019, s. 120).

Smart mobility to przede wszystkim niezależność, czyli możliwość przemieszczania się w wielu obszarach geograficznych (Flügge, 2017, s. 1). Podstawą są technologie informacyjne

- komunikacyjne (ICT), które obecnie odgrywają kluczową rolę w obszarze mobilności. Zgodnie z definicją Polskiego Funduszu Rozwoju (2024), ICT obejmuje „wszystkie technologie zdolne do manipulowania i przekazywania informacji”. W związku z tym do ICT zalicza się między innymi: Internet, telefonię komórkową i stacjonarną, sieci bezprzewodowe oraz telewizję - wraz z infrastrukturą niezbędną do obsługi tych kanałów i jednoczesnego rejestrowania danych, takich jak komputery, dyski przenośne i serwery. Ponadto aplikacje i rozbudowane systemy informatyczne, które umożliwiają gromadzenie, analizowanie i przesyłanie danych, również obejmują swoim zakresem ICT (Orłowski i Romanowska, 2019, s. 121).

Jeśli mobilność ma być "inteligentna", nie powinna ograniczać się do indywidualnych zachowań oraz jest zbiorem wielu różnorodnych inicjatyw, wówczas wykorzystujemy ICT na różnych poziomach. Biorąc pod uwagę stopień realizacji poszczególnych działań, można wyróżnić trzy fazy smart mobility (Orłowski i Romanowska, 2019, s. 123-125):

- **fazę początkową** – charakteryzuje się ona niewielką liczbą działań, które zazwyczaj nie są ze sobą skoordynowane, swoim zakresem obejmuje tylko niewielką część obszaru miejskiego;
- **fazę pośrednią** - szereg działań o szerszym zasięgu, realizowanych przez władze miasta oraz realizowaniem projektów pilotażowych i mierzeniem wyników;
- **fazę dojrzałą** - integracja rozwiązań smart mobility wykorzystanie Inteligentnych Systemów Transportowych, gromadzeniem i udostępnianiem danych.

Z punktu widzenia władz miasta wskaźniki i rankingi mają wiele zastosowań. Przede wszystkim pomagają w identyfikacji mocnych i słabych stron miasta, dzięki czemu można określić kierunki przyszłego rozwoju. W dłuższym okresie możliwość porównania zmian wartości wskaźników pozwala na kontrolę rzeczywistych efektów podejmowanych działań. Ocenianie poszczególnych obszarów miasta również umożliwia weryfikację, czy rozwój całego obszaru miejskiego odbywa się w sposób zrównoważony, co jest niezwykle istotne dla jego prawidłowego funkcjonowania, zgodnie z założeniami koncepcji smart city. Przytoczone w pracy trzy rankingi (załącznik 1 do 3) prezentują inną płaszczyznę porównawczą dla inteligentnych miast. Należy nadmienić, iż polskie miasta w zestawieniu tych rankingów zajmują odległe lokaty, z uwagi na fakt że są one na etapie wdrażania typowych rozwiązań dla smart city. W rankingu światowym IDE Cities in Motion Index, z polskich miast najwyższe miejsce zajmuje Warszawa pozycja nr 54. W drugim rankingu, najwyżej skalsyfikowane jest

polskie miast Wrocław na pozycji nr 88 (IESE Cities in Motion Index, 2022). Dzięki takim rankingom możliwe jest wnikliwe analizowanie strategii miast wyżej usytuowanych, co daje to m.in. możliwość uczenia się i zapożyczania gotowych rozwiązań od miast lepiej ocenianych. Patrząc na ich rozkwit możemy, skorzystać ze sprawdzonych rozwiązań, pozyskać informację oraz wskaźniki do oceny efektywności wyżej wymienionych rozwiązań. W przypadkach sukcesu porównanie konkretnych miast jest również korzystne z punktu widzenia wartości marketingowej. Przekłada się to na wdrożenie przez nie najlepszych praktyk w wybranym mieście, co wpływa na wzrost pozytywnych postaw wśród władz lokalnych i aktywistów miejskich. Ponadto korzystna prezentacja miasta przyciąga inwestorów i nowych mieszkańców, a to wpływa na status miasta i jego budżet. Dodatkowo, poprzez wskaźniki i rankingi, samorząd może oddziaływać na społeczności lokalne, dążąc do przekonania ich do zmian Sustainable and smart mobility strategy (Pawłowska, 2017, s. 238).

Inteligentny transport to kluczowy element współczesnych miast, który ma na celu poprawę efektywności, bezpieczeństwa i zrównoważonego zarządzania ruchem drogowym. Wykorzystuje zaawansowane technologie, takie jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczną inteligencję i analitykę danych, aby optymalizować infrastrukturę transportową oraz ułatwiać komunikację między użytkownikami a systemami. Inteligentny transport obejmuje takie rozwiązania jak systemy zarządzania ruchem, zintegrowane platformy biletowe, autonomiczne pojazdy czy inteligentne przystanki autobusowe. Jego celem jest nie tylko poprawa jakości życia mieszkańców, ale także zmniejszenie negatywnego wpływu transportu na środowisko. Dzięki integracji technologii, miasta stają się bardziej przyjazne zarówno dla ludzi, jak i dla środowiska. W dalszym rozwoju inteligentnego transportu powinniśmy zwrócić uwagę na to, że (Orłowski i Romanowska, 2019, s. 126):

- stosowanie wskaźników i rankingów jest bardzo korzystne dla wszystkich: tj. władz, inwestorów i obywateli. Odpowiednie ich wykorzystanie może sprzyjać dalszemu rozwojowi obszarów miejskich, a co za tym idzie - całego kraju;
- najbardziej obiecujące wskaźniki i rankingi dotyczące smart city nie prezentują całości informacji na temat sposobu, w jaki oceniane są poszczególne elementy. Uniemożliwia to pełne zrozumienie, a tym samym poprawę poszczególnych elementów wpływających na wyniki danych miast;
- niektóre z tych kryteriów oceny mogłyby zostać poprawione lub wyjaśnione, a także rozszerzone o nowe elementy oceny, aby zapewnić, że wskaźniki są dokładniejsze i bardziej wiarygodne w odniesieniu do rzeczywistego rozwoju miasta;

- dane dotyczące niektórych wskaźników i rankingów są odpłatne, co uniemożliwia szerszemu gronu odbiorców zapoznanie się z informacjami, które prezentują.

Jednocześnie stosowane dotychczas wskaźniki mają charakter bardzo ogólny, gdyż uwzględniają całość smart cities lub jeśli są, szczegółowe to opierają się wyłącznie na danych statystycznych. Wynika to zarówno z braku danych od mieszkańców, jak i nieprecyzyjnych danych od władz (np. na temat doświadczeń), a jednocześnie wymusza stosowanie danych statystycznych, których przydatność wydaje się dyskusyjna.

Proponowany nowy wskaźnik Smart Mobility Indicator (SMI), jest ciągle rozwijany oraz przyczyniania się do dalszego rozwoju obszarów miejskich, jego wartości powinny być powinien być udostępniane publicznie. Proponuje się, aby każdy urząd miejski stworzył roczną analizę dla miasta, którym zarządza. Pozwoli to na systematyczną kontrolę realizowanych działań, pamiętając jednocześnie, że głównym celem jest poprawa warunków życia mieszkańców, a nie cele marketingowe. Prawidłowość oceny zapewni pełna przejrzystość danych służących do pomiaru cech, dzięki czemu wszelkie niejasności będą mogły być weryfikowane przez mieszkańców i konkurencyjne jednostki miejskie. Jednolity system oceny, zastosowany w ramach wskaźników, umożliwi porównywanie się miast między sobą, co w oczywisty sposób przyczyni się do ich rozwoju (Orłowski i Romanowska, 2019, s. 128).

Z perspektywy smart mobility należy dokładnie przeanalizować kwestie, które mają wpływ na mobilność na obszarach miejskich. W tym celu należy podzielić cały obszar na dziedziny, które obejmą następujące aspekty (Pawłowska, 2017, s. 240-241):

- infrastrukturę techniczną,
- infrastrukturę informacyjną,
- wykorzystywane do tego celu metody poruszania się i pojazdy,
- ustawodawstwo.

Wskazany powyżej podział dziedzinowy jest wynikiem analiz. Dotychczasowe próby takiego podziału oraz badania zostały przeprowadzone przez Orłowskiego i Romanowską (2019) w dziesięciu największych miastach w Polsce. Decyzja o zastosowaniu tego podziału została podjęta, ponieważ pozwala on na jednoznaczne określenie granic pomiędzy tymi dziedzinami, które w rzeczywistości są od siebie zależne. Wszystkie te domeny powinny być rozwijane w sposób zrównoważony, tak aby osiągnąć prawidłowe funkcjonowanie całego obszaru smart mobility. Jednocześnie należy uznać, że w przypadku braku odpowiednich rozwiązań zarówno w zakresie infrastruktury technicznej, jak i informacyjnej nie są możliwe

skuteczne działania w zakresie metod mobilności i wykorzystywanych w tym celu pojazdów. Pomimo tego, że prawodawstwo może w znacznym stopniu przyczynić się do rozwoju wszystkich wymienionych dziedzin, działania legislacyjne są w dużej mierze jedynie odpowiedzią na aktualną sytuację w poszczególnych dziedzinach (Orłowski i Romanowska, 2019, s. 130).

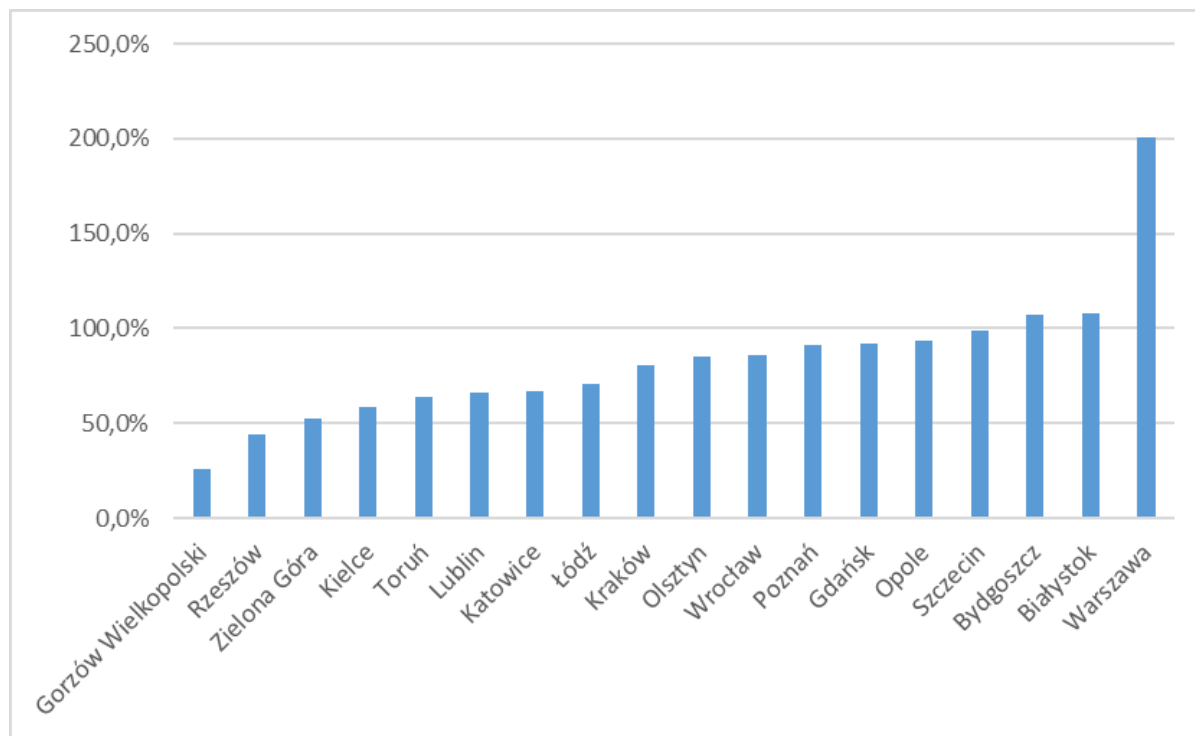
3.4. Zarządzanie transportem publicznym w inteligentnym mieście w Polsce

Obszar Polski, w ujęciu miast wojewódzkich, wykazuje iż występuje zróżnicowanie dostępnych środków transportu miejskiego (tab.8). Liderem poniższego zestawienia jest miasto stołeczne Warszawa, które posiada rozbudowany system komunikacji miejskiej. Pozostałe miasta wojewódzkie, dążą do rozbudowy obecnego systemu, który jest w pełni funkcjonalny. Natomiast strategia rozwojowa komunikacji miejskiej danego miasta, nie jest spójna trendami europejskimi, co wydłuża proces wdrożenia rozwiązań dotyczących koncepcji inteligentnego miasta. Kompleksowym rozwiązaniem udostępnionym dla ogółu jest Warszawska Platforma IoT, która odpowiada za możliwość korzystania z e-usług, m.in.: wskaźnika jakości powietrza, dostępności miejsc parkingowych, lokalizacji przystanków transportu publicznego, ekopunktów oraz publicznych toalet. Za pośrednictwem technologii ICT umożliwia się komunikację oraz transfer danych (Łabędzki, 2022, s. 36), co przekłada się na procesy transportu publicznego. Przykładem takich działań jest platforma internetowa jakdojadę.pl, która pełni funkcję „inteligentnego planisty podróży”, który uwzględnia czas przejazdu oraz relację, np.: dom–praca–dom lub dom–szkoła–dom). Wynikiem tego jest otrzymanie najlepszej trasy, bazującej na rzeczywistych danych w osi czasu rzeczywistego. W procesie rozbudowy systemu transportu zbiorowego stolicy uwzględnia się wykorzystywane środki transportu oraz realizację powierzonych planów przewozowych. Od 2023 r. trwają prace nad rozbudową i wdrożeniem nowoczesnego systemu biletowego, który umożliwi zarządzanie niezbędną infrastrukturą oraz uwzględnieni potrzeby pasażerów z wykorzystaniem nowoczesnych technologii (m.in. certyfikowane karty EMV, dedykowany portal pasażera, aplikacja mobilna). Planowane rozwiązania przybliżą Warszawę do smart mobility i zapewnią obsługę pasażera zgodną z najwyższymi standardami w opisanym obszarze (Łabędzki, 2024, s. 196).

Wykres 15 pokazuje, iż tak naprawdę na wykorzystanie transportu publicznego największe znaczenie ma stopień rozwoju danego miasta. Nie ulega bowiem wątpliwości, iż w tym zakresie prym wiodzie Warszawa. Z kolei Wrocław uznawany jest za drugie najlepiej rozwinięte miasto, a jednak mieszkańcy wolą korzystać z własnego transportu. Ta sytuacja wiąże się przede wszystkim z ogromnymi korkami w tym mieście. Tak więc, nawyki mieszkańców danego

miasta również mogą mieć wpływ na to, czy potencjał transportu publicznego zostanie wykorzystany prawidłowo.

Wykres 12. Stopień wykorzystania transportu publicznego w poszczególnych miastach wojewódzkich Polsce w roku 2024.



Źródło: (Gadziński i Góras, 2024, s. 49)

Tabela 9. Rodzaje transportu miejskiego w miastach wojewódzkich w Polsce w roku 2024.

Miasto	Autobusy	Pociągi	Samoloty	Rowery	Transport wodny	Metro	Samochody na wynajem	Trolejbusy	Tramwaje
Białystok	V	V	V	V					
Bydgoszcz	V	V	V	V					V
Gdańsk	V	V	V		V			V (Gdynia)	V
Zielona Góra	V								V
Katowice	V	V	V						V
Lublin	V	V	V					V	V
Wrocław	V	V	V	V					V
Łódź	V	V	V	V			V		V
Kraków	V	V	V	V			V		V
Warszawa	V	V	V	V		V	V		V
Opole	V	V		V					
Rzeszów	V	V	V	V			V		
Kielce	V	V		V					
Olsztyn	V	V	V	V					V
Poznań	V	V	V	V			V		V
Szczecin	V	V	V	V	V				V

Źródło: opracowanie na podstawie Gadziński i Goras, 2024, 17-43.

Transport miejski w miastach wojewódzkich w Polsce w 2024 roku charakteryzuje się dużą różnorodnością środków komunikacji publicznej, dostosowanych do potrzeb mieszkańców oraz uwarunkowań przestrzennych i infrastrukturalnych poszczególnych aglomeracji. W skład systemu transportu miejskiego wchodzi zarówno tradycyjne środki transportu, jak i nowoczesne rozwiązania technologiczne, które mają na celu poprawę mobilności, zmniejszenie emisji spalin oraz zwiększenie efektywności przewozów pasażerskich. Podstawowymi środkami transportu publicznego w miastach wojewódzkich są autobusy, które funkcjonują we wszystkich ośrodkach miejskich. Wiele z nich korzysta z ekologicznych rozwiązań, takich jak autobusy elektryczne i hybrydowe, wpisując się w strategię zrównoważonego rozwoju. W niektórych miastach, takich jak Warszawa, Kraków, Poznań, Wrocław czy Gdańsk, istotną rolę odgrywa transport szynowy – tramwaje i metro, które zapewniają szybkie i wygodne połączenia na kluczowych trasach. Warszawa jako jedyne miasto w Polsce dysponuje systemem metra, który sukcesywnie jest rozbudowywany. W kilku miastach wojewódzkich rozwija się również system kolei miejskiej i aglomeracyjnej, który pełni istotną funkcję w przewozie pasażerów na większe odległości, łącząc centrum z obszarami podmiejskimi. Przykładem jest Szybka Kolej Miejska (SKM) w Trójmieście oraz Koleje Mazowieckie obsługujące Warszawę i okolice. Nowoczesne podejście do transportu obejmuje także rozwój alternatywnych środków mobilności, takich jak rowery miejskie, hulajnogi elektryczne oraz systemy car-sharingu i ride-sharingu, które wspierają ideę transportu współdzielonego. Wiele miast inwestuje w infrastrukturę rowerową oraz wdraża inteligentne systemy zarządzania ruchem, aby zwiększyć efektywność transportu publicznego oraz poprawić jakość podróży mieszkańców. Podsumowując, transport miejski w polskich miastach wojewódzkich w 2024 roku jest coraz bardziej zróżnicowany i zorientowany na zrównoważony rozwój. Kluczowe wyzwania na przyszłość to dalsza integracja systemów transportowych, rozwój ekologicznych technologii oraz optymalizacja tras i częstotliwości kursowania pojazdów, aby lepiej odpowiadać na potrzeby mieszkańców.

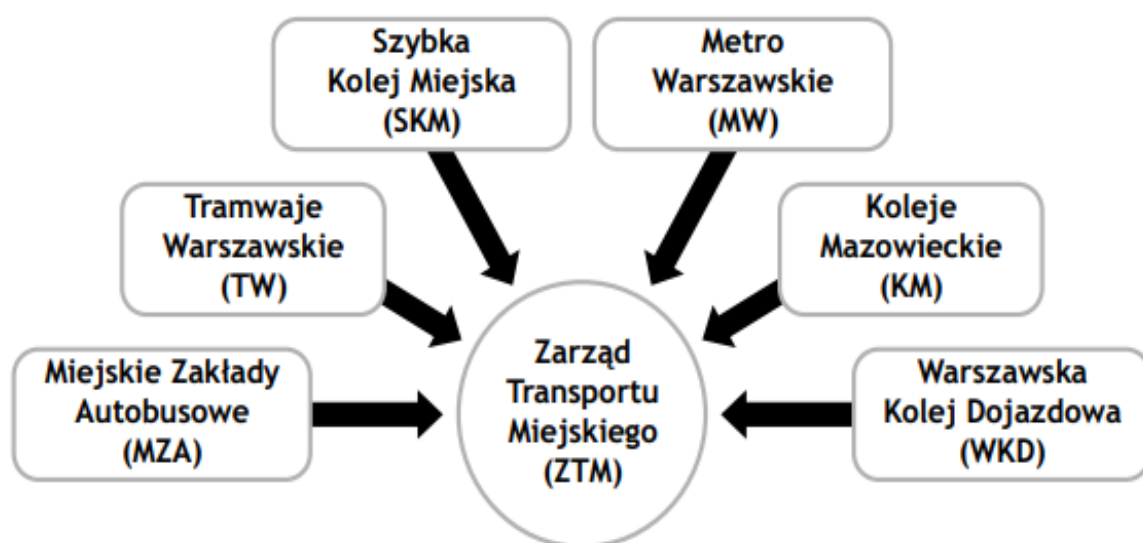
3.5. Rozwiązania Internetu Rzeczy w zarządzaniu miejskim transportem publicznym

W pierwszej generacji koncepcji miasta inteligentnego koncentrowano się na zaawansowanych technologiach, które, charakteryzują się unifikacją i brakiem uwzględnienia indywidualnych cech poszczególnych miast. Proponowane rozwiązania są jednostronne, polegające na decyzjach podejmowanych przez władze bez należytego uwzględnienia konsultacji społecznych z mieszkańcami (Raj, i in., 2024, s. 12-13). Jest to podejście, w którym implementacja technologii jest centralizowana, pomijając istotne aspekty związane

z partycypacją społeczną (Bolívar, 2016, s. 33). Druga generacja *smart city* kierunkuje zaangażowanie władz lokalnych, które poszukują rozwiązań dostosowanych do konkretnych potrzeb swoich miast. To podejście stawia pod znakiem zapytania konieczność elastycznego podejścia do zarządzania obszarem miejskim, jednak istnieje wyraźna przeszkoda w postaci braku jasnych wytycznych dotyczących tej kwestii. Brak odpowiednich ustaleń odnośnie do zarządzania obszarem miejskim przez dedykowane osoby stanowi istotne wyzwanie dla skutecznej transformacji w miasto inteligentne (Łabędzki, 2022, s. 31). Obecna trzecia generacja *smart city*, koncentruje się na zintegrowanym podejściu, które łączy zaawansowane technologie z partycypacją społeczną. W tym przypadku, kluczowym aspektem jest uwzględnienie zarówno innowacyjnych rozwiązań technologicznych, jak i aktywnego udziału społeczeństwa w procesach decyzyjnych dotyczących miasta. Współpraca pomiędzy władzami a mieszkańcami może prowadzić do bardziej zrównoważonej i efektywnej transformacji w kierunku inteligentnego miasta (Łabędzki, 2022, s. 31).

Inteligentne miasta, to dynamicznie rozwijający się koncepcja, która zyskuje na znaczeniu w dobie szybkiego rozwoju technologicznego i urbanizacji. W obliczu rosnącej liczby ludności miejskiej oraz wyzwań związanych ze zrównoważonym rozwojem inteligentne miasta oferują innowacyjne rozwiązania, które mają na celu poprawę jakości życia mieszkańców, zwiększenie efektywności zarządzania zasobami oraz ochronę środowiska. W procesie kształtowania inteligentnej stolicy kluczową rolę odgrywa administracja samorządowa miasta. Szczególnie istotny jest udział mieszkańców w decyzjach bezpośrednio ich dotyczących, co podkreśla współpracę między sektorem publicznym a prywatnym. Partnerstwo obu tych grup stanowi fundament dla skutecznego budowania inteligentnego miasta. Zintegrowane zarządzanie miastem poprzez nowoczesne technologie wymaga skierowania uwagi na kilka aspektów. Po pierwsze, istotne jest zapewnienie wszechstronnego dostępu do usług komunalnych, kulturalnych i rozrywkowych. Takie podejście sprawia, że mieszkańcy mają łatwy dostęp do różnorodnych świadczeń, co przyczynia się do poprawy ich codziennego życia (Gomez-Ortega, i in., 2024, s. 860-862). Po drugie, aspekt bezpieczeństwa mieszkańców staje się priorytetem, wymagając ciągłej troski o ochronę oraz rozwój działań prewencyjnych. Po trzecie w kontekście zdrowia publicznego inteligentna stolica powinna inwestować w infrastrukturę wspierającą zdrowy styl życia mieszkańców. To obejmuje zarówno dostęp do placówek medycznych, jak i promowanie aktywności fizycznej oraz zdrowej diety. Inwestycje te mają na celu podniesienie atrakcyjności życia w aglomeracji miejskiej, przyczyniając się do lepszej kondycji społeczeństwa (Knight Frank London i Urząd m.st. Warszawy, 2018).

Miasto stołeczne Warszawa wyróżnia się w stosunku do innych miast Polski rozwiniętym systemem transportu, bowiem, ma ona wyspecjalizowane podmioty do obsługi transportu miejskiego (rys.25). Występuje tutaj proces współpracy pomiędzy władzami miasta, operatorami komunikacji miejskiej i pasażerami. Dodatkowo technologie ICT wspomagają pozyskiwanie danych, szczegółową analizę, którą otrzymują z zainstalowanych czujników w infrastrukturze komunikacyjnej miejskich IoT. Wpływa to na poprawę realizowanych przewozów pasażerskich w obszarze metropolitalnym stolicy oraz wpływa na inicjowanie nowych procesów (Łabędzki, 2021, s. 191).



Rysunek 23 Operatorzy komunikacji miejskiej na terenie m.st. Warszawy
Źródło: Łabędzki, (2022, s. 35)

Główną korzyścią wynikającą z implementacji IoT jest poszerzenie możliwości biznesowych i zakresu działalności, co skłania organizacje do eksperymentów z IoT oraz inwestowania rozległe inicjatywy. Antycypacje związane z IoT kreują nową agendę badawczą w różnych firmach, stąd coraz powszechniejsze staje się pojęcie "ekosystemu IoT". To kompleksowe i rozbudowane środowisko, integrujące sprawdzone produkty, nowoczesne technologie oraz innowacyjne formy współpracy i partnerstw (Liwarska-Fulczyk, 2020, s. 4).

Odwołując się do zachodnich miast, które mają zaawansowany stopień zarządzania transportem publicznym, omówiono przykłady wysoko rozwiniętych krajów europejskich. Powstałe problemy, zostały przeanalizowane m. in.: Niemiec, Dani, Włoch i Słowenii. W ramach projektu badawczego DiMo-FuH został zdefiniowany nowy standard protokołu komunikacyjnego dla wymiany informacji między systemami centralnymi a systemami terenowymi w transporcie publicznym. Protokół ten oparty jest na standardzie IoT, a konkretnie

na protokole MQTT. W ramach testów pilotażowych przeprowadzonych między autobusami a centrami sterowania przetestowano komunikację na urządzeniach biletowych, systemach informacyjnych oraz instalacjach dźwiękowych, mając na celu poprawę komfortu jazdy pasażerów. W skład konsorcjum projektowego wchodziły przedsiębiorstwa branżowe (INIT, Trapeze, IVU), operatorzy transportu publicznego (MVG Munich, KVB Cologne), uczelnie (RWTH Aachen, TU Ilmenau) oraz Związek Niemieckich Przedsiębiorstw Transportowych (VDV). Projekt został częściowo sfinansowany przez Federalne Ministerstwo Transportu i Infrastruktury Cyfrowej Niemiec. Celem projektu było nie tylko zdefiniowanie nowego standardu komunikacyjnego opartego na protokole MQTT, ale także przeprowadzenie testów na rzeczywistych pojazdach i centrach sterowania. W trakcie tych testów sprawdzono komunikację na różnych urządzeniach, takich jak automaty biletowe, systemy informacyjne czy instalacje dźwiękowe. Wszystko to miało na celu podniesienie jakości doświadczenia podróżujących w transporcie publicznym (Dimo; UITP, 2020, s. 5).

W Kopenhadze przepisy dotyczące COVID-19 narzuciły ograniczenia dotyczące liczby pasażerów mogących podróżować autobusami. Od 29 czerwca 2020 roku każde siedzenie jest dostępne, jednak tylko połowa miejsc stojących może być wykorzystywana. W rezultacie zwykły autobus miejski może teraz pomieścić od 50 do 60 pasażerów w porównaniu do wcześniejszych 70-80. Movia, organ zarządzający transportem publicznym w Danii Wschodniej, postanowiła przetestować, czy wykrywanie smartfonów może być skutecznym narzędziem do monitorowania zapełnienia lub dostępności miejsc w autobusach. W ramach pilotażowego projektu sensory IoT zamontowane w autobusach będą rejestrować liczbę telefonów komórkowych z sygnałem internetowym. Ta liczba będzie wykorzystywana do określenia, czy autobus jest pełny, czy nie, a informacje te będą przekazywane oczekującym na przystankach pasażerom. Jeśli autobus jest zapełniony, kierowca nie będzie wpuszczać nowych pasażerów (Fedujwar i Agarwal, 2025, s. 7-9).

W ramach projektu Mobilità Integrata dei Trasporti (MITT) zrealizowano wdrożenie IoT w celu monitorowania w czasie rzeczywistym lokalnych środków transportu publicznego oraz zarządzania czasem podróży dla operatora Trentino Trasporti zlokalizowanego w Trento we Włoszech. Technologie IoT zostały wykorzystane do śledzenia rzeczywistej pozycji autobusów i przekazywania informacji o czasach podróży pasażerom. Wykorzystywana technologia Al maviva Giotto, oparta na komponentach typu OpenSource, dostępna jest w modelu on-premise lub PaaS, co umożliwia wdrożenie aplikacji IoT, wykorzystując już dostępny system Backend z w pełni zintegrowanymi komponentami (UITP, 2020, s. 5).

ATM, odpowiedzialne za transport publiczny w Mediolanie oraz miejskie władze zobowiązały się do poprawy jakości życia mieszkańców. W regionie wprowadzono różnorodne systemy IoT, takie jak systemy Monitorowania Pojazdów (AVM) i sensory do monitorowania obszarów parkingowych. Przeprowadzono projekty pilotażowe (PoCs) mające na celu dostarczenie szczegółowych informacji o zatłoczonych stacjach metra, a technologia Bluetooth Beacon Low Energy (BLE) została wykorzystana do liczenia liczby osób. Planuje się wprowadzenie nowych aplikacji, umożliwiających użytkownikom otrzymywanie aktualnych informacji i wybieranie preferowanych tras. Dodatkowo system monitoringu wizyjnego jest używany do wykrywania obszarów zatłoczonych lub zliczania osób poprzez analizę obrazów i nagrań w stacjach metra, pociągach, autobusach, tramwajach i trolejbusach. ATM wprowadziło także systemy oparte na GPS do aplikacji Mobilności jako Usługi (MaaS). System MaaS ułatwia wymianę danych dotyczących informacji o podróży oraz zbieranie opłat za bilety między interesariuszami a firmami transportowymi w regionie, przechodząc od MaaS do TaaS (UITP, 2020, s. 6).

Nomago stanęło przed zadaniem skonsolidowania, nowoczesnego dostosowania i usprawnienia działalności 12 różnych operacji autobusowych na terenie Słowenii. Dzięki platformie zarządzania transportem publicznym LIT Transit, Nomago obecnie efektywnie zarządza flotą za pomocą jednej jednolitej platformy. Na autobusach miejskich i regionalnych zainstalowano szereg urządzeń IoT. Obejmuje to jednostki pokładowe wyposażone w systemy nawigacji satelitarnej GNSS, czujniki inercyjne IMU oraz łączność z systemem CAN BUS, systemy ogłoszeń i liczniki pasażerów. Dane zbierane z tych urządzeń są jednocześnie przesyłane do wspólnej otwartej platformy, gdzie są kompleksowo wizualizowane. Ten spójny przepływ danych umożliwia lepszą kontrolę operacyjną i podniesienie satysfakcji klientów. Informacje o lokalizacji pojazdów są aktywnie wykorzystywane do precyzyjnego przewidywania czasu podróży, wykorzystując technologię uczenia maszynowego. Te prognozy są prezentowane w czasie rzeczywistym na podłączonych wyświetlaczach, umożliwiając pasażerom bieżące monitorowanie czasu przyjazdu autobusów. Działa to nie tylko na rzecz zwiększenia efektywności systemu, ale również zadowolenia podróżnych, dostarczając im bardziej precyzyjnych informacji o czasie podróży (Nomago, a Bus Operator in Slovenia, implemented Transit Management Platform with IOT).

3.6. Podsumowanie

W rozdziale skupiono się na wszechstronnym przedstawieniu problematyki zarządzania transportem publicznym z uwzględnieniem nowoczesnych technologii, w tym IoT. Na początku przybliżono problem przemieszczania się ludzi od tradycyjnych metod transportu po nowoczesne rozwiązania. Omówiono kluczowe czynniki wpływające na rozwój mobilności, takie jak urbanizacja, rozwój technologii oraz zmieniające się potrzeby społeczne. Zaprezentowano umiejscowienie w literaturze przedmiotu pojęcia smart mobility, czyli inteligentnej mobilności. Zdefiniowano smart mobility jako koncepcję integrującą różnorodne technologie i usługi w celu optymalizacji transportu publicznego, zwiększenia jego efektywności oraz poprawy doświadczeń użytkowników. Omówiono różnorodne podejścia do smart mobility prezentowane w literaturze, podkreślając ich zalety. Podkreślono potencjalne korzyści wynikające z implementacji tych technologii IoT, w tym zwiększenie bezpieczeństwa, redukcję zanieczyszczeń oraz poprawę efektywności systemów transportowych. Omówiono również, w jakich obszarach transportu smart mobility znajduje zastosowanie. Wskazano na szerokie spektrum zastosowań, od inteligentnych systemów zarządzania ruchem, przez autonomiczne pojazdy, po rozwiązania dla transportu publicznego, takie jak zintegrowane systemy biletowe czy dynamiczne zarządzanie flotą. W rozdziale przeanalizowano także stan transportu publicznego w Polsce, przedstawiając obecne wyzwania i potencjalne obszary do poprawy na podstawie miast wojewódzkich z wyróżnieniem miasta stołecznego Warszawy. Ostatnia część rozdziału poświęcona jest rozwiązaniom IoT w obszarze transportu miejskiego. Opisano konkretne przykłady wdrożeń IoT, takie jak inteligentne przystanki, systemy monitorowania ruchu, zarządzanie flotą autobusów i tramwajów, oraz aplikacje mobilne dla pasażerów. Wskazano na korzyści płynące z wykorzystania IoT, w tym zwiększenie komfortu podróżowania, poprawę punktualności oraz efektywne zarządzanie zasobami. Podsumowując, rozdział ten kompleksowo przedstawia metodyczne podejście do zarządzania transportem publicznym, uwzględniając zarówno teoretyczne aspekty smart mobility, jak i praktyczne rozwiązania oraz perspektywy ich rozwoju.

4. Analiza wyników badań dotycząca zastosowania Internetu Rzeczy w transporcie publicznym

4.1. Wprowadzenie

Rozwój badań empirycznych oraz rosnące zapotrzebowanie na praktyczne wykorzystanie ich wyników sprzyjają dążeniu do lepszego zrozumienia zjawisk społecznych. Obecnie nie istnieje żadna jednoznaczna reguła wyboru metody, każdy z badaczy indywidualnie według własnych potrzeb dobiera metody, wskaźniki oraz mierniki (Abell, 1975, s.119) Intensyfikacji liczby badań towarzyszy rosnące zapotrzebowanie na pewien określony typ metod badawczych, które na pytania sformułowane przez badacza, pozwalają uzyskać w miarę rzetelne odpowiedzi. Czego efektem będą właściwe wnioski oraz nakreślone kierunki dalszych badań. Postawione oczekiwania spełniają tzw. standaryzowane metody badań zjawisk społecznych, które wraz ze statystycznymi metodami analizy zebranych materiałów stanowią obecnie dominujący sposób prowadzenia analiz na każdym poziomie badawczym (Nowak, 1970, s. 76; Czakon, 2023, s. 6-7). W ostatnich latach wywiady standaryzowane stale zyskują na znaczeniu i stopniowo stają się podstawowym narzędziem badawczym. Konsekwencją tego wszystkiego jest dynamiczny rozwój, a obszary, w jakich możemy generować i prowadzić badania, obejmują każdą dziedzinę życia (Juchniewicz i Metelski, 2015, s. 89). Bogate instrumentarium pozwala rozwiązać dowolny algorytm badawczym. Jedynym ograniczeniem może być tylko nasza wiedza, kompetencje i doświadczenie (Nawojczyk, 2002, s. 23; Trocki, 2016, s. 63).

Kluczową kwestią jest zrozumienie interesujących badacza zjawisk. Opisywanie i wyjaśnienie ich, w konsekwencji prowadzi do możliwości przewidywania ich dalszego przebiegu. Przystępując do badania wytypowanego obszaru, badacz kieruje się racjonalnym i usystematyzowanym modelem działania, który może zaczerpnąć z dostępnej literatury przedmiotu. W aspekcie praktycznym stosuje się różnorodne metody postępowania, koncepcje badawcze, które realizuje się w różnych wymiarach z wykorzystaniem algorytmów oraz wskaźników. Pozwala to na opracowanie modeli badawczych, które posłużą na podniesieniu jakości badawczej dla potrzeb przyjętego założenia.

4.2. Założenia badawcze i charakterystyka próby

Badania naukowe są prowadzone zgodnie z przyjętą przez autora metodą. Warto wyraźnie zaznaczyć, że teoria i praktyka pozwolą uzyskać odpowiedź na postawiony zestaw pytań badawczych. Wypowiedzi respondenta wywoływane są na podstawie przyjętego wzoru

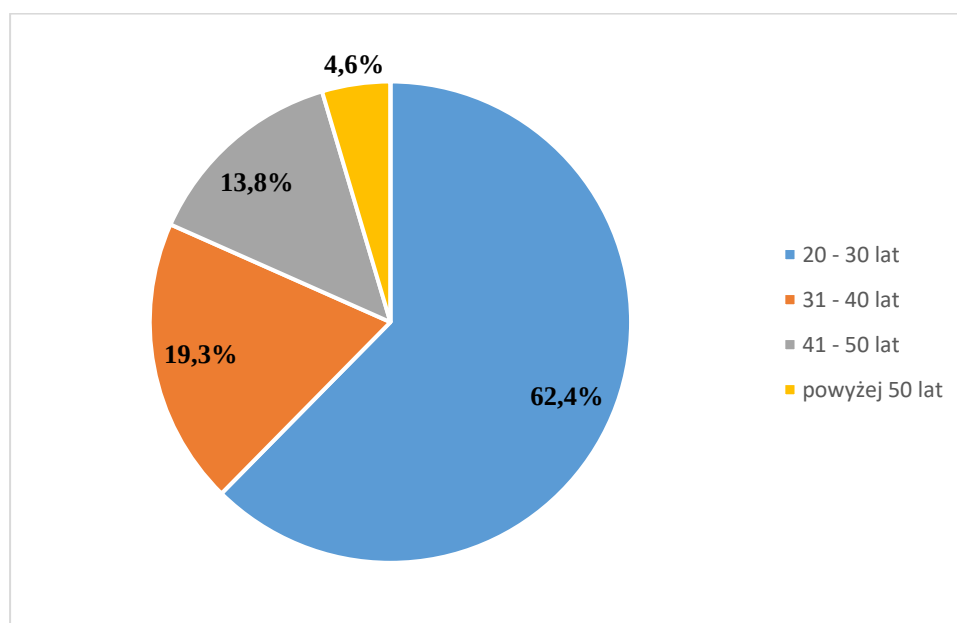
kwestionariusza ankietowego – jednakowego dla wszystkich uczestników (Stempień i Woszczyk, 2018, s. 26). Na podstawie przeprowadzonej analizy literaturowej, został opracowany dwuetapowy proces badawczy: badań ankietowych, ankiet eksperckich. Na podstawie otrzymanych wyników badań, można w pewnym stopniu określić kolejne fazy rozwoju postawionego problemu badawczego. Analityczna ocena pozwala jasno określić kryteria i prawidłowo przeprowadzić badania (Trocki, 2013, s. 185). Odpowiedzi respondentów są zunifikowane na podstawie przyjętego wzorca odpowiedzi (Stempień i Woszczyk, 2018, s. 26). Bieżące kontrolowanie badań zapewnia ich prawidłowy przebieg oraz minimalizuje ewentualne nieprawidłowości (Juchniewicz i Metelski, 2015, s. 33). Sposoby myślenia i zachowania składające się na strukturę i kulturę zbiorowości, w jakiej uczestniczą badani przez nas ludzie, tworzą system norm, ról i stosunków społecznych zbiorowości, wyznaczają w ogromnej mierze zachowania tych ludzi, ich sposób myślenia i odczuwania. Przede wszystkim staramy się przewidzieć skuteczność działania pewnego wzorca myślenia, wzorca zachowania czy pewnego schematu stosunków tworzących strukturę grupy. Uchwycenie w schemacie warunkowej prognozy wszystkich czynników współwyznaczających interesujący nas skutek, które mogą działać w naszej populacji, a następnie sprawdzenie ich natężenia w danej zbiorowości może być zadaniem bardzo złożonym.

Metoda badania zwana techniką oceny eksperckiej - stworzona przez Rand Corporation - jest wykorzystywana do poznania poglądów grupy ekspertów na dany temat, jak również do osiągnięcia konsensusu w omawianym temacie. Metoda oceny eksperckiej, wykorzystując wiele rund, gromadzi informacje i opinie, przetwarza je, a następnie ponownie przedstawia je zespołowi ludzi w celu ich dopracowania. Pozwala ona grupie ludzi na wspólne badanie złożonych tematów, a jednocześnie uniknąć sporów, które mogłyby powstać w wyniku różnic w opiniach. W odniesieniu do tematy pracy, technika ta została wykorzystana, aby lepiej zrozumieć wieloaspektowość problemów związanych z tą tematyką (DuBois, i in., 2018). Metoda ekspercka pozwala ekspertom, pochodzącym z różnych środowisk, udzielić rzeczowych odpowiedzi w omawianym problemie badawczym. Na potrzeby niniejszych badań ekspert został zdefiniowany jako osoba, która posiada wiedzę, doświadczenie i potrafi wyrazić w sposób kompetentny odpowiedzi na zadane pytania z tematyki: inteligentnego miasta, Internetu Rzeczy i transportu publicznego. Eksperci, którzy wzięli udział w badaniu, udzielili odpowiedzi na pytanie zawarte w kwestionariuszu. Na tej podstawie opracowane wnioski końcowe.

Badanie do potrzeb rozprawy doktorskiej zostało przeprowadzone w okresie 23.04.2022-08.05.2022, a liczba osób w nim uczestniczących wynosiła 132. Wszelkie informacje były zbierane w formie ankiety, a sam kwestionariusz zawierał zarówno pytania otwarte, jak i zamknięte. Narzędziem badawczym był formularz, który został przygotowany w formie elektronicznej w MS Forms i składał się z 18 pytań podstawowych oraz z 4 pytań metryczkowych. Obliczenia, których celem było przedstawienie graficznych wyników, zostały wykonane za pomocą MS Excel. W załączniku nr 4 znajduje się kwestionariusz ankiety.

Badanie ankietowe adresowane było do osób pełnoletnich, które wyraziły chęć udziału w badaniu. Charakterystyka respondentów obejmuje różnorodne grupy społeczne, z uwzględnieniem różnic demograficznych oraz geograficznych. Istotne elementy, jakie zostały zawarte w metryczce, to: wiek, płeć, wykształcenie oraz wielkość miasta respondentów.

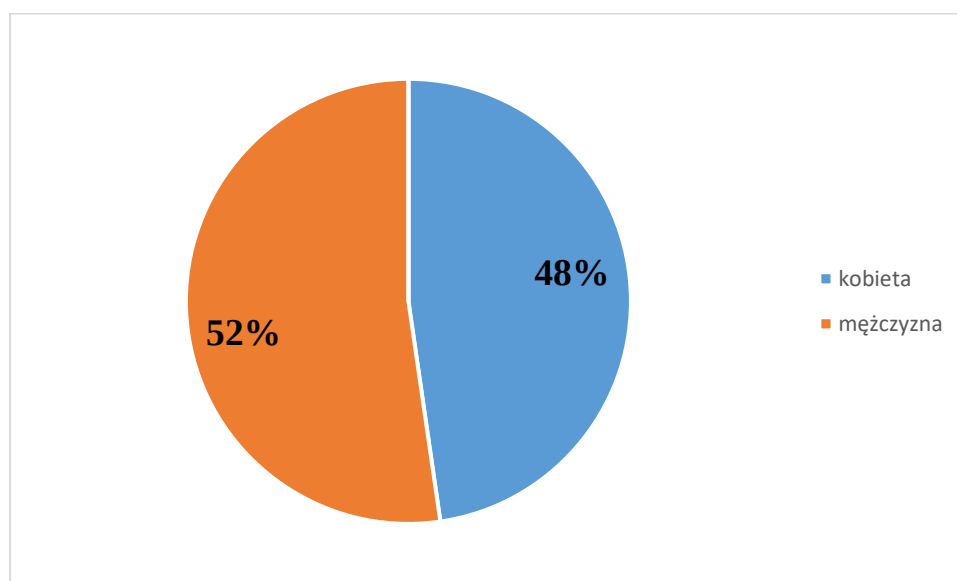
Wykres 13. Wiek respondentów



Źródło: opracowanie własne.

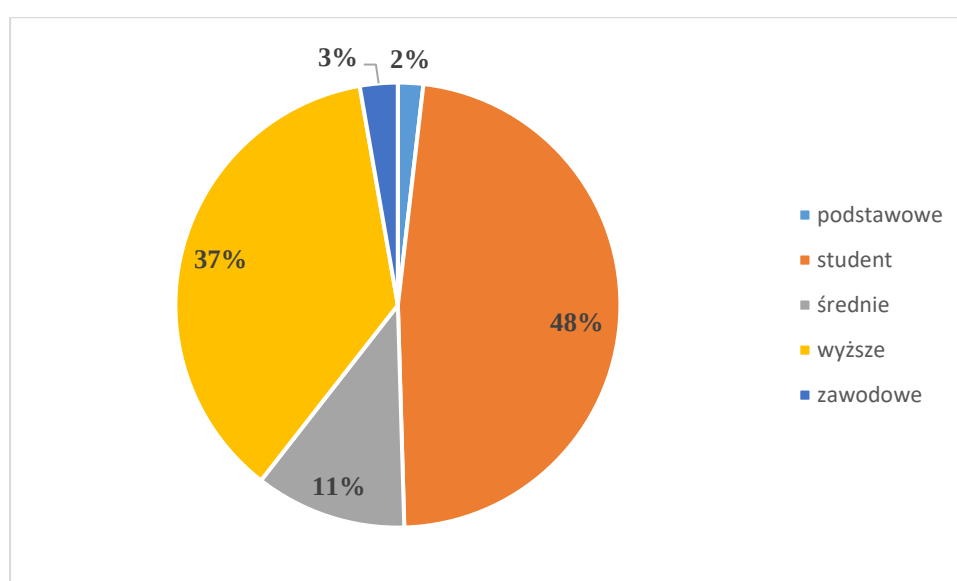
Pytanie dotyczące wieku respondentów (wykres 13) miało na celu pokazanie, iż w danym badaniu brały udział różne grupy wiekowe ankietowanych, aby wiarygodność badania była wysoka. Największą grupę stanowiły osoby w wieku 20–30 lat, dla których nowoczesne nie stanowią żadnego problemu. W przypadku kryterium płeć badanych rozkład respondentów był zbliżony, kobiety 48%, a mężczyźni 52% (wykres 14). Analizując wykształcenie badanych, największą grupę 48% stanowią studenci (wykres 15), a zdecydowana większość uczestników 59%, są to osoby, które na co dzień zamieszkują miasta powyżej 500 tys. mieszkańców (wykres 16).

Wykres 14. Płeć badanych



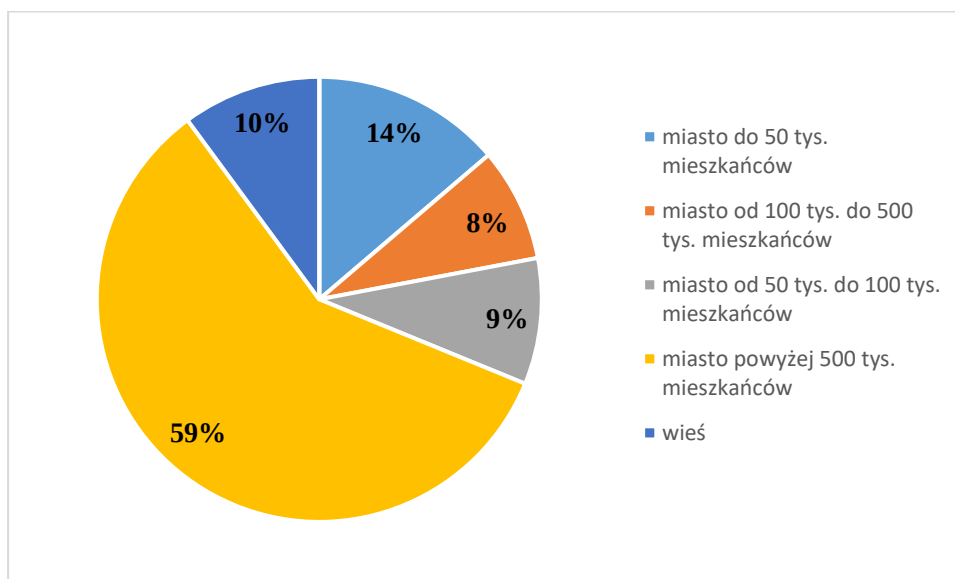
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 15. Wykształcenie respondentów



Źródło: opracowanie własne.

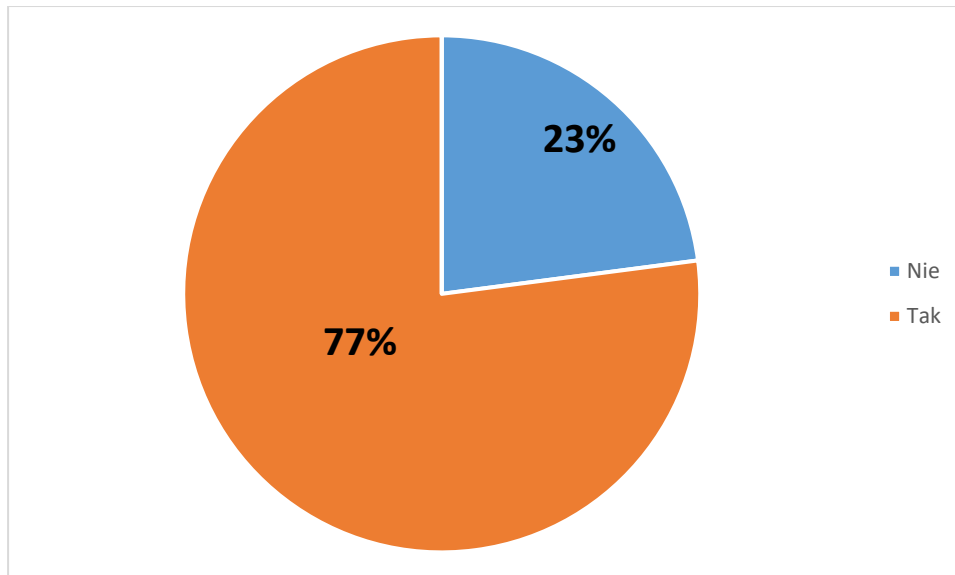
Wykres 16. Wielkość miast respondentów



Źródło: opracowanie własne.

W badaniu interesujące było to, że rozwiązania związane z Internetem Rzeczy (IoT) są znane mieszkańcom miast.

Wykres 17. Znajomość technologii IoT wśród mieszkańców miast

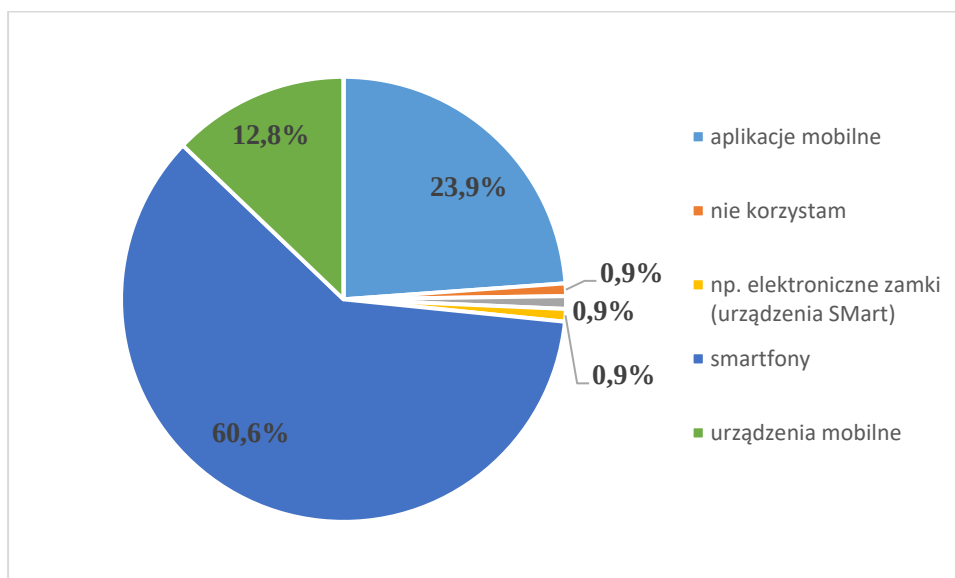


Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych.

Większość badanych (77%) są zaznajomione z technologiami IoT. Zaledwie 23% osób stwierdziło, że nie spotkało się z wykorzystaniem technologii IoT w mieście (wykres 17).

Kolejne pytanie miało na celu zrozumienie za pomocą jakich urządzeń respondenci wykorzystują technologię IoT, ponad 60,6% wykorzystuje za pośrednictwem aplikacji mobilnych (wykres 18).

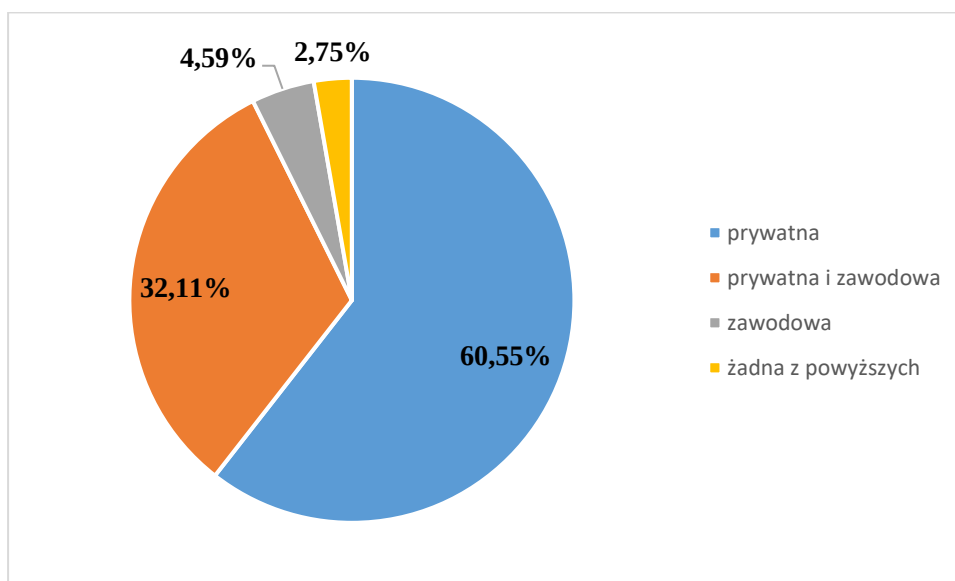
Wykres 18. Rodzaje urządzeń z wykorzystaniem technologii IoT



Źródło: opracowanie własne.

Zdecydowana większość respondentów (60,6%) miała kontakt z technologiami IoT poprzez smartfony. Następne w kolejności są aplikacje mobilne 23,9%, które można przynajmniej częściowo powiązać ze smartfonami. Następne w kolejności są urządzenia mobilne, bo aż 12,8%.

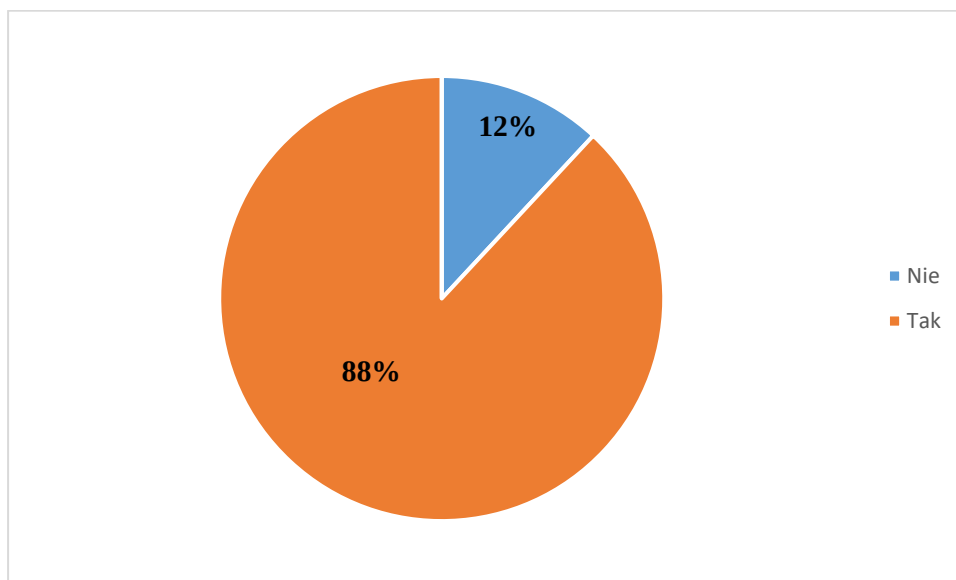
Wykres 19. Płaszczyzny związane z użytkowaniem IoT



Źródło: opracowanie własne.

Większość respondentów (60,55%) korzysta z rozwiązań związanych z Internetem Rzeczy na płaszczyźnie prywatnej. Zaledwie 4,59% respondentów korzysta z niej wyłącznie na płaszczyźnie zawodowej, a 32,11% wskazało, że zarówno na płaszczyźnie prywatnej, jak i zawodowej (wykres 19).

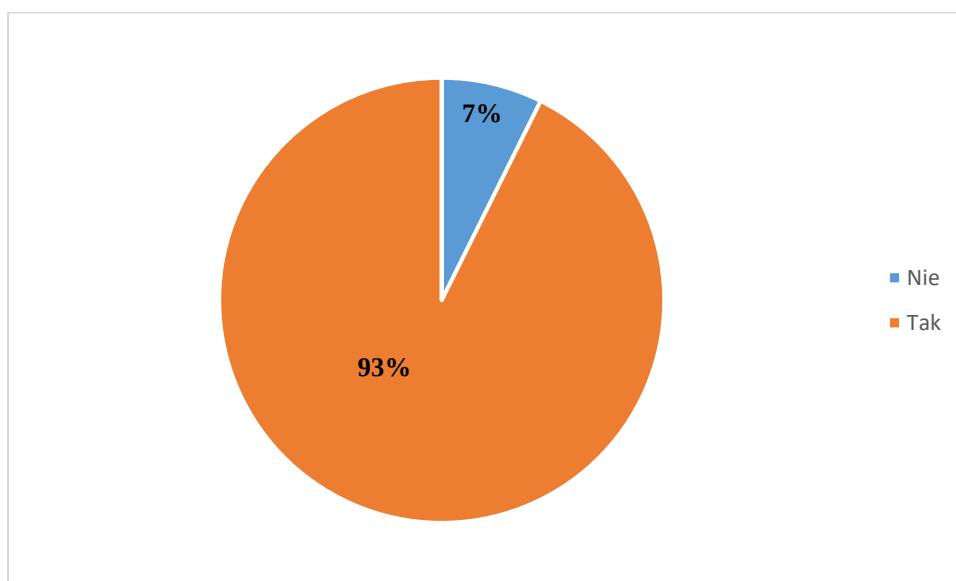
Wykres 20. Zadowolenie z urządzeń IoT



Źródło: opracowanie własne.

Zdecydowana większość respondentów (88%) wskazało, iż urządzenia związane z technologią IoT spełniają swoją rolę. Zaledwie 12% nie jest zadowolonych z tego, jak one funkcjonują (wykres 20).

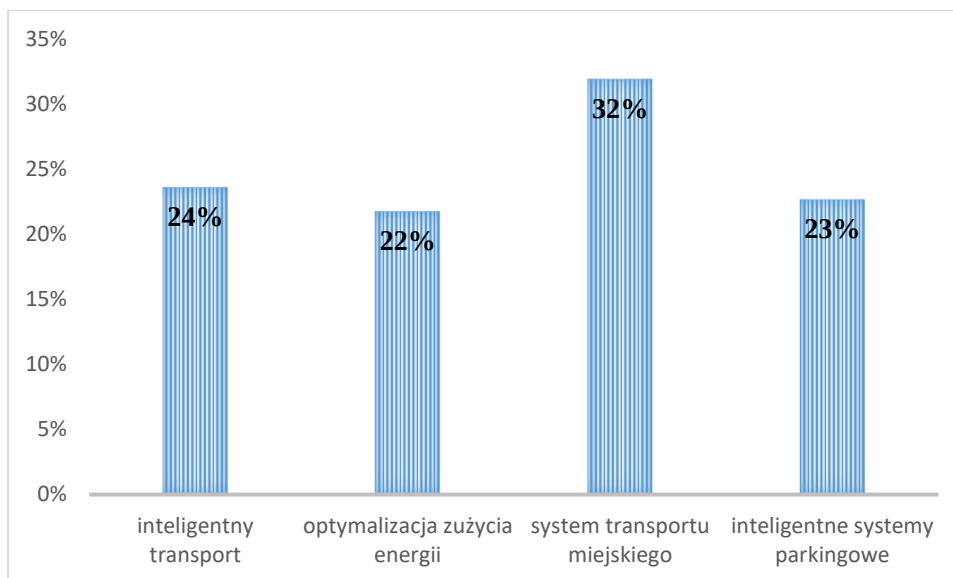
Wykres 21. Komfort korzystania z urządzeń IoT



Źródło: opracowanie własne.

Kwestia komfortu korzystanie z urządzeń IoT została zawarta w następnym pytaniu. Zdecydowana większość (93%) jest zdania, iż urządzenia związane z IoT są projektowane w taki sposób, iż zapewniają komfort korzystania z nich, tylko 7% jest zdania odmiennego (wykres 21).

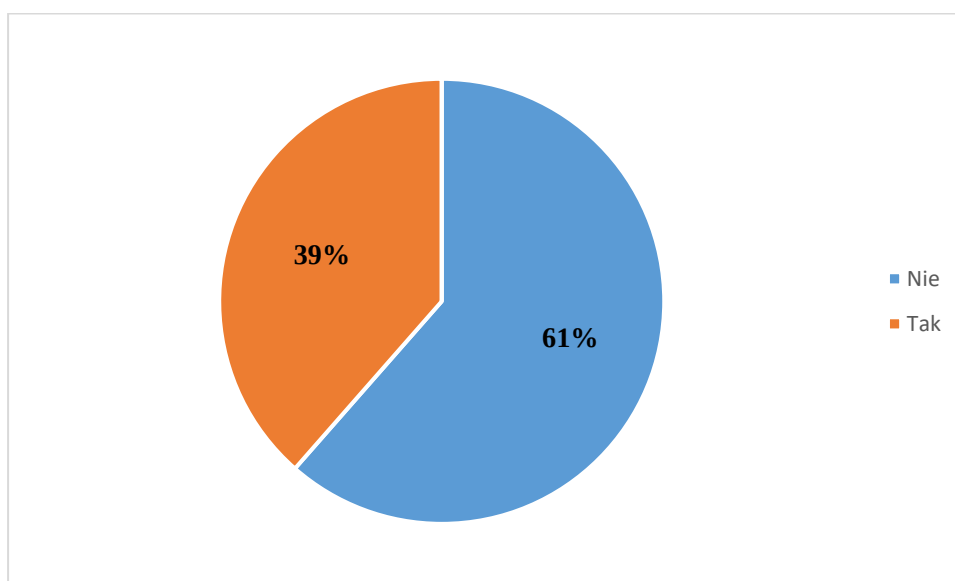
Wykres 22. Popularność rozwiązań IoT



Źródło: opracowanie własne.

Respondenci wybierają jedną odpowiedź z czterech podanych; 32% jest zaznajomiona z IoT poprzez system transportu miejskiego, natomiast 24% osiągnął inteligentny transport, na kolejnym miejscu uplasowały się inteligentne systemy transportowe - 23%, a ostatnie miejsce z wynikiem 22% zajęły rozwiązania dotyczące optymalizacji zużycia energii (wykres 22).

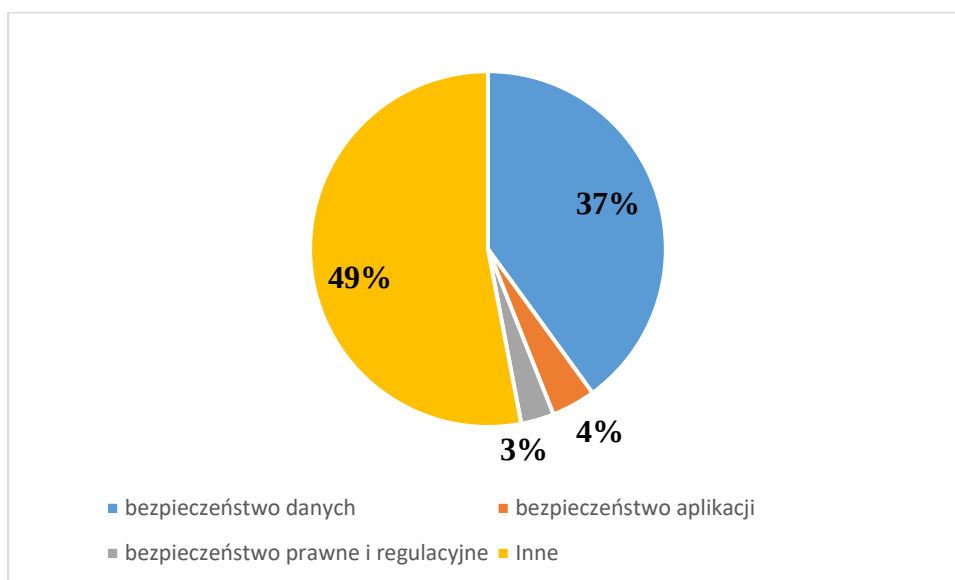
Wykres 23. Odczucie zagrożenia z korzystania urządzeń IoT



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych.

Następne pytanie dotyczyło zagrożenia IoT. Większość z respondentów (61%) podczas codziennego korzystania z urządzeń z grupy IoT nie odczuwa niebezpieczeństwa, natomiast 39% podczas korzystania ma odczucie zagrożenia (wykres 23).

Wykres 24. Zagrożenia związane z technologią IoT

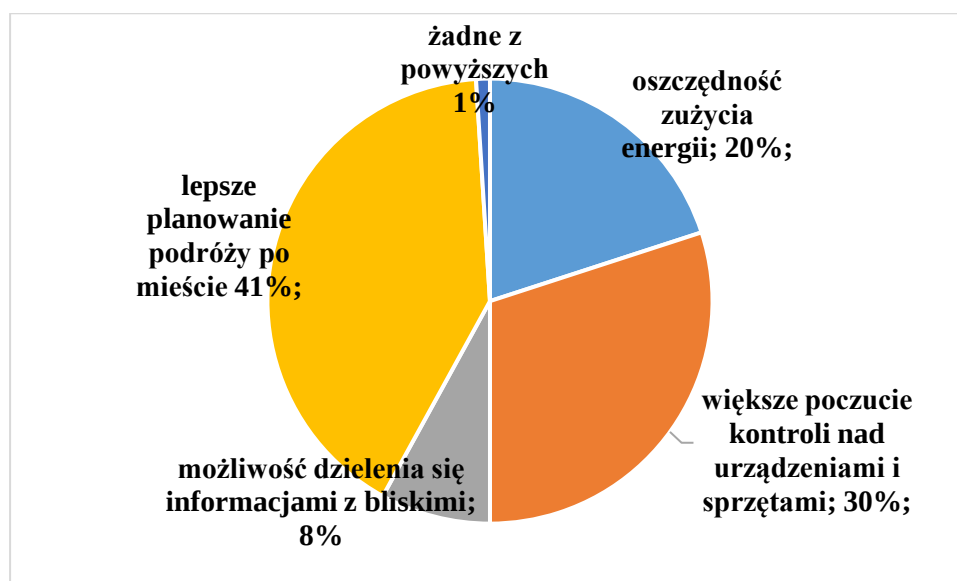


Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych.

Ankietowani (49%) udzielając odpowiedzi w kolejnym pytaniu dotyczącym występowania możliwych zagrożeń dla technologii IoT, nie widzi takich niedogodności.

Istotnym elementem, który wpływał na dyskomfort korzystania dotyczył bezpieczeństwa przesyłanych danych uzyskując wynik 37% (wykres 24).

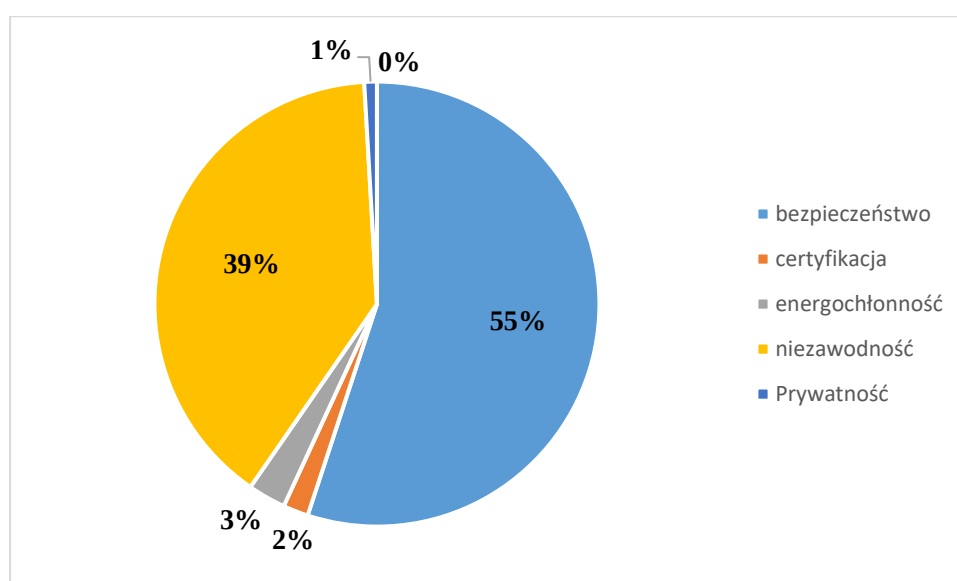
Wykres 25. Korzyści z technologii IoT



Źródło: opracowanie własne.

Większość respondentów 41% wskazuje, iż są w stanie o wiele lepiej zaplanować swoją podróż. Następnie wskazywane jest poczucie kontroli nad otoczeniem wynoszącym 30% czy też oszczędność energii – 20%. Bardzo ważna jest możliwość dzielenia się informacjami z innymi, której wiele osób nie doceniło (8%) – wykres 25.

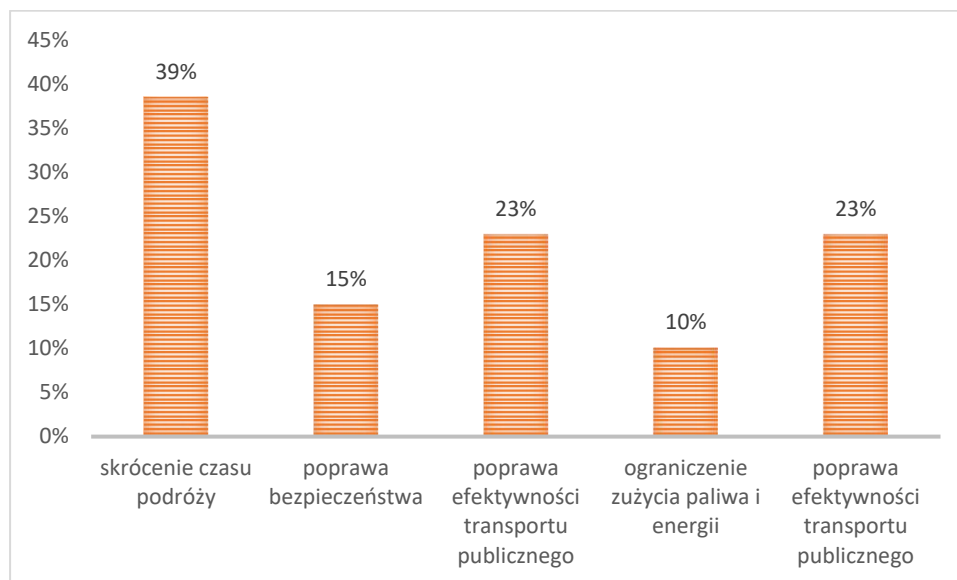
Wykres 26. Istotne komponenty IoT



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych.

Istotnym dla ankietowanych jest komponent bezpieczeństwa (55%) związanych z Internetem Rzeczy, drugie miejsce zajął element niezawodności z wynikiem 39%. Pozostałe odpowiedzi na pytanie dziesiąte stanowią nieznaczny odsetek odpowiedzi na poziomie 2-3% (wykres 26).

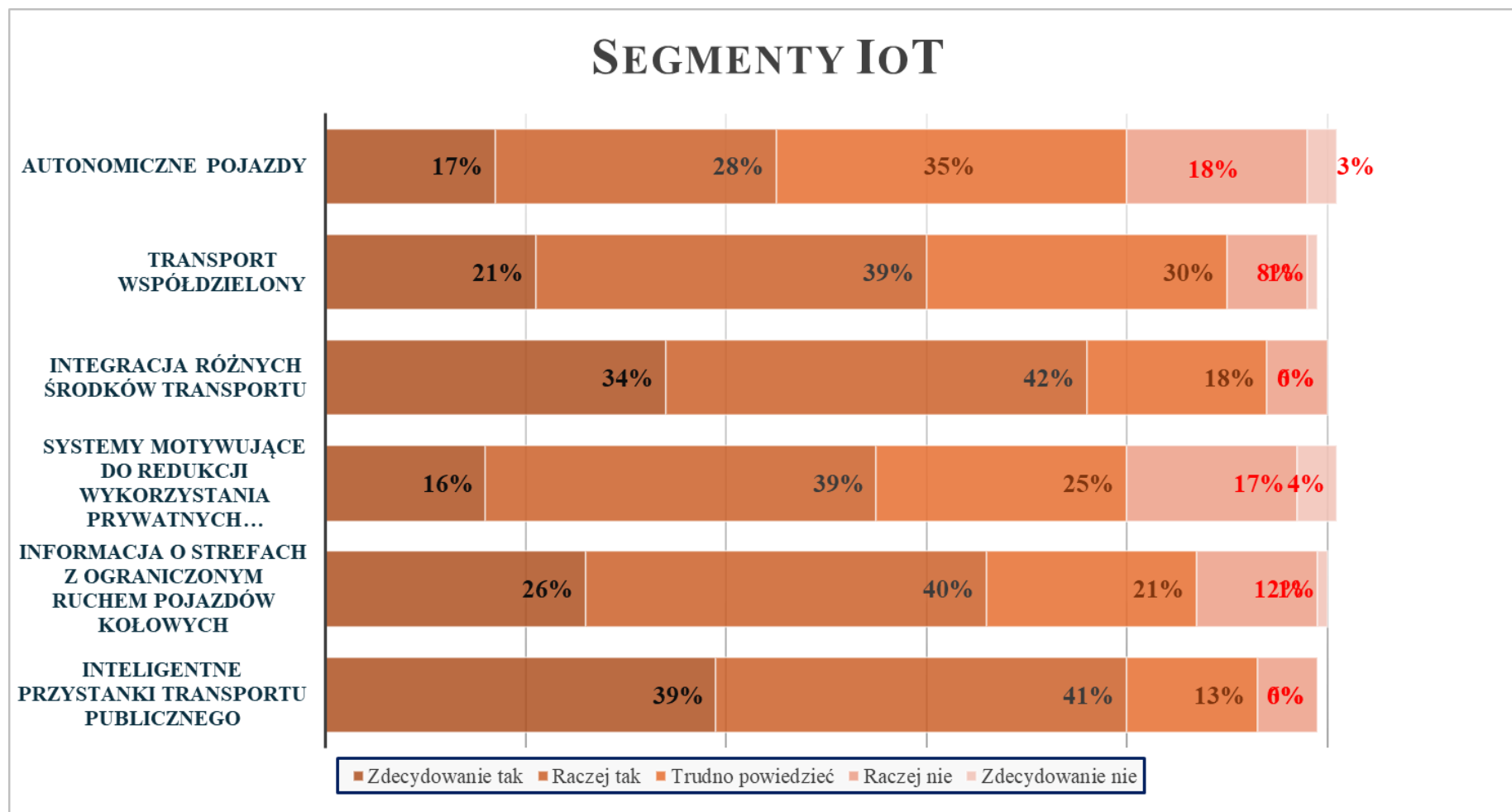
Wykres 27. Korzyści inteligentnego transportu z wykorzystaniem IoT



Źródło: opracowanie własne.

Największa grupa respondentów podkreśla 39%, że korzyścią jest skrócenie czasu podróży, na drugim miejscu znalazła się poprawę efektywności transportu (23%). Respondenci zwrócili również uwagę na bezpieczeństwo danych (15%) i zwiększenie przepustowości informacji ważnych dla podróżników (wykres 27).

Wykres 28. Segmenty IoT vs. Zastosowanie IoT w transporcie



Źródło: opracowanie własne

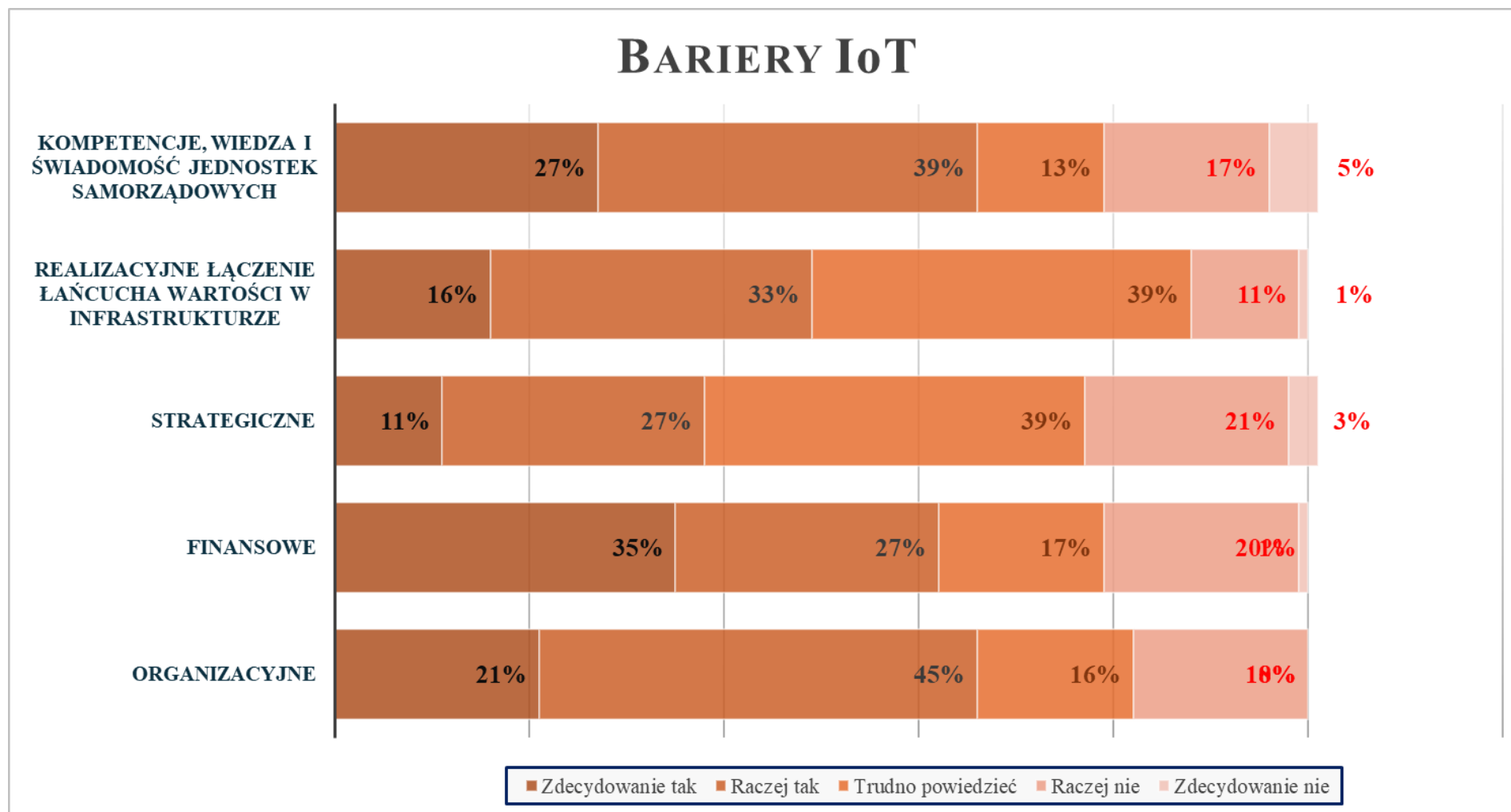
Tabela 10. Rozkład procentowy w odpowiedziach dotyczących Segmenty IoT vs. Zastosowanie IoT w transporcie

Segment IoT	Zdecydowanie tak	Raczej tak	Trudno powiedzieć	Raczej nie	Zdecydowanie nie
inteligentne przystanki transportu publicznego	39%	41%	13%	6%	0%
informacja o strefach z ograniczonym ruchem pojazdów kołowych	26%	40%	21%	12%	1%
systemy motywujące do redukcji wykorzystania prywatnych środków transportu	16%	39%	25%	17%	4%
integracja różnych środków transportu	34%	42%	18%	6%	0%
transport współdzielony	21%	39%	30%	8%	1%
autonomiczne pojazdy	17%	28%	35%	18%	3%

Źródło: opracowanie własne

Większość respondentów udzieliła odpowiedzi „raczej tak” i wskazuje, iż nastąpi rozwój w inteligentnych przystanków transportu publicznego i integracji różnych form transportu. Na kolejnym miejscu znalazły się systemy motywujące do redukcji wykorzystania własnych środków transportu. Odpowiedzi na to pytanie zaprezentowano na wykresie 28, dodatkowo opracowano tabelę 10 zawierającą rozkład procentowy udzielonych odpowiedzi.

Wykres 29. Bariery implementacji IoT



Źródło: opracowanie własne

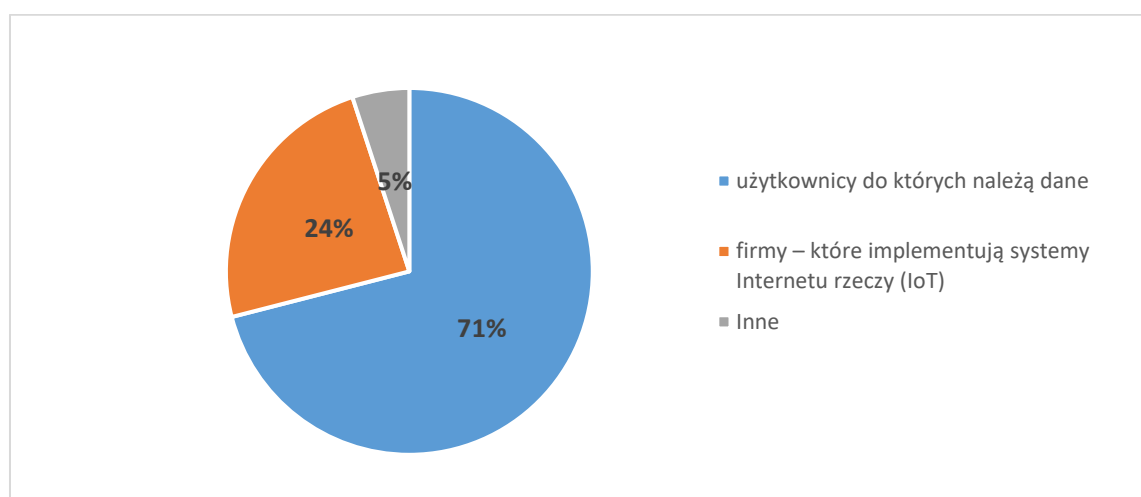
W kolejnym pytaniu większość respondentów wskazała, iż największe bariery występują w tematyce organizacyjnej (45%), finansowych (35%) i kompetencji podmiotów (39%), które starają się wdrożyć odpowiednie rozwiązania (wykres 29). Szczegółowy rozkład procentowy udzielonych odpowiedzi został zaprezentowany tabeli 11.

Tabela 11. Rozkład procentowy w odpowiedziach dotyczących Barier IoT

Bariery IoT	Zdecydowanie tak	Raczej tak	Trudno powiedzieć	Raczej nie	Zdecydowanie nie
organizacyjne	21%	45%	16%	18%	0%
finansowe	35%	27%	17%	20%	1%
strategiczne	11%	27%	39%	21%	3%
realizacyjne łączenie łańcucha wartości w infrastrukturze	16%	33%	39%	11%	1%
kompetencje, wiedza i świadomość jednostek samorządowych	27%	39%	13%	17%	5%

Źródło: opracowanie własne

Wykres 30. Właściciele danych gromadzonych przez urządzenia IoT

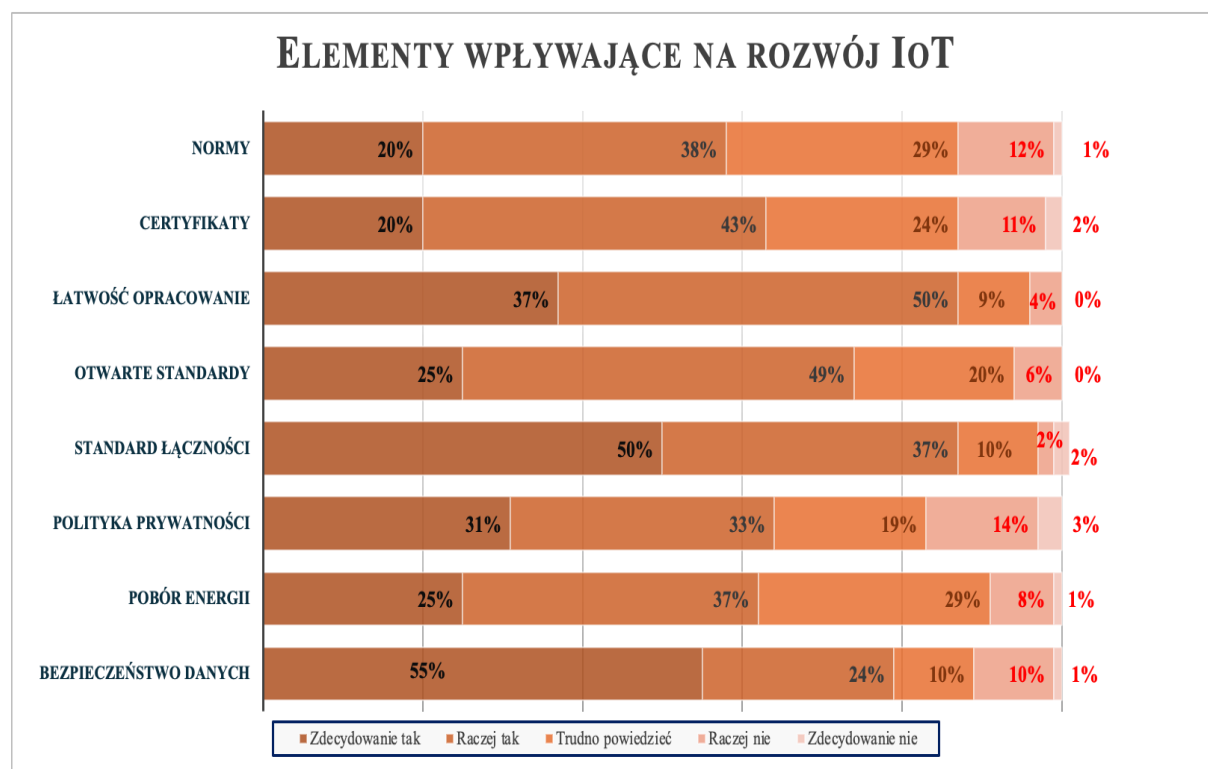


Źródło: opracowanie własne

Respondenci udzielając odpowiedzi wskazali, że właścicielem danych powinni być użytkownicy do których one należą (71%). Kwestia własności danych staje się coraz ważniejsza w kontekście nowoczesnych regulacji, takich jak RODO, które kładzie nacisk na prawo jednostki do kontroli nad swoimi danymi osobowymi. Dyrektywa NIS2 rozszerza odpowiedzialność podmiotów za bezpieczeństwo danych w kontekście infrastruktury krytycznej, natomiast projektowane przepisy AI Act również przewidują mechanizmy ochrony danych wykorzystywanych przez systemy sztucznej inteligencji. W polskim prawodawstwie trwają prace nad przepisami wdrażającymi unijne regulacje, które z pewnością będą

uwzględniać aspekty związane z własnością i ochroną danych (GDPR Enforcement in Poland, 2025). W następnej kolejności uznano, iż to firmy są odpowiedzialne za implementację rozwiązań – 24% (wykres 30).

Wykres 31. Elementy wpływające na rozwój w obszarze IoT



Źródło: opracowanie własne

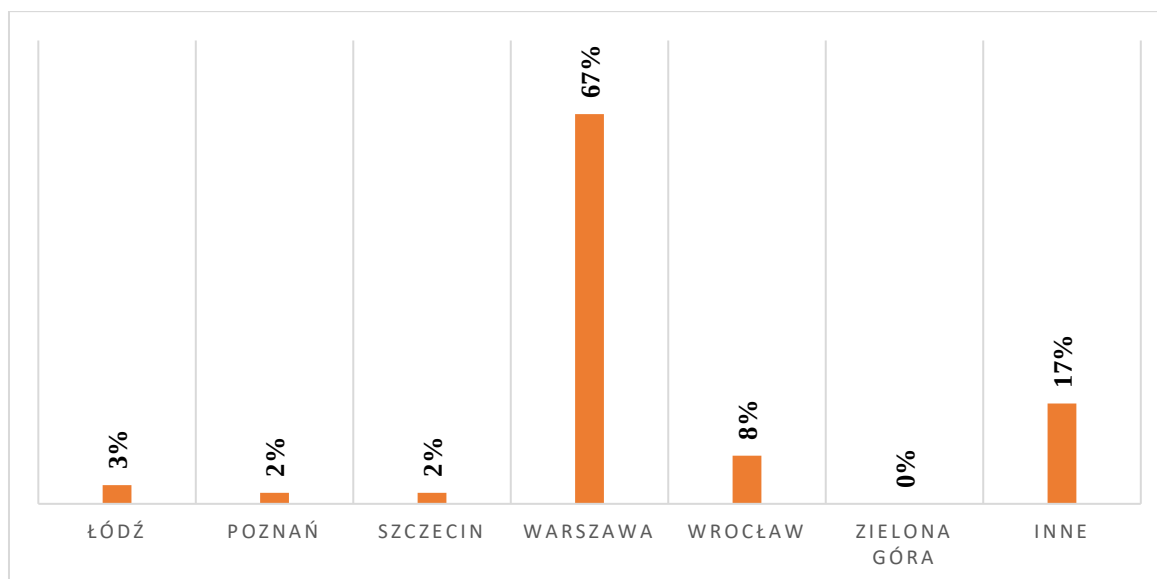
Tabela 12. Rozkład procentowy w odpowiedziach dotyczących elementów mających wpływ na IoT - uzupełnienie wykresu nr 34.

Elementy wpływające na rozwój IoT	Zdecydowanie tak	Raczej tak	Trudno powiedzieć	Raczej nie	Zdecydowanie nie
normy	20%	38%	29%	12%	1%
certyfikaty	20%	43%	24%	11%	2%
łatwość opracowania	37%	50%	9%	4%	0%
otwarte standardy	25%	49%	20%	6%	0%
standard łączności	50%	37%	10%	2%	2%
polityka prywatności	31%	33%	19%	14%	3%
pobór energii	25%	37%	29%	8%	1%
bezpieczeństwo danych	55%	24%	10%	10%	1%

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych.

W związku z kolejnym pytaniem w pierwszej kolejności respondenci wskazali na bezpieczeństwo danych jako czynnik, który znacząco wpłynie na rozwój IoT. W następnej kolejności znalazły się standardy łączności i łatwość opracowania. Co ciekawe, wskazano również na otwarty standard technologiczny, które często przyspieszają rozwój technologii IoT (wykres 31). Szczegółowy rozkład procentowy odpowiedzi został zaprezentowany w poniższej tabeli 12.

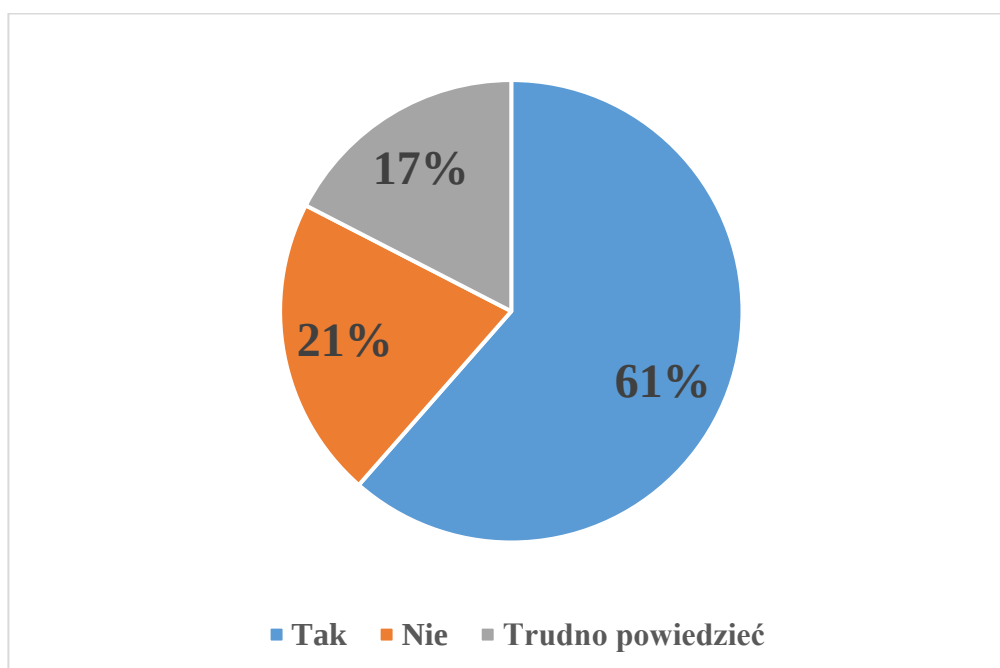
Wykres 32. Lokalizacja respondentów



Źródło: opracowanie własne

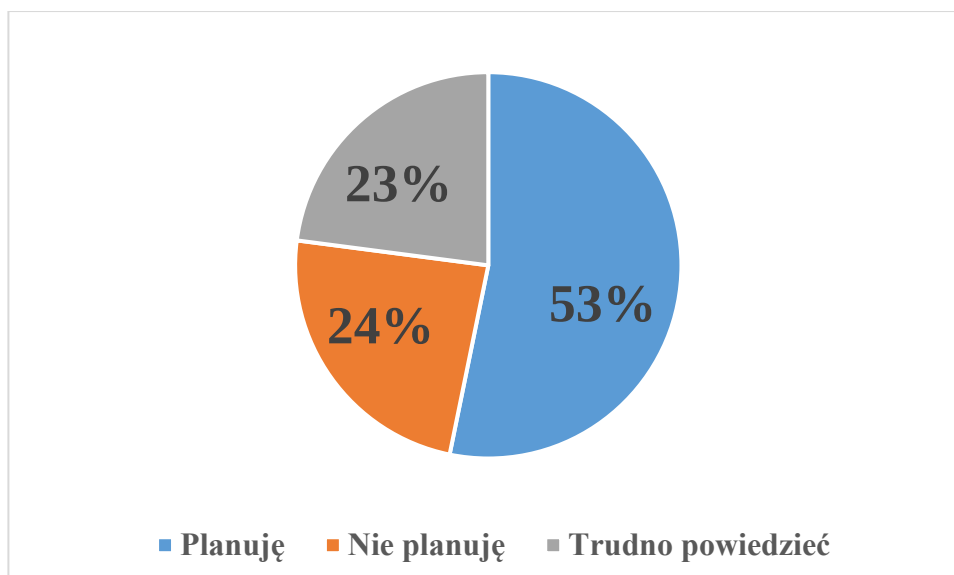
W kolejnym pytaniu kwestionariusza, 67% respondentów podało jako miejsce użytkowania stolicę, a pozostałe 33% wykazywało znacznie mniejsze zainteresowanie i zaangażowanie (wykres 32).

Wykres 33 Przydatność urządzeń opartych na technologii IoT



W pytaniu otwartym w którym ankietowani udzielili odpowiedzi dotyczącej przydatność urządzeń z technologią IoT, 61% ankietowanych potwierdziło zasadność, natomiast 21% nie potwierdziło ich funkcjonalności w codziennym użytkowaniu, tylko 17% ankietowanych nie miało zdanie w powyższej kwestii (wykres 33).

Wykres 34 Zakup urządzeń IoT



Źródło: opracowanie własne

W ostatnim pytaniu można było udzielić odpowiedzi w formie pisemnej, pytaniem otwartym w którym ankietowani udzielili odpowiedzi dotyczącej perspektyw zakupu

urządzeń z technologią IoT, 53% ankietowanych potwierdziło chęć zakupu kolejnych produktów, natomiast 24% nie planuje zakupu wyżej wymienionych urządzeń, a 23% ankietowanych jest niezdecydowanych w kwestii zakupu (wykres 34).

W ramach przeprowadzonych badań ankietowych zebrano dane od użytkowników transportu publicznego oraz użytkowników technologii IoT, aby zrozumieć kluczowe aspekty związane z poprawą funkcjonowania tego sektora. Analiza wyników pozwoliła na wyłonienie kilku istotnych obszarów, które wymagają uwagi. Jednym z najważniejszych elementów, który wyróżnił się z ankiety, jest bezpieczeństwo transportu publicznego. Respondenci podkreślali potrzebę zwiększenia środków bezpieczeństwa, zarówno w pojazdach, jak i na przystankach. Użytkownicy transportu publicznego zwracali uwagę na konieczność montażu dodatkowych kamer monitoringu, lepsze oświetlenie przystanków oraz regularną obecność służb porządkowych. Kolejnym kluczowym aspektem jest optymalizacja czasu podróży. Ankietowani wskazywali na potrzebę skrócenia czasu oczekiwania na przystankach oraz zwiększenie częstotliwości kursowania pojazdów. Wprowadzenie dynamicznych rozkładów jazdy, które będą dostosowywać się do bieżącego ruchu, może znacząco poprawić punktualność i komfort podróżowania. Badania wykazały również potrzebę zwiększenia przepustowości infrastruktury. Respondenci sugerowali rozbudowę istniejących linii transportowych, budowę oraz modernizację infrastruktury komunikacyjnej. Wprowadzenie dedykowanych pasów dla pojazdów transportu publicznego może również przyczynić się do płynniejszego ruchu i zmniejszenia korków. Ankieta objęła również użytkowników urządzeń IoT, którzy wskazali na korzyści płynące z integracji tych technologii z transportem publicznym. Urządzenia IoT mogą pomóc w monitorowaniu ruchu pojazdów, zarządzaniu flotą, a także w dostarczaniu pasażerom aktualnych informacji o kursach i opóźnieniach. Respondenci docenili również możliwość korzystania z aplikacji mobilnych, które ułatwiają planowanie podróży. Użytkownicy IoT wyrazili zainteresowanie współpracą z sektorem transportu publicznego. Zwrócili uwagę na potrzebę wdrażania nowoczesnych rozwiązań technologicznych, które mogą zwiększyć efektywność i bezpieczeństwo układu komunikacyjnego. Wskazali również na konieczność inwestycji w infrastrukturę IT oraz na korzyści płynące z analizy dużych zbiorów danych (big data), które mogą pomóc w optymalizacji działania transportu publicznego.

Reasumując, przeprowadzone badania ankietowe jasno wskazały na kluczowe obszary, które wymagają uwagi w celu poprawy funkcjonowania transportu publicznego:

- bezpieczeństwo,
- optymalizacja czasu podróży,
- zwiększenie przepustowości infrastruktury
- technologia IoT

Są główne elementy, które powinny być priorytetem dla władz samorządowych oraz operatorów komunikacji miejskiej.

4.3. Analiza korelacji w kontekście wyników przeprowadzonych badań

W przeprowadzonej analizie korelacji autor uwzględnił współczynnik korelacji Pearson i funkcji regresji. Interpretacja związku korelacyjnego między wybranymi cechami rozpoczyna się od wykonania założeń, wykonania obliczeń oraz prezentacji graficznej wyników wraz z komentarzem (Kozak, 2012, s. 112). Rozważanie dotyczyły korelacji między zmiennymi zawartymi w badaniu ankietowym, takie jak:

- bezpieczeństwo transportu publicznego,
- optymalizacja czasu podróży,
- zwiększenie przepustowości infrastruktury,
- użytkownicy urządzeń IoT,
- dostawcy technologii IoT.

W dalszej części rozdziału przybliżono współczynnik korelacji Pearsona i funkcję regresji, aby pokazać zachodzący związek pomiędzy zmiennymi, co przełoży się na zbudowanie modelu MZTPIoT v.1.0.

❖ Wykorzystanie współczynnika korelacji Pearsona

Fundamentalną miarą współzależności liniowej cech ilościowych jest współczynnik korelacji liniowej Pearsona. W rozważaniach ekonometrycznych wykorzystuje się go m.in. do doboru zmiennych, sprawdzania przydatności zmiennych objaśniających w modelu, badania współliniowości, koincydencji i jakości modelu (Śleszyński, 2020). W celu przeprowadzenia obliczeń wykorzystany, wzór dla n wartości odpowiedzi (x_i oraz y_i , $i = 1, 2, \dots, n$), współczynnik ten będzie oznaczany r i obliczany zgodnie ze wzorem:

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{[n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (1)$$

Współczynnik korelacji liniowej r jest symetryczny, przyjmuje wartości z przedziału $[-1, 1]$, a im bardziej jego wartość zbliża się do 1, tym związek korelacyjny między rozpatrywanymi zmiennymi jest mocniejszy.

Przed przystąpieniem do obliczania współczynnika dla odpowiedzi z pytania ankietowego jedenastego przyporządkowano im wagi, w wartościach od 1 do 5. – tabela 13.

Tabela 13. Przyporządkowanie wag dla odpowiedzi tekstowych

lp.	Odpowiedź	Waga (wartość 1 do 5)
1	ograniczenie zużycia paliwa i energii	1
2	poprawa bezpieczeństwa	3
3	poprawa efektywności transportu publicznego	4
4	skrócenie czasu podróży	5
5	zwiększenie przepustowości infrastruktury transportowej	2

Źródło: opracowanie własne

W celu przeprowadzenia obliczeń dla powyższego wzoru (1) przygotowano obliczenia cząstkowe i zaprezentowano w tabeli 14.

Tabela 14 Obliczenia cząstkowe dla współczynnika Pearsona

lp.	Waga danej odpowiedzi x_i	Liczba uzyskanych odpowiedzi ankietowanych y_i	$x_i \cdot y_i$	x^2	y^2	n
1	1	11	11	1	121	5
2	3	17	51	9	289	
3	4	25	100	16	625	
4	5	42	210	25	1764	
5	2	14	28	4	196	
Suma	15	109	400	55	2995	

Źródło: opracowanie własne

Podstawiamy wartości cząstkowe do wzoru (1):

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{[n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

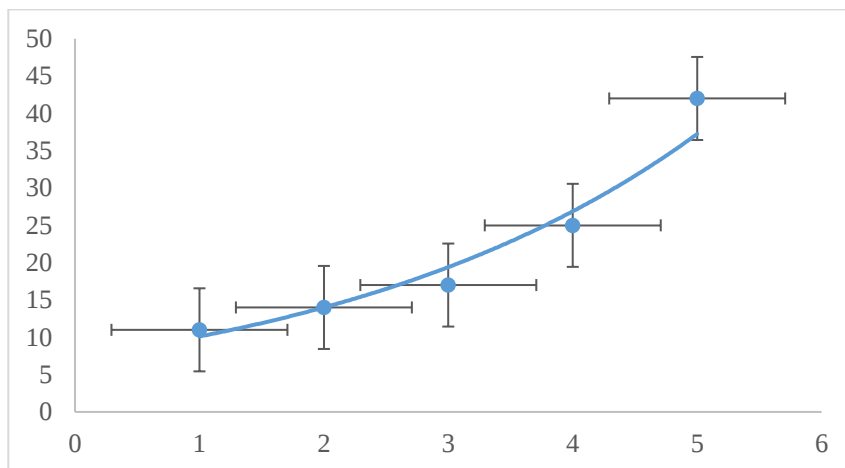
$$r = \frac{5 \cdot 400 - 15 \cdot 109}{\sqrt{[5 \cdot 55 - (15)^2][5 \cdot 2995 - (105)^2]}}$$

Po wykonaniu wszystkich działań w całym wzorze, wartość współczynnika wynosi:

$$r \approx 0,93$$

Prezentacja otrzymanych danych w postaci wykresu nr 35.

Wykres 35. Prezentacja graficzna dla przyjętych zmiennych na podstawie współczynnika korelacji Pearsona.



Źródło: opracowanie własne

Po przeprowadzonych obliczeniach otrzymano wartość współczynnika korelacji liniowej Pearsona $r \approx 0,93$, i zawiera się w przedziale $r \in [-1,1]$ co pokazuje, że wartość współczynnika wywiera silny związek pomiędzy zmiennymi. Dodatkowo układ na wykresie prezentuje nam korelację dodatnią, czyli wzrost wartości jednej cechy odpowiada za wzrost średnich drugiej cechy.

❖ Wykorzystanie funkcji regresji

Współzależność pomiędzy dwoma zmiennymi, może przyjmować dwa rodzaje: funkcyjne i probabilistyczne. Istota zależności polega na zmianie wartości jednej zmiennej i jest ściśle powiązana ze zmianą drugiej zmiennej. Przyjmując, że zbiorowość jest badana ze względu na dwie zmienne X i Y, gdzie Y – zmienna mierzalna, w n-elementowej próbie. Funkcja regresji jako funkcja matematyczna, która przybliża faktyczne zależności między zmiennymi. Obraz funkcji rysuje się na podstawie zaobserwowanych wartości (Ampuła, 2014, s. 145). Wzór funkcji (2) przedstawia się następująco:

$$y_i = a + b \cdot x_i \quad (2)$$

gdzie,

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \quad (3)$$

gdzie,

$$b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (4)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \quad (5)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (6)$$

Pierwszym krokiem potrzebnym do przeprowadzenia dalszych obliczeń było dla odpowiedzi z pytania czternastego przyporządkowanie im wagi, w wartościach od 1 do 5 – tabela 15.

Tabela 15 Przyporządkowanie wag dla odpowiedzi.

lp.	Odpowiedź	Waga (wartości 1 do 5)
1	Firmy – które implementują systemy Internetu Rzeczy (IoT)	4
2	Najlepiej nikt	1
3	Specjalna organizacja/ wydział	1
4	Użytkownicy, do których należą dane	5
5	Użytkownicy i firmy (firmy muszą, ponieważ dzięki tym danym będzie można ulepszać system i bardziej dopasować go pod ludzi korzystających z niego)	1
6	Użytkownicy, do których należą dane oraz firmy w niezbędnym do rozwoju systemu stopniu	1
7	Właściciele systemu	1
8	Zależnie od konkretnych danych gromadzonych przez urządzenie, jeżeli dane nie są wrażliwe i nie są przyporządkowane do użytkownika to nie ma przeciwwskazań do przekazania ich firmom	1

Źródło: opracowanie własne

Kolejnym krokiem było przeprowadzenie obliczeń dla powyższego wzoru (4) przygotowano obliczenia cząstkowe i zaprezentowano w tabeli nr 16.

Tabela 16 Obliczenia cząstkowe dla elementu b w regresji liniowej

lp.	Waga danej odpowiedzi x_i	Liczba uzyskanych odpowiedzi ankietowanych y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	n
1	4	26	104	16	8
2	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	
4	5	77	385	25	
5	1	1	1	1	
6	1	1	1	1	
7	1	1	1	1	
8	1	1	1	1	
Suma	15	109	495	47	

Źródło: opracowanie własne.

W trzecim kroku z otrzymanych wyników z tabeli nr 15 podstawiono do wzoru dla współczynnika b jako składowej funkcji liniowej regresji, jak poniżej:

$$b = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

idąc dalej,

$$b = \frac{8 \cdot 495 - 15 \cdot 109}{8 \cdot 47 - (15)^2}$$

otrzymuję wartość wskaźnika:

$$b = 15,39$$

W kolejnym kroku obliczenie wskaźnika $\bar{y}$:

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

otrzymuję wartość:

$$\bar{y} = \frac{109}{8} = 13,62$$

Analogicznie dla wskaźnika $\bar{x}$:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

obliczona wartość:

$$\bar{x} = \frac{15}{8} = 1,86$$

Po przeprowadzeniu powyższych operacji obliczeniowych, otrzymałem cząstkowe wartości, zestawienie w poniższej tabeli 17, dzięki nim jestem w stanie oszacować wartość współczynnika a .

Tabela 17. Zestawienie składowych funkcji regresji liniowej

lp.	Współczynnik	Wartość
1	b	15,39
2	$\check{y}$	13,62
3	$\check{x}$	1,86

Źródło: opracowanie własne

Zgodnie ze wzorem (3), zostają podstawione wartości z tabeli 16, otrzymanie wartości współczynnika a .

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

$$a = 13,62 - 15,39 \cdot 1,86$$

$$a = -15,03$$

Po przeprowadzeniu powyższych operacji matematycznych, wzór funkcji liniowej (2), prezentuje się następująco:

$$y_i = -15,03 + 15,39 \cdot x_i$$

Powyższy wzór mówi o tym, że w przypadku wzrostu wartości x , o jedną jednostkę, to wartość y , spadnie średnio o b jednostek.

Każdy model regresji powinien zostać zweryfikowany. Najważniejsze etapy to weryfikacja merytoryczna i statystyczna. Dla potrzeb poprawnego sprawdzenie skorzystano z rozwiązań arkusza kalkulacyjnego MS Excel, aby sprawdzić poprawność wykonanych operacji matematycznych – tabela nr 18.

Tabela 18. Sprawdzenie wykonanych obliczeń dla liniowej funkcji regresji w arkuszu MS Excel

Statystyki regresji	
Wielokrotność R	0,934341167
R kwadrat	0,872993417
Dopasowany R kwadrat	0,851825653
Błąd standardowy	10,41649227
Obserwacje	8

ANALIZA WARIANCJI

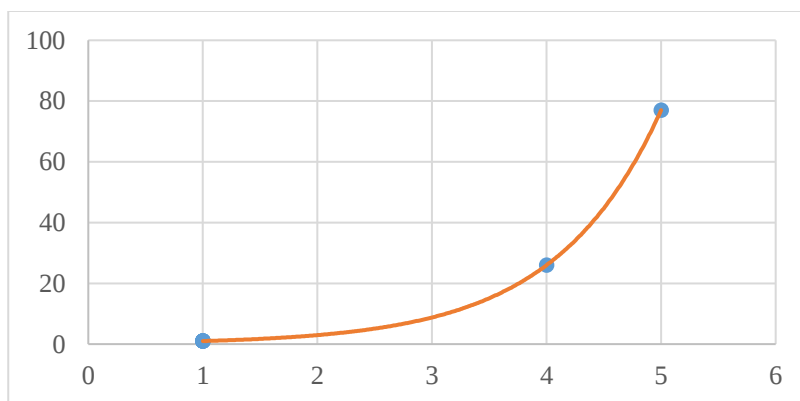
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Istotność F</i>
Regresja	1	4474,855	4474,855	41,24165	0,000673262
Resztkowy	6	651,0199	108,5033		
Razem	7	5125,875			

	<i>Współczynniki</i>	<i>Błąd standardowy</i>	<i>t Stat</i>	<i>Wartość-p</i>	<i>Dolne 95%</i>
Przecięcie	-15,24503311	5,811416	-2,62329	0,039412	-29,46505535
X	15,0335099	2,397607	6,421966	0,000673	9,530617768

Źródło: opracowanie własne.

Wykres liniowy funkcji regresji przedstawia zależność między zmienną zależną (na osi pionowej, zwykle oznaczaną jako Y) a zmienną niezależną (na osi poziomej, zwykle oznaczaną jako X). Na wykresie widoczne są dane w postaci punktów, które reprezentują obserwacje. Liniowa funkcja regresji, czyli prostej regresji, przechodzi przez wykres w taki sposób, aby najlepiej dopasować się do tych punktów. Celem jest zminimalizowanie różnic (błędów) między przewidywanymi wartościami Y, a rzeczywistymi wartościami danych. Interpretacja oprócz wartości liczbowych może być poparta wykresem, który w sposób klarowny zaprezentuje nam rozrzut funkcji i potwierdzi właściwie dobrane dane wraz z częścią obliczeniową - wykres nr 36.

Wykres 36 Wykres relacji funkcji liniowej badanej próby



Źródło: opracowanie własne

Reasumując powiązanie relacji zależnościowej pomiędzy dwoma zmiennymi, iż przyjęte rozważania są prawidłowe, a cechy wspólne określone we właściwościach funkcyjnych potwierdzają ich zgodność. Przeprowadzona analiza statystyczna na podstawie założonych elementów z badań ankietowych, potwierdziła zbieżność tych funkcji statystycznych z otrzymanymi wynikami. Pozytywna weryfikacja stanowi podstawę do skonstruowania modelu MZTPIoT v.1.0. Wykonana procedura obliczeniowa przyczyniła się do właściwego odbioru opracowanego modelu. Reasumując, twórcy rozwiązań IoT powinni żyć w symbiozie

z użytkownikami oraz na bieżąco śledzić zmiany jakie zachodzą na rynku i inteligentnych miastach. Spowoduje to dynamiczne dostosowanie usług oraz pozyskiwanie aktualnych danych.

4.4. Podsumowanie

W rozdziale zaprezentowano cel badania, którym było zrozumienie kluczowych aspektów zarządzania transportem publicznym oraz ocena efektywności wdrożonych rozwiązań IoT w tym obszarze. W ramach badań ankietowych zebrano opinie od szerokiej grupy użytkowników transportu publicznego. Ankieta zawierała pytania dotyczące zadowolenia z obecnych rozwiązań, oczekiwań co do przyszłych usprawnień oraz ocenę wpływu IoT na jakość usług transportowych. Wyniki ankiety zostały szczegółowo omówione, z podkreśleniem kluczowych wniosków, takie jak wysokie oczekiwania wobec inteligentnych systemów zarządzania ruchem oraz rosnące zapotrzebowanie na bardziej zintegrowane i wydajne usługi transportowe. Przeprowadzono także analizy statystyczne, z wykorzystaniem współczynnika korelacji Pearsona oraz funkcji regresji. Wyniki korelacji Pearsona i funkcji regresji dostarczyły cennych informacji na temat czynników wpływających na postrzeganą jakość usług transportowych oraz potencjalnych obszarów do dalszego rozwoju. Z ankiety wynika, że zdecydowana większość respondentów, mimo odczuwanych zagrożeń, ma pełną świadomość że tego postępu technologicznego nie da się już zatrzymać. Gdyż ułatwiają poruszanie się po inteligentnym mieście, a przy tym minimalizują czas podróży. Rezultaty badań podkreślają znaczenie integracji nowoczesnych technologii IoT w transporcie publicznym oraz ich potencjalny wpływ na poprawę efektywności i jakości usług transportowych.

Rekomendacja do budowy modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy (IoT) powinna skupić się na kluczowych aspektach, które zapewnią skuteczność, elastyczność i zrównoważony rozwój systemu. Fazy budowy modelu:

- Etap I budowy modelu: należy dokładnie zmapować istniejącą infrastrukturę transportową oraz potrzeby mieszkańców. IoT oferuje możliwość zbierania i analizowania danych w czasie rzeczywistym z różnych źródeł, takich jak autobusy, tramwaje, rowery miejskie czy nawet ruch pieszcy. W oparciu o te dane można stworzyć dynamiczny system zarządzania, który pozwoli na optymalizację tras, minimalizację opóźnień oraz efektywne planowanie rozkładów jazdy.

- Etap II zintegrowanie różnych środków transportu za pomocą jednej platformy cyfrowej. Technologia IoT umożliwia zarządzanie wszystkimi pojazdami transportu publicznego z jednego systemu, co ułatwia wprowadzanie dynamicznych zmian w zależności od natężenia ruchu czy warunków pogodowych. Wspólna platforma pozwoli także na łatwą integrację z innymi elementami inteligentnej infrastruktury miejskiej, takimi jak inteligentne sygnalizacje świetlne czy systemy monitorowania jakości powietrza.
- Etap III inwestycja w niezawodną infrastrukturę sieciową jest kluczowa dla skutecznego wdrożenia modelu IoT. Konieczne jest zapewnienie stabilnego dostępu do sieci 5G lub innych technologii umożliwiających szybkie przesyłanie danych. Współpraca z dostawcami technologii, operatorami telekomunikacyjnymi i firmami oferującymi rozwiązania IoT pomoże w zoptymalizowaniu kosztów oraz zwiększy tempo realizacji projektu.
- Etap IV wprowadzenie aplikacji mobilnej, które umożliwią mieszkańcom monitorowanie transportu w czasie rzeczywistym, planowanie tras oraz otrzymywanie informacji o opóźnieniach. Transparentność działania i zaangażowanie społeczności w testowanie nowych rozwiązań wpłynie na sukces wdrożenia i dostosowanie systemu do rzeczywistych potrzeb użytkowników.

5. Koncepcja modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy (MZTPIoT)

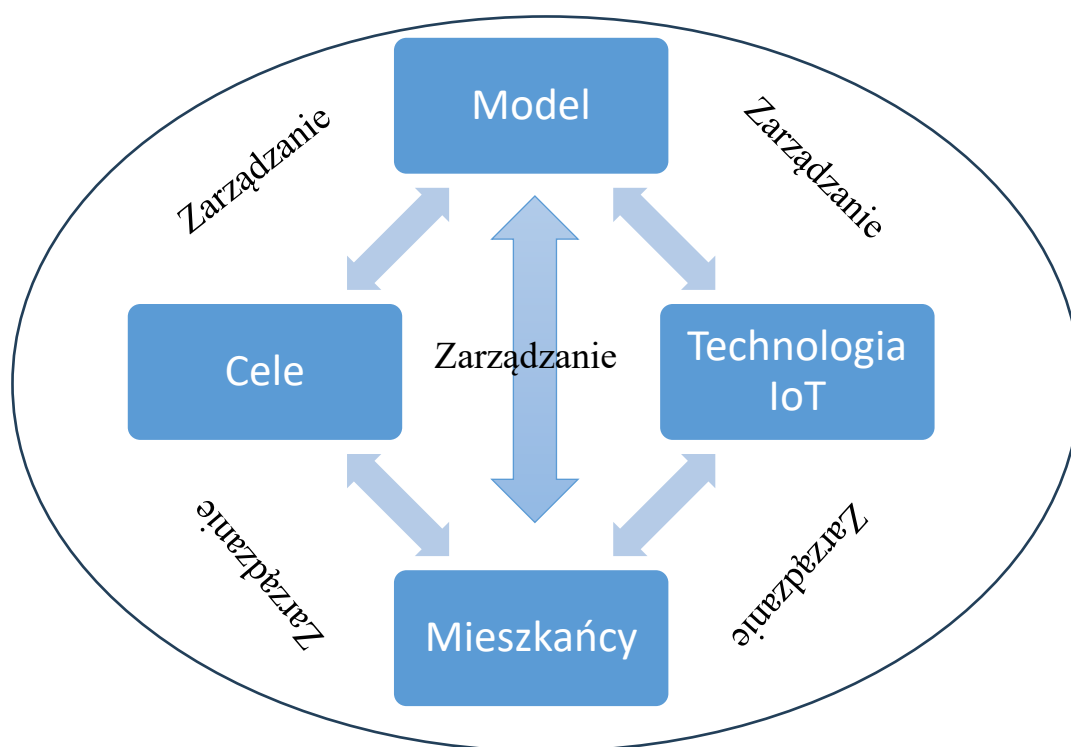
5.1. Założenia i konstrukcja Modelu Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy

Wartość organizacji, jak również dowolna innowacja lub koncepcja biznesowa mająca usprawniać działalność wiążą się z dążeniem do doskonałości wraz z minimalizacją problemów finansowych (Rządkowki, 2019, s. 245). Przedsiębiorstwa komercyjne polegają na modelach z powodu oczekiwań właścicieli i menedżerów firm do zwiększania przychodów i zysków oraz pozyskiwania przewag rynkowych, natomiast organizacje sektora publicznego – dlatego że modele umożliwiają usprawnianie wykonywania zadań i doskonalenia realizacji usług. Każdy model stanowi narzędzie przedsiębiorstw, za pomocą którego łatwiej uzyskuje się cele (Martusewicz i Szumowski, 2018, s. 63).

Należy zaznaczyć różnicę między modelem a koncepcją. Efektywny model sprawdza się w wyznaczeniu jakości zarządzania organizacjami, co w istocie wyartykułowanie tej jakości wyczerpuje funkcjonalność modelu. Model taki może wspierać kompleksowy rozwój organizacji i jej doskonalenie. W modelu zakłada się, iż występują, możliwe do oszacowania lub stwierdzenia, wzorce kierunków przeobrażeń w przedsiębiorstwie. Wzorce te są odwzorowywane w strukturze modelu, dlatego model prezentuje logiczną ścieżkę ekspansji albo postępu dokonywanego lub możliwego do osiągnięcia przez organizację. W niniejszym rozdziale opracowano Model zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście przy wsparciu technologii Internetu Rzeczy – MZTPIoT. Internet Rzeczy, będący koncepcją, w myśl której tworzy się infrastrukturę zdolną do gromadzenia, przetwarzania oraz wymiany informacji za pomocą inteligentnej instalacji elektrycznej albo sieci komputerowej, jest atrakcyjny m.in. dla sektora publicznego, w tym dla transportu miejskiego.

Prezentowany model rozwoju miast bazuje na koncepcji zaproponowanej przez Theodore'a Levitta, która pierwotnie dotyczyła strategii marketingowych (Machaczka, 2004, s. 11), lecz z powodzeniem można ją zaadaptować do zarządzania miastami, która łączy zaprezentowane elementy i zapewnia prawidłowe funkcjonowanie (rys. 24). Levitt w swoim modelu podkreślał znaczenie orientacji na klienta oraz innowacyjności, co w kontekście urbanistycznym przekłada się na orientację na mieszkańców oraz wdrażanie nowoczesnych rozwiązań technologicznych i organizacyjnych. Levittowska idea "miasta jako produktu" zakłada, że miasta, podobnie jak przedsiębiorstwa, muszą dbać o swoją atrakcyjność, zarówno dla mieszkańców, jak

i inwestorów (Machaczka, 2004, s. 12). W ramach tej koncepcji zarządzanie miastem powinno koncentrować się na zrozumieniu potrzeb i oczekiwań różnych interesariuszy oraz na tworzeniu wartości, która odpowiada na te potrzeby. Przyjmując tę perspektywę, miasta mogą skuteczniej konkurować na globalnym rynku, przyciągając inwestycje, turystów oraz nowych mieszkańców. Ponadto adaptacja modelu Levitta do zarządzania miastami podkreśla rolę innowacji jako kluczowego czynnika sukcesu. Innowacje w zakresie zarządzania przestrzennego, technologii informacyjnych, transportu i infrastruktury mogą znacząco poprawić jakość życia mieszkańców oraz efektywność zarządzania zasobami miejskimi. Levittowskie podejście do innowacji kładzie nacisk na ciągłe poszukiwanie nowych rozwiązań i doskonalenie istniejących procesów, co jest niezbędne w dynamicznie zmieniającym się środowisku miejskim.



Rysunek 24. Schemat relacji w inteligentnym mieście dla autorskiego modelu MZTPIoT.
Źródło: opracowanie własne na podstawie (Machaczka, 2004, s.11)

W związku z tym model rozwoju miast oparty na zasadach Levitta nie tylko wspiera zrównoważony rozwój, ale również promuje proaktywne podejście do zarządzania zmianami oraz otwartość na nowe technologie i metody. Dzięki temu miasta mogą lepiej radzić sobie z wyzwaniami współczesności, takimi jak urbanizacja, zmiany klimatyczne czy globalna konkurencja.

W nawiązaniu do systemu zarządzania przedsiębiorstwem model zarządzania stanowi o jakości systemu, jak również – o adekwatnym dostosowaniu rozmaitych komponentów do modelu biznesowego. Tym samym o rozwoju firmy może decydować implementacja efektywnych rozwiązań, a tym bardziej – uzyskanie przez nią przewagi konkurencyjności na rynku.

Zarządzanie stanowi istotny aspekt aktywności w modelu. Model taki może być w procesach zarządczych wykorzystywany jako powszechnie stosowane, tolerowane narzędzie referencyjne, zestawienie atrakcyjnych praktyk dedykowanych ocenie kompetencji organizacji (Office of Government Commerce, 2010, s. 127), instrument, zarówno wewnętrznego, jak i zewnętrznego benchmarkingu, zestaw dyrektyw wyznaczających sukcesywny postęp organizacji (Lasrado, i in., 2015, s.112) oraz Zidentyfikowane, zintegrowane i zsynchronizowane komponenty decydujące o zdolnościach nabytych przez personel organizacji na różnych poziomach (von Scheel, i in., 2015, s. 395).

Model MZTPIoT przeznaczony dla transportu publicznego, postrzegany przez pryzmat aspektów zarządczych, może pełnić rolę deskryptywną – wówczas przyjmie formę modelu opisowego, stanowiącego instrument identyfikacyjny dedykowany określaniu stanu obecnego (np. w celu zapewniania jakościowego raportowania), proskrypcyjną – wtedy będzie modelem normatywnym, nakazowym, przeznaczonym *de facto* do tego, aby artykułować wnioski decydujące o doskonaleniu firmy (za pomocą wyznaczonych kierunków i sposobów uzyskiwania pożądaných celów) albo porównawczą – wówczas model będzie występował w postaci źródła kompleksowego benchmarkingu.

W zakresie konstrukcji modelu MZTPIoT na uwagę zasługuje model, który został zaprezentowany przez Nolan w *Managing the Computer Resource: A Stage Hypothesis* (Nolan, 1973, s. 156). Polega on na ewolucyjnym rozwoju przedsiębiorstwa w związku z użyciem platform informatycznych w zarządzaniu. Reprezentuje kolejne etapy dochodzenia do dojrzałości przez firmę w ramach przetwarzania informacji z uwzględnieniem sygnałów do dokonywania postępu w tym obszarze, w tym wielkości budżetu IT czy przeobrażeń technologicznych zachodzących w organizacji lub poza nią (Hollyhead i Robson, 2012, s. 47).

Znaczący wkład w rozwój wiedzy o modelach wniósł Crosby, którego osiągnięcia również zasługują na uwagę w odniesieniu do potencjalnej konstrukcji modelu Internetu Rzeczy dla transportu publicznego. Autor ten opracował pięciostopniowy model dojrzałości zarządzania jakością (QMMG), powszechnie uznawany za jeden z pierwszych

komplementarnych modeli. Koncepcja polega na macierzy złożonej z sześciu wymiarów: rozumienia zarządzania jakością, statusu organizacji jakości, rozwiązywania problemów, kosztów jakości, metod podnoszenia jakości oraz postawy projakościowej przedsiębiorstwa.

Uwzględniając specyfikę Internetu Rzeczy jako technologii kompleksowej, mającej za zadanie łączyć wszystkie możliwe obiekty i zapewniać potencjał gromadzenia, przetwarzania oraz wymiany danych za pomocą nowoczesnych instalacji elektrycznych oraz sieci komputerowej, należy przyjąć, iż ta zasada jest czytelna, precyzyjna, a przy tym maksymalnie użyteczna w kompozycji modelu. Przedmiotowy model powinien składać się z: komponentów oraz elementów w nim zawartych. Natomiast liczba występujących w modelu składowych dla wdrożenia technologii Internetu Rzeczy dla transportu publicznego powinna być dostosowana do poziomu zaawansowania rozwoju miasta w koncepcji inteligentnego miasta.

5.2. Struktura Modelu Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy

W miarę jak miasta i aglomeracje rozwijają się-zarządzanie transportem publicznym staje się coraz większym wyzwaniem. Należy wdrażać nowoczesne i efektywne rozwiązania, aby zapewnić płynność ruchu, zmniejszyć zanieczyszczenie powietrza i usprawnić dostęp do transportu publicznego dla mieszkańców. W tym kontekście technologia Internetu Rzeczy (IoT) odgrywa kluczową rolę, umożliwiając monitorowanie, zarządzanie i optymalizację naszych systemów transportu publicznego w niezwykle innowacyjny sposób. IoT to połączenie urządzeń, pojazdów i infrastruktury za pomocą Internetu, co umożliwia zbieranie, przetwarzanie i udostępnianie danych w czasie rzeczywistym. W kontekście transportu publicznego IoT pozwala na stałe monitorowanie lokalizacji, stanu technicznego i efektywności pojazdów, zarówno autobusów, tramwajów, jak i pociągów. To także umożliwia pasażerom dostęp do informacji o rozkładach jazdy, opóźnieniach i różnych ważnych informacjach poprzez aplikacje mobilne i inne interaktywne platformy. Kluczowym elementem wdrożenia IoT w transporcie publicznym jest wyposażenie pojazdów w czujniki i urządzenia komunikacyjne. Te urządzenia zbierają dane o prędkości, lokalizacji, zużyciu paliwa, a także stanie technicznym pojazdów. Te informacje są przesyłane do centralnych systemów zarządzania, gdzie są analizowane i wykorzystywane do optymalizacji trasy, planowania konserwacji i minimalizacji opóźnień. IoT umożliwia także poprawę bezpieczeństwa pasażerów. Kamery i czujniki w pojazdach i na przystankach pozwalają na monitorowanie zachowań pasażerów oraz sytuacji awaryjnych. W razie wypadków lub awarii pojazdów, informacje są natychmiast przesyłane do służb ratunkowych, co może pomóc w szybszej reakcji

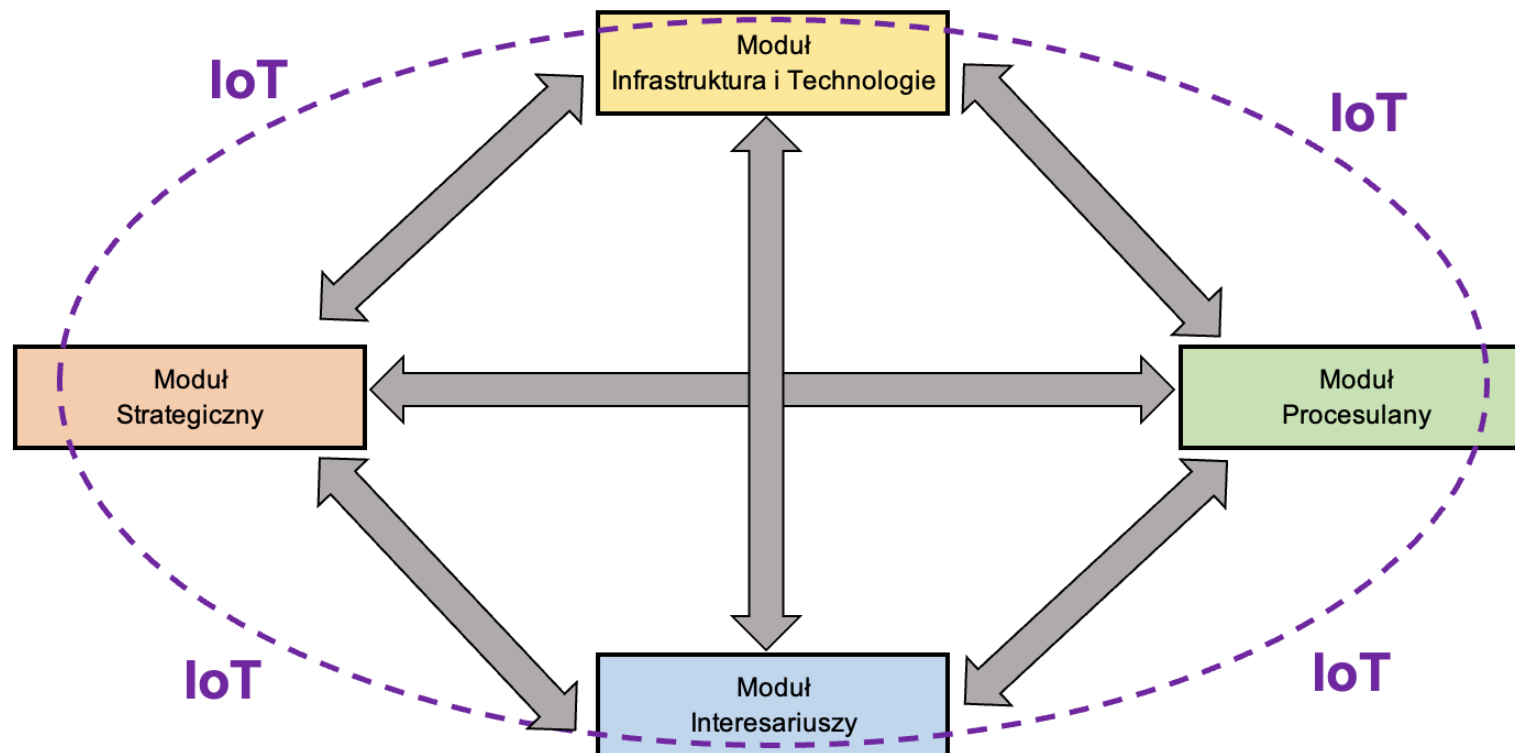
i zminimalizowaniu potencjalnych zagrożeń. IoT w transporcie publicznym przyczynia się także do ochrony środowiska. Dzięki zbieraniu danych na temat emisji z pojazdów i efektywności energetycznej, można podejmować bardziej świadome decyzje dotyczące floty pojazdów i przyczyniać się do zmniejszenia wpływu transportu publicznego na zmiany klimatyczne.

Wprowadzenie technologii IoT do modelu zarządzania transportem publicznym to krok w kierunku bardziej zrównoważonej, efektywnej i bezpiecznej mobilności miejskiej. Dzięki stałemu monitorowaniu i analizie danych można dostosowywać istniejące systemy transportu publicznego do zmieniających się potrzeb mieszkańców i zapewnić im łatwiejszy dostęp do środków transportu, poprawiając jakość życia w miastach.

Elementy składające się na model, to: techniczne, ludzkie i niematerialne czynniki. Ich wzajemne relacje są płaszczyzną do budowania przez władze miasta celowych rozwiązań w obszarze smart mobility i osiągnięcie założonego celu optymalnego (Jachymek, 2019, s. 47; Nowak, 2016, s. 156). Z uwagi na złożoność miasta i zaawansowaną strukturę podobszarów dla zbudowania modelu, wymaga się od modelu dużej szczegółowości. Dodatkowo oznacza to konieczność opisanie poza wymaganiami technicznymi i analitycznymi, również interesariuszy oraz aktów prawnych. (Łapczyński, 2007, s. 54; Migut, 2012, s. 26). Wymagało to wydzielenia czterech głównych modułów, takich jak (rys. 25):

- infrastruktura i technologie,
- strategiczny,
- procesualny,
- interesariuszy

**Model Zarządzania Transportem Publicznym
z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy v.1.2**



Rysunek 25. Model Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 26. Moduły modelu MZTPIoT v.1.2 z wyszczególnionymi komponentami
Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 26 przedstawiono szczegółowy schemat modelu MZTPIoT v.1.2. Składająca się z 4 głównych modułów. Do każdego z nich przyporządkowano odpowiednie komponenty.

Moduł infrastruktura i technologie – jest zbiorem systemów i aplikacji, a także baz danych powiązanych wzajemnymi relacjami. Połączenie systemów odbywa się poprzez łączność przewodową oraz bezprzewodową. Swoim zakresem nakłada się na obszary biznesowe, które realnie wpływają na realizację założonych celów. Moduł ten stanowi kluczowy element, który umożliwia zbieranie, przetwarzanie i zarządzanie danymi oraz urządzeniami w systemie transportu publicznego, takich jak:

- *Czujniki i urządzenia IoT*: Czujniki, takie jak GPS, czujniki wilgotności, temperatury, poziomu paliwa, kamery czy czujniki ruchu, są instalowane na pojazdach, przystankach, na infrastrukturze drogowej i w innych kluczowych punktach. Dostarczają one dane w czasie rzeczywistym dotyczące lokalizacji, warunków atmosferycznych, efektywności energetycznej i innych parametrów.
- *Zdalne centra monitorowania i zarządzania*: te centra, zwane także centrami zarządzania ruchem lub kontrolnymi, odbierają dane od czujników i urządzeń IoT. Są one wyposażone w zaawansowane systemy komputerowe i oprogramowanie umożliwiające analizę danych oraz podejmowanie decyzji. Operatorzy w centrach monitorują sytuację w czasie rzeczywistym i mogą reagować na awarie, opóźnienia lub inne incydenty.
- *Sieć komunikacyjna*: Moduł techniczny wykorzystuje sieci komunikacyjne, takie jak sieci 4G/5G, LoRaWAN czy sieci satelitarne, do przesyłania danych z czujników i urządzeń IoT do central monitorujących. Szybka i niezawodna komunikacja jest kluczowa dla efektywnego zarządzania transportem publicznym.
- *Oprogramowanie analityczne*: Oprogramowanie analityczne służy do przetwarzania danych z czujników i urządzeń IoT. Analizuje dane w czasie rzeczywistym oraz tworzy raporty i wnioski. Może to obejmować algorytmy do prognozowania opóźnień, optymalizacji tras, identyfikacji problematycznych obszarów ruchu czy też oceny wydajności pojazdów.
- *Aplikacje mobilne i interfejsy użytkownika*: Moduł ten może dostarczać dane i informacje pasażerom oraz innym użytkownikom za pośrednictwem aplikacji mobilnych i interfejsów użytkownika. To umożliwia pasażerom śledzenie rozkładów jazdy, dostęp do informacji o bieżącej sytuacji na trasie oraz płatności online.

- *Zarządzanie flotą pojazdów:* W ramach tego modułu można zaimplementować system zarządzania flotą pojazdów, który umożliwia monitorowanie stanu technicznego, zużycia paliwa i wydajności pojazdów. To pozwala na planowanie konserwacji i napraw oraz zoptymalizowane wykorzystanie floty.
- *Cyberbezpieczeństwo:* W związku z podłączeniem wielu urządzeń do sieci cyberbezpieczeństwo jest kluczowym elementem modułu. Wymaga to zabezpieczeń, takich jak szyfrowanie danych, firewalle i systemy wykrywania intruzów, aby chronić system przed atakami i nieuprawnionym dostępem.

Moduł ten jest integralną częścią nowoczesnych systemów zarządzania transportem publicznym. Dzięki niemu można poprawić efektywność, bezpieczeństwo i dostępność usług transportu publicznego, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju miast i regionów.

Moduł interesariuszy – definiuje role oraz wymagania wobec urzędników, komórek organizacyjnych oraz mieszkańców. Moduł to kluczowy element, który uwzględnia różne grupy osób i instytucji zaangażowanych w system transportu publicznego. Opis głównych interesariuszy i ich roli w tym kontekście zaprezentowano w tabeli 19.

Tabela 19. Opis komponentów modułu interesariuszy modelu MZTPIoT

Komponent	Rola	Interakcje	Korzyści
Pasażerowie	Pasażerowie to użytkownicy systemu transportu publicznego, którzy korzystają z usług przewoźników.	Pasażerowie korzystają z aplikacji mobilnych, tablic informacyjnych na przystankach oraz komunikatów głosowych na pojazdach, aby uzyskać informacje o rozkładach jazdy, opóźnieniach, trasach i cenach biletów.	Dzięki IoT pasażerowie mają dostęp do bardziej dokładnych i aktualnych informacji, co pomaga im lepiej planować podróże i zwiększa komfort podróżowania.
Operatorzy transportu publicznego	Operatorzy zarządzają flotą pojazdów i infrastrukturą transportu publicznego.	Operatorzy odbierają dane z urządzeń IoT zainstalowanych na pojazdach i przystankach, monitorują ruch, planują rozkłady jazdy i zarządzają flotą.	IoT pomaga operatorom zwiększyć efektywność, bezpieczeństwo i dostępność usług, a także minimalizować opóźnienia i koszty konserwacji floty.
Administratorzy miejskich i regionalni	Nadzorują cały system transportu publicznego w swoim obszarze.	Administratorzy korzystają z danych z IoT do planowania inwestycji w infrastrukturę, podejmowania decyzji dotyczących polityki transportowej i reagowania na zmiany w ruchu.	Administratorzy mogą tworzyć bardziej zrównoważone i efektywne rozwiązania transportowe, poprawiając jakość życia mieszkańców.
Pracownicy obsługi technicznej	Pracownicy obsługi technicznej są odpowiedzialni za utrzymanie i naprawy pojazdów oraz infrastruktury transportu publicznego.	Korzystają z danych IoT do monitorowania stanu technicznego pojazdów i infrastruktury, a także planowania konserwacji.	IoT pomaga w identyfikacji problemów technicznych wcześniej, co skraca czasy przestoju pojazdów i zwiększa bezpieczeństwo.
Organizacje środowiskowe	Organizacje środowiskowe dbają o ochronę środowiska naturalnego i promują zrównoważony rozwój.	Monitorują dane dotyczące emisji i wpływu transportu na środowisko, a także wspierają inicjatywy zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza.	Działania oparte na danych z IoT pozwalają organizacjom środowiskowym prowadzić kampanie na rzecz zrównoważonego transportu i poprawy jakości powietrza.
Firmy technologiczne i dostawcy IoT	Firmy technologiczne dostarczają urządzenia IoT, oprogramowanie i infrastrukturę komunikacyjną.	Współpracują z operatorami i administratorami w zakresie dostarczania technologii IoT oraz wsparcia technicznego.	Firmy technologiczne i dostawcy IoT odnoszą korzyści finansowe z dostarczania rozwiązań do transportu publicznego opartych na IoT.

Źródło: opracowanie własne

Współpraca i interakcje między tymi różnymi grupami interesariuszy są kluczowe dla sukcesu modelu transportu publicznego z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy. Dzięki temu można tworzyć bardziej efektywne, zrównoważone i dostępne rozwiązania transportowe, które przyczyniają się do poprawy jakości życia w miastach.

Moduł procesualny – zbiór wszelkich dostępnych aktów prawnych dla miasta. Określa zakres obowiązków dla urzędników oraz sposób postępowania z klientem – mieszkańcem. Wytworzone i przetworzone w powyższy sposób informacje optymalizują działania modeli predykcyjnych. Moduł obejmuje konkretne procedury, operacje i interakcje między elementami systemu, które umożliwiają efektywne zarządzanie transportem publicznym, takie jak:

- *Zbieranie danych z czujników:* Procedura rozpoczyna się od zbierania danych z czujników umieszczonych na pojazdach, przystankach, skrzyżowaniach i innych kluczowych punktach w systemie transportu publicznego. Te dane mogą obejmować lokalizację pojazdów, poziomy zanieczyszczenia powietrza, temperaturę, opóźnienia w ruchu i wiele innych parametrów.
- *Przesyłanie danych do centrali monitorowania:* Dane zebrane przez czujniki są przesyłane za pomocą sieci komunikacyjnych do centrali monitorowania. To jest kluczowy etap, który umożliwia analizę danych w czasie rzeczywistym i podejmowanie odpowiednich działań.
- *Analiza i ocena danych:* W centrali monitorowania dane są analizowane za pomocą oprogramowania analitycznego. To może obejmować algorytmy do identyfikacji opóźnień, prognozowania problemów w ruchu, oceny wpływu transportu na środowisko i inne wskaźniki wydajności.
- *Reagowanie na incydenty i zarządzanie ruchem:* Na podstawie analizy danych operatorzy mogą podejmować decyzje dotyczące zarządzania ruchem. Jeśli wystąpią incydenty, takie jak wypadki drogowe lub awarie pojazdów, procedura ta może pomóc w skierowaniu służb ratunkowych lub holowników na miejsce zdarzenia. Dodatkowo, zarządzanie ruchem może obejmować zmiany w sygnalizacji świetlnej, optymalizację trasy pojazdów czy informowanie pasażerów o opóźnieniach.
- *Komunikacja z pasażerami:* w ramach modułu istnieją procedury komunikacji z pasażerami. System może dostarczać informacji o rozkładach jazdy, opóźnieniach, alternatywnych trasach i innych kwestiach za pośrednictwem aplikacji mobilnych, tablic informacyjnych na przystankach, strony internetowej oraz komunikatach głosowych w pojazdach.

- *Monitorowanie floty pojazdów:* procedury te obejmują monitorowanie stanu technicznego floty pojazdów. Dzięki temu można zaplanować konserwację i naprawy pojazdów, aby unikać awarii i zapewnić ich nieprzerwane działanie.
- *Dokumentacja i raportowanie:* w ramach modułu prowadzona jest dokumentacja operacji i generowane są raporty dotyczące działalności systemu. To pomaga w analizie wydajności, identyfikacji problemów i podejmowaniu działań na przyszłość.
- *Cyberbezpieczeństwo i ochrona Danych:* Procedury związane z cyberbezpieczeństwem są niezwykle ważne w kontekście IoT. System musi być odpowiednio zabezpieczony przed atakami hakerskimi i nieuprawnionym dostępem.

Moduł ten opiera się na przemysłanych procesach i procedurach, które umożliwiają efektywne zarządzanie i monitorowanie transportu publicznego w czasie rzeczywistym. Dzięki niemu można zwiększyć bezpieczeństwo, efektywność i dostępność usług transportu publicznego, co przyczynia się do polepszenia jakości życia w miastach.

Moduł strategiczny – pełni rolę w przetwarzaniu i analizie danych zebranych za pomocą czujników i urządzeń IoT. Pozwala to na zrozumienie, prognozowanie i optymalizację różnych aspektów systemu transportu publicznego. Główne elementy i funkcje modułu zaprezentowano w tabeli 20.

Tabela 20. Opis komponentów modułu strategicznego modelu MZTPloT

Komponent	Rola	Interakcje
Zbieranie i przetwarzanie danych	Moduł analityczny zbiera dane z czujników i urządzeń IoT, obejmuje je, porządkuje i przekształca w przydatne informacje.	Automatyczne przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym, identyfikacja i korelacja zdarzeń oraz agregacja danych z różnych źródeł.
Analiza efektywności i wydajności	Ocena, jak dobrze działa system transportu publicznego.	Analiza czasów podróży, średnich prędkości, częstotliwości opóźnień, dostępności usług w różnych godzinach i lokalizacjach.
Prognozowanie i planowanie	Pomoc w przewidywaniu przyszłych potrzeb i sytuacji w systemie transportu publicznego.	Wykorzystanie danych historycznych i bieżących do prognozowania obciążenia tras, zapotrzebowania na usługi i zmian w ruchu.
Optymalizacja tras i rozkładów jazdy	Doskonalenie planów tras i rozkładów jazdy pojazdów.	Wykorzystywanie algorytmów optymalizacyjnych do minimalizacji opóźnień, redukcji kosztów operacyjnych i zwiększenia dostępności usług.
Zarządzanie awariami i bezpieczeństwem	Monitorowanie i reagowanie na awarie oraz zagrożenia bezpieczeństwa.	Identyfikacja awarii pojazdów, wypadków i działań niebezpiecznych oraz wspieranie działań ratowniczych i interwencji.
Środowiskowe analizy i zrównoważony rozwój	Ocena wpływu transportu publicznego na środowisko i promowanie zrównoważonego rozwoju.	Monitorowanie emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza, raportowanie odcisku węglowego i wsparcie dla inicjatyw ekologicznych.
Raportowanie i wizualizacja danych	Przygotowanie raportów i wizualizacji danych dla różnych interesariuszy.	Tworzenie interaktywnych wykresów, map i raportów, które ułatwiają zrozumienie danych.
Cyberbezpieczeństwo i ochrona danych	Zabezpieczenie danych przed nieautoryzowanym dostępem i atakami.	Wdrożenie środków zabezpieczających, takich jak szyfrowanie danych, autoryzacja dostępu i monitorowanie aktywności sieciowej.
Działania na podstawie danych	Podjęmowanie decyzji i działania na podstawie wyników analiz.	Automatyczne powiadamianie operatorów i administratorów o istotnych zdarzeniach oraz generowanie rekomendacji dotyczących działań naprawczych lub optymalizacyjnych.

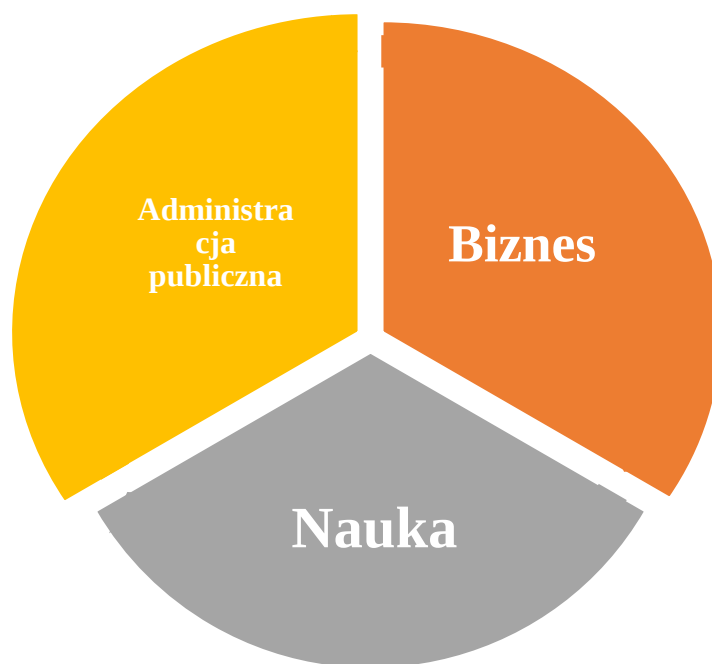
Źródło: opracowanie własne

Moduł strategiczny umożliwia efektywną i inteligentną analizę danych z IoT, co pozwala na ciągłe doskonalenie systemu transportu publicznego, zwiększenie jego efektywności i dostosowanie go do zmieniających się potrzeb i warunków. To także pomaga w dążeniu do bardziej zrównoważonej i przyjaznej dla środowiska mobilności miejskiej.

Model MZTPIoT v.1.2 wykorzystuje technologię IoT do zwiększenia efektywności i zrównoważenia systemu transportowego. Dzięki integracji danych w czasie rzeczywistym umożliwia dynamiczne reagowanie na potrzeby użytkowników i zmieniające się warunki na drogach. Ułatwia współpracę między interesariuszami, takimi jak władze miejskie, operatorzy transportu i mieszkańcy, co sprzyja lepszemu planowaniu i realizacji usług. Model wspiera optymalizację tras, harmonogramów i wykorzystania zasobów, co przyczynia się do zmniejszenia kosztów operacyjnych oraz emisji zanieczyszczeń. Wykorzystanie zaawansowanej analityki pozwala na długoterminowe planowanie i dostosowanie systemu do potrzeb mieszkańców. Zapewnia także większy komfort i dostępność transportu, promując jednocześnie zrównoważony rozwój miasta. Całościowe podejście modelu wspiera budowę nowoczesnego, przyjaznego środowiska i efektywnego systemu transportowego. W kolejnym etapie model zostanie poddany ocenie ekspertów z różnych dziedzin: nauki, biznesu oraz administracji publicznej. Specjaliści ze środowisk akademickich ocenią innowacyjność, zgodność z najnowszymi trendami badawczymi oraz potencjał rozwojowy modelu. Przedstawiciele biznesu przeanalizują jego wykonalność, opłacalność i możliwości komercjalizacji. Z kolei eksperci z administracji publicznej skupią się na jego użyteczności w praktyce, zgodności z politykami miejskimi oraz potencjalnym wpływie na jakość życia mieszkańców. Interdyscyplinarne podejście zapewni wszechstronną ocenę modelu, zwiększając jego wiarygodność i szanse na skuteczne wdrożenie.

5.3. Dyskusja ekspertów nad Modelem Zarządzania Transportem Publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy

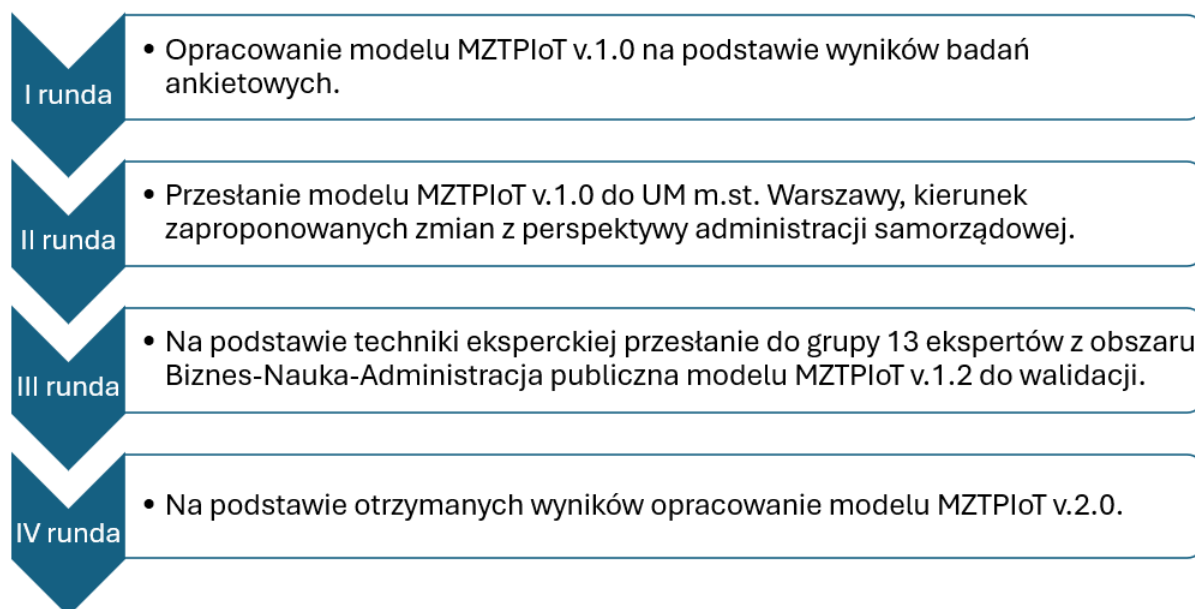
Kryteria do rozważań zostały zatwierdzone w ramach techniki eksperckiej (Weir, i in., 2017, s.112). Panel ekspertów został wybrany na podstawie wcześniej określonych kryteriów z obszarów transportu publicznego, komunikacji miejskiej, specjalistów z obszaru administracji samorządowej, specjalistów odpowiedzialnych za technologię IoT oraz naukowców (Izdebski i Kosiorek, 2023, s. 3). Ekspertci pochodzili z różnych części Polski. System ten opiera się na współpracy ekspertów reprezentujących trzy obszary: administracji publicznej, biznesu oraz nauki. Współpraca tych trzech sfer określana jest w literaturze mianem potrójnej helisy (Bednarzewska, 2016, s. 5) – rysunek 27.



Rysunek 27. Potrójna helisa

Źródło: opracowanie na podstawie Bednarzewska, 2016, s. 5.

Badanie zostało przeprowadzone w okresie listopad 2023 - kwiecień 2024 roku i składało się z 4 rund rozłożonych w czasie z uwagi na złożoność problematyki modelu (rys. 28).



Rysunek 28. Rundy I - IV walidacji modelu MZTPIoT

Źródło: opracowanie własne

Ze względu na tematykę badań przy doborze ekspertów wzięto pod uwagę przede wszystkim ich kompetencje, wiedzę oraz doświadczenie. Wyszukiwanie ekspertów, zostało

zrealizowane przy założeniu możliwie wnikliwie i wszechstronnych stanowiska dla wniosków i wyników prowadzonych badań. Dlatego do udziału w konsultacjach zaproszono praktyków posiadających długoletnie doświadczenie – charakterystyka próby zaprezentowana w tabeli nr 21.

Tabela 21. Charakterystyka próby ekspertów do badań jakościowych

Wyszczególnienie	Charakterystyka
Cele badań	Weryfikacja opracowanego modelu MZTPIoT v.1.0
Podmiot badań	Eksperci
Rodzaj badań	Jakościowe
Metoda i technika badań	Metoda oceny ekspertów
Narzędzia badawcze	Formularz analizy kluczowych modułów wraz z komponentami modelu (MS Excel)
Dobór jednostek do badań	Celowy
Kryteria doboru próby	Osoby z obszaru potrójnej helisy: Administracja publiczna, Biznes i Nauka.
Zakres czasowy	2023 - 2024

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Maciejewski, 2016, s.41-47).

Grupa ekspertów stanowiła 13 osób, zaszeregowanych na podstawie potrójnej helisy. Wybrani eksperci wyrazili zgodę na udział w badaniu, a następnie drogą elektroniczną otrzymali przygotowany plik z prośbą o udzielenie odpowiedzi. W następnej kolejności odsyłali plik z odpowiedziami, który został następnie przeanalizowany przez autora badania. Opracowany kwestionariusz do udzielania odpowiedzi został opracowany przez autora. Struktura skróty została przygotowana z 7 arkuszy (została zamieszczona w załączniku nr 5):

- Instrukcja,
- Abstrakt,
- Schemat graficzny,
- Moduł Infrastruktura i Technologia,
- Moduł Interesariusze,
- Moduł Procesualny,
- Moduł Strategiczny.

Pierwsze trzy arkusze miały na celu przybliżenie tematyki pracy i zorientowania uczestnika badania, jaki jest poruszony problem oraz oczekiwania wobec niego. Kolejne arkusze dotyczyły poszczególnych modułów. Pierwszym z nich jest moduł o nazwie infrastruktura i technologia scharakteryzowany jako zbiór systemów i aplikacji, a także baz danych powiązanych wzajemnymi relacjami. Połączenie systemów odbywa się poprzez łączność przewodową oraz bezprzewodową. Drugi moduł to interesariusze, a jego zadaniem było zdefiniowanie ról i wymagań wobec urzędników, komórek organizacyjnych oraz mieszkańców – wpływają lub korzystają z analityki predykcyjnej. Trzeci moduł procesualny zdefiniowany został jako zbiór wszelkich dostępnych aktów prawnych dla miasta. Określa zakres obowiązków dla urzędników i sposób postępowania z klientem – mieszkańcem. Ostatnim modułem modelu jest strategiczny, który umożliwia efektywną i inteligentną analizę danych z IoT, co pozwala na ciągłe doskonalenie systemu transportu publicznego, zwiększenie jego efektywności i dostosowanie go do zmieniających się potrzeb i warunków.

Na rysunkach od 29 do 32 zaprezentowano rozkład odpowiedzi dla poszczególnych komponentów osadzonych w czterech modułach modelu MZTPIoT v.1.2. Wyniki niniejszego badania empirycznego pokazują pozytywne postawy respondentów. W pierwszej kolejności został przeanalizowany moduł infrastruktura i technologia (rys. 29), składający się z 6 komponentów. Eksperti w większości podział elementów przyjęli za właściwy. Jeden z ekspertów z obszaru biznesu zanegował komponent dotyczący *Aplikacji dla pasażerów* – zaproponował jego przeniesienie do modułu procesualnego. Komponent o nazwie *Bezpieczeństwo fizyczne i cyberbezpieczeństwo* według opinii ekspertów biznesowego oraz nauki nie wpisuje się w opisywany moduł. Ekspert z grupy administracji publicznej określił, iż *Sieci teleinformatyczne (ICT)* nie wpisują się jednoznacznie w charakteryzowany moduł.

Model MZTPIoT v.1.2			Komponent	Infrastruktura i Technologia		
Ekspert		Obszar - potrójna helisa		Zaakceptowany element	Zanegowany element	Komponet zanegowany przez eksperta
lp	Ekspert nr					
1	Ekspert nr 1	Władze publiczne		6	0	
2	Ekspert nr 2	Nauka		6	0	
3	Ekspert nr 3	Biznes		5	1	Aplikacje dla pasażerów - przenieść do Procesowego
4	Ekspert nr 4	Biznes		6	0	
5	Ekspert nr 5	Biznes		6	0	
6	Ekspert nr 6	Biznes		6	0	
7	Eskpert nr 7	Biznes		6	0	
8	Ekspert nr 8	Nauka		5	1	Bezpieczeństwo fizyczne i cyberbezpieczeństwo
9	Ekspert nr 9	Biznes		5	1	Bezpieczeństwo fizyczne i cyberbezpieczeństwo - samo cyberbezpieczeństwo
10	Ekspert nr 10	Nauka		6	0	
11	Ekspert nr 11	Biznes		6	0	
12	Ekspert nr 12	Władze publiczne	5	1	Sieć teleinformatyczna (ICT)	
13	Ekspert nr 13	Biznes	6	0		

Rysunek 29. Moduł Infrastruktura i Technologia modelu MZTPIoT v.1.2. wraz z odpowiedziami ekspertów: Administracja Publiczna – Biznes – Nauka
Źródło: opracowanie własne

W kolejnej części poddano dyskusji moduł interesariuszy (rys. 30), który składał się z 7 komponentów. Nie wszystkie składowe zostały jednomyślnie zaakceptowane przez ekspertów. Komponent *Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne* został zanegowany przez ekspertów biznesowych. Kolejny komponent *Regulatorzy ds. transportu i komunikacji* nie został zaakceptowany również przez specjalistów biznesowych. Komponent *Pracownicy Obsługi technicznej transportu* został odrzucony przez ekspertów biznesowego oraz nauki. Komponent *Dostawcy rozwiązań IT* – nie wpisuje się w omawiany moduł z uwagi na stworzenie ścisłych zależności i braku konkurencyjności.

Model MZTPloT v.1.2			Komponent	Interesariuszy		
Ekspert		Obszar - potrójna helisa		Zaakceptowany element	Zanegowany element	Komponent zanegowany przez eksperta
lp	Ekspert nr					
1	Ekspert nr 1	Władze publiczne	Komponent	7	0	
2	Ekspert nr 2	Nauka		7	0	
3	Ekspert nr 3	Biznes		4	3	Organy administracyjne właściwe terytorialnie Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne Regulatorzy ds. transportu i komunikacji
4	Ekspert nr 4	Biznes		7	0	
5	Ekspert nr 5	Biznes		7	0	
6	Ekspert nr 6	Biznes		5	2	Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne Regulatorzy ds. transportu i komunikacji
7	Eskpert nr 7	Biznes		5	2	Pracownicy Obsługi Technicznej Transportu Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne
8	Ekspert nr 8	Nauka		7	0	
9	Ekspert nr 9	Biznes		5	2	
10	Ekspert nr 10	Nauka		6	1	Pracownicy Obsługi Technicznej Transportu
11	Ekspert nr 11	Biznes		7	0	
12	Ekspert nr 12	Władze publiczne		7	0	
13	Ekspert nr 13	Biznes		5	2	Dostawcy rozwiązań IT Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne

Rysunek 30. Moduł Interesariuszy modelu MZTPIoT v.1.2 wraz z odpowiedziami ekspertów: Administracja Publiczna – Biznes – Nauka
Źródło: opracowanie własne

Następnie poddano analizie moduł procesualny (rys. 31), który składał się z 11 komponentów. Podczas przeprowadzonej analizy przez panel ekspercki, wystąpiły różne oceny i nie wszystkie elementy zostały zaakceptowane. Eksperci biznesowi i administracji publicznej odrzucili *Proces przeprowadzania audytów wewnętrznych*. Specjalista z grupy nauki zanegował komponent *Monitorowanie i pomiar procesów*. Specjalista biznesowy zauważył, iż element *Proces Monitorowania Floty Pojazdów* nie wpisuje się w omawiany moduł. Ekspert samorządowy zauważył, iż z jego punktu widzenia dwa elementy *Monitorowanie aspektów środowiskowych procesów oraz Monitorowanie ryzyka w procesie* jest nieadekwatną lokalizacją. Istotną opinią jednego z ekspertów i może nawet kluczową była zmiana nazwy modułu z Procesualnego na Procesowy.

Model MZTPIoT v.1.2			Komponent	Procesualny		
Ekspert		Obszar - potrójna helisa		Zaakceptowane element	Zanegowany element	Komponent zanegowany przez eksperta
lp	Ekspert nr					
1	Ekspert nr 1	Władze publiczne	Komponent	10	1	Proces przeprowadzania audytów wewnętrznych
2	Ekspert nr 2	Nauka		10	1	Monitorowanie i pomiar procesów
3	Ekspert nr 3	Biznes		0	2	Proces przeprowadzenia audytów wewnętrznych Proces Monitorowania Floty Pojazdów
4	Ekspert nr 4	Biznes		11	0	
5	Ekspert nr 5	Biznes		11	0	
6	Ekspert nr 6	Biznes		11	0	
7	Eskpert nr 7	Biznes		11	0	
8	Ekspert nr 8	Nauka		11	0	
9	Ekspert nr 9	Biznes		11	0	
10	Ekspert nr 10	Nauka		11	0	
11	Ekspert nr 11	Biznes		11	0	
12	Ekspert nr 12	Władze publiczne		7	4	Ocena efektów działania procesu transportu publicznego Monitorawnie aspektów środowiskowych procesów Proces przeprowadzenia audytów wewnętrznych Monitorowanie ryzykaw procesach
13	Ekspert nr 13	Biznes		11	0	

Rysunek 31 Moduł Procesualny modelu MZTPIoT v.1.2 wraz z odpowiedziami ekspertów: Administracja Publiczna – Biznes – Nauka
Źródło: opracowanie własne

Ostatni do analizy został poddany moduł strategiczny (rys. 32), który składał się on z 6 komponentów. Eksperci przekazali również swoje spostrzeżenia podczas wywiadów do ostatniego modułu. Ekspert nauki podważył zasadność dwóch komponentów *Doskonalenie planów tras* oraz *Tworzenie i monitorowanie procedur z uwagi na awarie*. Z punktu widzenia biznesu element dotyczący *Planowania cyberbezpieczeństwa i tworzenie procedur ochrony danych* w module jest niezasadny. Jeden z ekspertów akademickich bardzo skrajnie podszedł do opisywanego modułu ponieważ, zanegował jego 4 komponenty: *Prognozowanie, planowanie i optymalizowanie usług transportu publicznego – rozkłady, Tworzenie procedur monitorowania i reagowania na awarie, zakłócenia w ruchu oraz zagrożenia bezpieczeństwa, Tworzenie środowiska opartego na danych optymalizowanie usług transportu celem redukcji emisji CO2 i zanieczyszczeń, Planowanie cyberbezpieczeństwa i tworzenie procedur ochrony danych*.

Model MZTPIoT v.1.2			Komponent	Strategiczny		
Ekspert		Obszar - potrójna helisa		Zaakceptowany element	Zanegowany element	Komponent zanegowany przez eksperta
lp	Ekspert nr					
1	Ekspertnr1	Władze publiczne	Komponent	6	0	
2	Ekspertnr2	Nauka		4	2	Doskonalenia planów tras Tworzenie i monitorowanie procedur z uwagi na awarie
3	Ekspertnr3	Biznes		6	0	
4	Ekspertnr4	Biznes		6	0	
5	Ekspertnr5	Biznes		5	1	Planowanie cyberbezpieczeństwa i tworzenie procedur ochrony danych
6	Ekspertnr6	Biznes		6	0	
7	Ekspertnr7	Biznes		5	1	Środowisko oparte na danych optymalizowanie usług transportu celem redukcji emisji CO2 i zanieczyszczeń
8	Ekspertnr8	Nauka		2	4	Prognozowanie, planowanie i optymalizowanie usług transportu publicznego - rozkłady Tworzenie procedur monitorowania i reagowania na awarie, zakłócenia w ruchu oraz zagrożenia bezpieczeństwa Środowisko oparte na danych optymalizowanie usług transportu celem redukcji emisji CO2 i zanieczyszczeń Planowanie cyberbezpieczeństwa i tworzenie procedur ochrony danych
9	Ekspertnr9	Biznes		6	0	
10	Ekspertnr10	Nauka		6	0	
11	Ekspertnr11	Biznes		6	0	
12	Ekspertnr12	Władze publiczne		6	0	
13	Ekspertnr13	Biznes		6	0	

Rysunek 32. Moduł Strategiczny modelu MZTPIoT v.1.2 wraz z odpowiedziami ekspertów: Administracja Publiczna – Biznes – Nauka
Źródło: opracowanie własne

Opracowano również zestawienie całościowe mające na celu pokazanie uwag ekspertów, co zaprezentowano w matrycy odpowiedzi rys. 33. Z dalszej analizy wynika iż z otrzymanych opinii ekspertów z obszaru potrójne helisy, opracowany model ma pewne niedoskonałości projektowe, ale po naniesieniu istotnych uwag i stworzeniu wersji model MZTPIoT v.2.0. spełni oczekiwania i wymagania zainteresowanych. Na rysunku nr 34 zaprezentowano finalną wersję autorskiego modelu MZTPIoT w inteligentnym mieście. (rys.33)

Model MZTPIoT v.1.2			Komponent	Komponent	Komponent	Komponent
Ekspert		Obszar - potrójna helisa	Infrastruktura i Technologia	Interesariusze	Procesowy	Strategiczny
lp	Ekspert nr					
1	Ekspert nr 1	Władze publiczne			Proces przeprowadzania audytów wewnętrznych	
2	Ekspert nr 2	Nauka			Monitorowanie i pomiar procesów	Doskonalenia planów tras Tworzenie i monitorowanie procedur z uwagi na awarie
3	Ekspert nr 3	Biznes	Aplikacje dla pasażerów	Organy administracyjne właściwe terytorialnie Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne Regulatorzy ds. transportu i komunikacji	Proces przeprowadzenia audytów wewnętrznych Proces Monitorowania Floty Pojazdów	
4	Ekspert nr 4	Biznes				
5	Ekspert nr 5	Biznes				Planowanie cyberbezpieczeństwa i tworzenie procedur ochrony danych
6	Ekspert nr 6	Biznes		Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne Regulatorzy ds. transportu i komunikacji		
7	Ekspert nr 7	Biznes		Pracownicy Obsługi Technicznej Transportu Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne		Środowisko oparte na danych optymalizowanie usług transportu celem redukcji emisji CO2 i zanieczyszczeń
8	Ekspert nr 8	Nauka	Bezpieczeństwo fizyczne i cyberbezpieczeństwo			Prognozowanie, planowanie i optymalizowanie usług transportu publicznego - rozkłady Tworzenie procedur monitorowania i reagowania na awarie, zakłócenia w ruchu oraz zagrożenia bezpieczeństwa Środowisko oparte na danych optymalizowanie usług transportu celem redukcji emisji CO2 i zanieczyszczeń Planowanie cyberbezpieczeństwa i tworzenie procedur ochrony danych
9	Ekspert nr 9	Biznes	Bezpieczeństwo fizyczne i cyberbezpieczeństwo			
10	Ekspert nr 10	Nauka		Pracownicy Obsługi Technicznej Transportu		
11	Ekspert nr 11	Biznes				
12	Ekspert nr 12	Władze publiczne	Sieć teleinformatyczna (ICT)		Ocena efektów działania procesu transportu publicznego Monitorowanie aspektów środowiskowych procesów Proces przeprowadzenia audytów wewnętrznych Monitorowanie ryzyka w procesach	
13	Ekspert nr 13	Biznes		Dostawcy rozwiązań IT Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne		

Rysunek 33. Zbiorcza matryca odpowiedzi ekspertów do modelu MZTPIoT v. 1.2
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 34. Model MZTPIoT v.2.0.
Źródło: opracowanie własne

MZTPIoT v.2.0, (rys. 34), powstał jako efekt wielowymiarowej oceny przeprowadzonej przez ekspertów z obszarów nauki, biznesu i administracji publicznej. Ich uwagi pozwoliły na stworzenie kompleksowego rozwiązania, które odpowiada na potrzeby kształtowania współczesnych inteligentnych miast. Wprowadzone zmiany, w tym aktualizacja nazw modułów: infrastruktura i technologia, interesariuszy, procesowy oraz strategiczny, są wynikiem konstruktywnej analizy, uwzględniającej różnorodne perspektywy i doświadczenia. Eksperti ze środowisk naukowych dostarczyli cennych wskazówek dotyczących innowacyjności i zgodności modelu z aktualnymi trendami badawczymi. Ich wkład pomógł w zapewnieniu, że rozwiązania technologiczne uwzględnione w modelu są nie tylko nowoczesne, ale także możliwe do dalszego rozwoju. Z kolei przedstawiciele biznesu podkreślili znaczenie efektywności ekonomicznej oraz potencjału komercyjnego modelu, co doprowadziło do optymalizacji jego struktury w kontekście praktycznych zastosowań. Eksperti z administracji publicznej zwrócili uwagę na praktyczne aspekty wdrażania modelu w warunkach miejskich, wskazując na konieczność dostosowania go do lokalnych regulacji, potrzeb mieszkańców oraz wyzwań związanych z zarządzaniem przestrzenią publiczną. Model w wersji v.2.0 jest efektem trafnego połączenia tych różnych perspektyw, co pozwoliło na stworzenie systemu jeszcze bardziej zintegrowanego, elastycznego i dostosowanego do rzeczywistych wyzwań transportu publicznego w inteligentnym mieście. Każdy z czterech modułów został rozwinięty w taki sposób, aby uwzględniał zarówno specyfikę technologii IoT, jak i szeroko pojęte aspekty organizacyjne, społeczne oraz środowiskowe. Powyższa wersja modelu łączy w sobie precyzję naukowych założeń, praktyczność biznesowych rozwiązań oraz zgodność z wymaganiami administracyjnymi, co czyni ją kompleksowym narzędziem wspierającym zrównoważony rozwój transportu publicznego. Model v.2.0 nie tylko wzmacnia efektywność zarządzania, ale także odpowiada na potrzeby mieszkańców, przyczyniając się do budowy bardziej zrównoważonego i komfortowego środowiska miejskiego. Uwagi ekspertów okazały się kluczowe dla osiągnięcia tej jakości i stanowią solidną podstawę do dalszych działań.

5.4. Rekomendacje do wdrożenia modelu MZTPIoT

Rekomendacja do wdrożenia modelu zarządzania transportem publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy (IoT) w inteligentnym mieście powinna uwzględniać kilka kluczowych aspektów, które zapewnią jego efektywność i pozytywny wpływ na mieszkańców oraz infrastrukturę miasta:

- W module infrastruktury i technologii zaleca się inwestycje w sieci 5G, IoT oraz inteligentne systemy zarządzania ruchem. Niezbędne jest także rozwijanie infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych oraz wdrażanie sensorów do monitorowania jakości powietrza i zużycia energii.
- W module strategicznym rekomenduje się opracowanie długofalowej polityki rozwoju opartej na danych oraz tworzenie planów adaptacyjnych wobec zmian klimatycznych. Miasto powinno przyjąć strategię otwartości danych (open data), co ułatwi podejmowanie decyzji i wspomogę innowacje.
- W module procesualnym warto wprowadzić zintegrowane platformy zarządzania miastem, które umożliwią szybkie reagowanie na zmiany w czasie rzeczywistym. Automatyzacja procesów administracyjnych zwiększy efektywność i przejrzystość działań urzędu. Dobrze zaprojektowane procesy powinny również uwzględniać bezpieczeństwo danych i cyberochronę.
- W module interesariuszy kluczowe jest zaangażowanie mieszkańców, przedsiębiorstw i organizacji społecznych w procesy decyzyjne. Zaleca się organizowanie konsultacji społecznych oraz wykorzystanie aplikacji mobilnych do zbierania danych i informacji od obywateli. Współpraca z lokalnymi startupami i uczelniami przyczyni się do rozwoju innowacyjnych rozwiązań.

Całość działań powinna być monitorowana przy pomocy wskaźników efektywności i regularnie aktualizowana zgodnie z potrzebami mieszkańców. Tylko kompleksowe podejście do tych modułów zapewni skuteczne i trwałe wdrożenie koncepcji inteligentnego miasta, takich jak poniżej:

- Wdrożenie modelu powinno opierać się na gruntownej analizie obecnych potrzeb transportowych oraz prognoz dotyczących przyszłego wzrostu populacji i zapotrzebowania na transport. Technologia IoT umożliwia dynamiczne monitorowanie i optymalizację ruchu pojazdów transportu publicznego w czasie rzeczywistym, co pozwoli na lepsze zarządzanie flotą pojazdów, redukcję przestojów oraz minimalizację zużycia energii i paliwa. Kluczowym elementem będzie także integracja systemu IoT z innymi istniejącymi systemami zarządzania miejską infrastrukturą, co pozwoli na holistyczne podejście do optymalizacji funkcjonowania miasta.
- Wdrażanie nowoczesnych technologii IoT wymaga inwestycji w infrastrukturę komunikacyjną oraz współpracę z dostawcami IoT, w tym rozwój sieci 5G, aby zapewnić szybką i niezawodną transmisję danych. W związku z tym, władze miasta powinny

rozważyć partnerstwa z firmami technologicznymi oraz operatorami telekomunikacyjnymi, co pozwoli na obniżenie kosztów i usprawnienie procesu wdrożenia.

- Nieodzowna będzie także współpraca z mieszkańcami. Transparentność działań, odpowiednia kampania informacyjna oraz możliwość uzyskania informacji zwrotnej od użytkowników transportu publicznego pozwolą na lepsze dopasowanie systemu do ich potrzeb. Warto rozważyć wprowadzenie aplikacji mobilnych wspierających dostęp do informacji o połączeniach, dostępności pojazdów czy natężeniu ruchu w czasie rzeczywistym.
- Wdrożenie modelu opartego na IoT w transporcie publicznym może nie tylko usprawnić jego funkcjonowanie, ale również przyczynić się do zwiększenia komfortu życia mieszkańców, redukcji emisji spalin oraz optymalizacji wykorzystania zasobów miejskich.
- Model zarządzania transportem publicznym IoT v.2.0 stanowi nowoczesne i zaawansowane narzędzie wspierające rozwój transportu publicznego w inteligentnych miastach. Opierając się na wnioskach ekspertów z obszarów nauki, biznesu i administracji publicznej, należy podjąć strategiczne działania, aby wdrożenie tego modelu przebiegło sprawnie i skutecznie.
- Współpraca z interesariuszami - kluczowym elementem wdrożenia jest współpraca z różnorodnymi interesariuszami, w tym władzami miejskimi, operatorami transportu, mieszkańcami oraz przedsiębiorstwami technologicznymi, co przyczyni się do sprawnego zarządzania transportem publicznym. Należy stworzyć platformę komunikacji, która umożliwi bieżącą wymianę informacji, opinii i sugestii. Szczególnie istotne jest zaangażowanie społeczności lokalnej, aby model odpowiadał na ich realne potrzeby i oczekiwania.
- Szkolenia i przygotowanie kadry - wdrożenie technologii IoT wymaga odpowiedniego przygotowania personelu, zarówno technicznego, jak i zarządzającego. Zaleca się przeprowadzenie szkoleń dla operatorów transportu oraz pracowników administracji miejskiej, aby zapewnić sprawną obsługę systemu i efektywne wykorzystanie dostępnych danych.
- Monitorowanie i ewaluacja wdrożenia - kluczowe jest wprowadzenie systemu monitorowania postępów wdrożenia modelu oraz jego regularnej ewaluacji. Analiza wyników w czasie rzeczywistym, takich jak punktualność, optymalizacja tras czy poziom

zadowolenia użytkowników, pozwoli na bieżące wprowadzanie ulepszeń. Uwagi uzyskane w tym procesie mogą również stanowić podstawę do dalszych aktualizacji modelu.

- Zapewnienie finansowania i partnerstw - wdrożenie modelu wymaga odpowiedniego zabezpieczenia finansowego, zarówno na etapie pilotażu, jak i pełnej implementacji. Zaleca się poszukiwanie źródeł finansowania, takich jak fundusze unijne, granty innowacyjne czy partnerstwa publiczno-prywatne.
- Długoterminowe planowanie rozwoju – model MZTPIoT v.2.0 powinien być traktowany jako fundament dla dalszego rozwoju transportu publicznego. Długoterminowe planowanie powinno uwzględniać zrównoważony rozwój, integrację nowych technologii oraz rosnące potrzeby mieszkańców.

Rekomenduje się wdrożenie modelu MZTPIoT v.2.0 jako kompleksowego rozwiązania wspierającego zarządzanie transportem publicznym. Jego implementacja przyniesie korzyści w zakresie efektywności, zrównoważenia i komfortu użytkowników, przyczyniając się do budowy nowoczesnego, przyjaznego środowiska miasta.

Mimo licznych zalet, model zarządzania transportem publicznym IoT w inteligentnym mieście (MZTPIoT) v.2.0 ma również pewne ograniczenia. Jednym z kluczowych wyzwań jest konieczność zapewnienia odpowiedniej infrastruktury technologicznej, w tym zaawansowanych systemów IoT i analityki danych, co może wiązać się z wysokimi kosztami wdrożenia i utrzymania. Istotnym ograniczeniem jest także integracja różnych systemów transportowych i komunikacyjnych, które często działają w oparciu o odmienne standardy i technologie. Dodatkowo, model wymaga ścisłej współpracy między interesariuszami, co może napotykać na bariery organizacyjne, prawne oraz brak jednolitej strategii wdrożeniowej. Ważnym aspektem jest również bezpieczeństwo i prywatność danych pasażerów, które muszą być skutecznie chronione przed cyberzagrożeniami i nieuprawnionym dostępem.

5.5. Podsumowanie

Prezentowano kompleksowy obraz budowy i ewolucji modelu zarządzania transportem publicznym wspieranego technologiami IoT. Na początku rozdziału omówiono uwarunkowania oraz konstrukcję modelu. Zdefiniowano kluczowe elementy wpływające na efektywne zarządzanie transportem publicznym, takie jak infrastruktura IoT, zintegrowane systemy komunikacyjne oraz mechanizmy zbierania i analizy danych. Następnie przedstawiono strukturę modelu, opisując poszczególne jego moduły i ich wzajemne relacje na podstawie modelu Levitt'a. W dalszej części rozdziału przeprowadzono wywiady eksperckie, z potrójnej

helisy: nauka, biznes i administracja publiczna. Ekspersi wyrazili opinię na temat koncepcji modelu zarządzania transportem publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy. Po uzyskaniu opinii od zebranej grupy ekspertów, przeprowadzono walidację modelu. Na podstawie zgromadzonych danych i sugestii dokonano niezbędnych modyfikacji i optymalizacji, co zaowocowało opracowaniem finalnej wersji autorskiego modelu MZTPIoT v.2.0. Ekspersi podzielili się swoimi doświadczeniami oraz spostrzeżeniami na temat obecnych trendów, wyzwań oraz przyszłości inteligentnych systemów transportowych. Wyniki wywiadów eksperckich zostały zestawione i przeanalizowane, co pozwoliło na wyciągnięcie wniosków na temat najbardziej obiecujących kierunków rozwoju oraz potencjalnych przeszkód

Rozdział ten szczegółowo przedstawia proces tworzenia i doskonalenia modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście, wspieranego technologiami Internetu Rzeczy. Opisano zarówno teoretyczne fundamenty modelu, jak i praktyczne kroki związane z jego implementacją. Finalna wersja modelu MZTPIoT v.2.0 może stanowić rozwiązanie, które skutecznie przyczyni się do poprawy zarządzania transportem publicznym, zwiększenia jego efektywności oraz podniesienia jakości usług dla mieszkańców inteligentnych miast.

Podsumowanie i wnioski

Dynamiczne zmiany w otoczeniu, rozwój technologii, rozwiązania innowacyjne miały decydujący wpływ na zarządzanie aglomeracjami miejskimi, spowodowały rozbudowę terenów zurbanizowanych, tworzenie inteligentnych miast, co z jednej strony wpływało na lepszy komfort przemieszczania się i zaspokajania potrzeb mieszkańców, poprawy jakości ich życia, z drugiej strony rozwój sieci komunikacyjnej. Idea inteligentnego miasta jest kolejnym etapem rozwoju obszarów zamieszkanymi, natomiast środowisko smart mobility cechuje się innowacyjnością w zakresie poprawy komfortu podróżowania oraz dostępu do aktualnych informacji. Funkcjonowanie miast i regionów w koncepcji miasta inteligentnego jest to długofalowy i innowacyjny proces rozwoju. Za ten kierunek rozwoju odpowiedzialni są władze samorządowe i operatorzy komunikacji miejskiej. Przeprowadzona analiza literaturowa zagadnień smart city, smart mobility i IoT utożsamia się z dalszym rozwojem obszarów miejskich. Istotne jest to, aby miasta zmierzały w kierunku nowoczesności, cały proces przebiegał w warunkach przyjaznych dla środowiska naturalnemu, wraz z zaspokojeniem wszelkich potrzeb społecznych.

Otrzymane wyniki przeprowadzonych badań empirycznych posiadają pewne ograniczenia. Próba i jej liczebność zostały zachowane, natomiast wnioski znajdują uzasadnienie w podjętej problematyce. Otrzymane wyniki posłużyły do dalszych prac nad stworzeniem modelu MZTPIoT. Wyniki badań jak zostały rozbite na próby mniejsze, co wpłynęło na siłę korelacji badanych próbek cząstkowych. Dobrana próba uczestników może obniżać reprezentatywność danych i utrudniać kompleksową ocenę wpływu Internetu Rzeczy na codzienne użytkowanie. Jest to istotne ograniczenie, ponieważ może prowadzić do zakłóceń i utrudniać pełniejsze zrozumienie badanych zjawisk. Kolejnym ograniczeniem jest poziom znajomości badanego zagadnienia wśród przedstawicieli potrójnej helisy tj. Administracja publiczna – Biznes – Nauka, co również wpłynie na konieczność dalszych badań i rozszerzeniu o większą grupę ekspertów z ww. obszarów.

W wyniku przeprowadzonej krytycznej analizy literatury przedmiotu w trzech pierwszych rozdziałach oraz kontekście powstania publikacji własnych autora rozprawy oraz wykonania pracy podczas prowadzonych badań ankietowych i wywiadów eksperckich, uzyskano odpowiedzi na pytania badawcze. Odpowiedzi na pytania badawcze zaprezentowano w tabeli 22.

Tabela 22 Opracowanie odpowiedzi do pytań badawczych

Pytanie badawcze	Uzyskane odpowiedzi
PB1: Jakie są uwarunkowania wdrażania technologii Internetu Rzeczy w obszarze transportu publicznego w inteligentnym mieście?	Dokonano opisu uwarunkowań do wdrożenia technologii Internetu Rzeczy w miastach inteligentnych (rozdziale 2). W dokonano oceny oraz prezentacji kierunków rozwoju zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście (rozdziale 3).
PB2: W jaki sposób miasta inteligentne w oparciu o dostępne rankingi budują obszar transportu publicznego?	Przeprowadzono studia literaturowe krajowe i zagraniczne, oraz wykorzystano dostępne rankingi, które potwierdzają, że one jednymi z kluczowych aspektów koncepcji inteligentnego miasta: zarządzanie oraz transport publiczny (rozdziale 1).
PB3: Jakie mogą wystąpić ograniczenia i zagrożenia uniemożliwiające wdrożenie technologii Internetu Rzeczy w transporcie publicznym?	Na podstawie literatury przedmiotu i badań wskazano potencjalnie zagrożenia mogące wystąpić ograniczenia i zagrożenia w implementacji technologii IoT (W rozdziale 4.)

Źródło: opracowanie własne.

Korzyścią płynącą z badań naukowych i wyników prac w obszarze nowoczesnych rozwiązań Internetu Rzeczy wskazują praktyczne rozwiązania, które mogą sprzyjać podejmowaniu właściwych decyzji analitycznych przez osoby lub organy odpowiedzialne za zarządzaniem systemem transportu miejskiego.

Opracowany model MZTPIoT posiada pewne ograniczenia i zagrożenia, które zostały opracowane i przedstawione w poniższych tabelach 23 i 24.

Tabela 23. Ograniczenia modelu MZTPIoT

Ograniczenie	Opis
Infrastruktura techniczna	Model MZTPIoT wymaga rozbudowanej i nowoczesnej infrastruktury IoT (czujników, sieci komunikacyjnych, serwerów, chmur danych), której brak w niektórych miastach może znacząco ograniczyć skuteczność wdrożenia.
Interoperacyjność systemowa	Różnorodność technologii i standardów stosowanych przez różnych producentów urządzeń IoT może utrudniać integrację i wymianę danych w ramach jednego spójnego systemu zarządzania transportem.
Bezpieczeństwo danych	Przetwarzanie i przesyłanie dużej ilości danych w czasie rzeczywistym wiąże się z ryzykiem cyberataków, a także z problemami prawnymi i etycznymi dotyczącymi prywatności użytkowników transportu publicznego.
Nakłady inwestycyjne	Pełne wdrożenie modelu MZTPIoT może wiązać się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi oraz kosztami bieżącymi (np. konserwacja urządzeń, aktualizacje oprogramowania, szkolenie personelu), co może ograniczyć możliwość implementacji w mniejszych miastach.
Otoczenie miejskie i mieszkańcy	Model może nie być w pełni uniwersalny – skuteczność jego zastosowania może różnić się w zależności od lokalnych uwarunkowań społecznych, geograficznych i organizacyjnych.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 24. Zagrożenia dla modelu MZTPIoT

Zagrożenia	Opis
Infrastruktura techniczna	Model MZTPIoT wymaga rozbudowanej i nowoczesnej infrastruktury IoT (czujników, sieci komunikacyjnych, serwerów, chmur danych), której brak w niektórych miastach może znacząco ograniczyć skuteczność wdrożenia.
Interoperacyjność systemowa	Różnorodność technologii i standardów stosowanych przez różnych producentów urządzeń IoT może utrudniać integrację i wymianę danych w ramach jednego spójnego systemu zarządzania transportem.
Bezpieczeństwo danych	Przetwarzanie i przesyłanie dużej ilości danych w czasie rzeczywistym wiąże się z ryzykiem cyberataków, a także z problemami prawnymi i etycznymi dotyczącymi prywatności użytkowników transportu publicznego.
Nakłady inwestycyjne	Pełne wdrożenie modelu MZTPIoT może wiązać się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi oraz kosztami bieżącymi (np. konserwacja urządzeń, aktualizacje oprogramowania, szkolenie personelu), co może ograniczyć możliwość implementacji w mniejszych miastach.
Otoczenie miejskie i mieszkańcy	Model może nie być w pełni uniwersalny – skuteczność jego zastosowania może różnić się w zależności od lokalnych uwarunkowań społecznych, geograficznych i organizacyjnych.

Zródło: opracowanie własne.

W tabeli 25 zaprezentowano realizację założonego celu głównego oraz celów szczegółowych

Tabela 25. Realizacji celu głównego pracy oraz celów szczegółowych.

Cel główny pracy:	Osiągnięcie celu:
Opracowanie autorskiego modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy.	Na podstawie, przeprowadzonych badań teoretycznych i empirycznych opracowano wersję modelu MZTPIoT, v.2.0, który został poddany ocenie ekspertów.
Cele szczegółowe:	Osiągnięcie celu:
Cel poznawczy (CP): Identyfikacja relacji pomiędzy koncepcją inteligentnego miasta a transportem publicznym.	Przegląd literatury krajowej i zagranicznej umożliwił analizę zagadnień oraz wskazanie relacji i obszarów współdziałania

	inteligentnego miasta oraz transportu publicznego.
Cel metodyczny (CM): Opracowanie ustrukturyzowanego podejścia wraz z modelem zarządzania umożliwiającym implementowanie rozwiązań dla transportu publicznego w inteligentnym mieście przy wsparciu technologii Internetu Rzeczy .	Na podstawie badań empirycznych ujętych w pracy przygotowano założenia do wdrożenia autorskiego modelu MZTPIoT v.2.0.
Cel użytkowy (CU): Rekomendacje praktyczne do zastosowanie zaawansowanych rozwiązań zarządzania w celu poprawy funkcjonowania transportu publicznego z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy w inteligentnym mieście.	Autorski model MZTPIoT v.2.0 jest możliwy do implementacji dla miasta pretendujące do miana inteligentnego.

Źródło: opracowanie własne

Odwołując się do opisanego we wstępie celu pracy, jakim było opracowanie modelu zarządzania transportem publicznym w inteligentnym mieście przy wsparciu technologii Internetu Rzeczy, przedstawione wyniki badań oraz finalna wersja modelu MZTPIoT v.2.0 potwierdzają zasadność ich przeprowadzenia. Pozwala to sformułować następujące wnioski:

- Opracowany model MZTPIoT v.2.0 przydatny jest w odzwierciedleniu rzeczywistości przy opisywaniu przedsięwzięcia w dążeniu do miana inteligentnego miasta i może go zaimplementować każde miasto niezależnie od liczby środków transportu miejskiego oraz liczby mieszkańców (np.: wojewódzkie, powiatowe itp.)
- Technologia Internetu Rzeczy jest narzędziem o pozytywnym wpływie na rozwój ośrodków miejskich oraz komunikacji miejskiej. Wykorzystanie ww. technologii znacząco wpłynie na zarządzanie transportem publicznym, co przekłada się na realizację założonych celów oraz zwiększenie atrakcyjność danego miasta.
- Rosnące możliwości technologiczne Internetu Rzeczy będą zwiększać eksplorację badań w obszarze poruszanego zagadnienia oraz szerszego zastosowania w kontekście zarządzania transportem publicznym w mieście.
- Model MZTPIoT v.2.0 jest istotnym narzędziem, które może przyczynić się do realizacji założeń prowadzących do uzyskania miana smart mobility.

Wkład do nauki o zarządzaniu i jakości:

Uzyskane wyniki badań potwierdzają możliwość wykorzystania autorskiego Modelu Zarządzania Transportem Publicznym w inteligentnym mieście przy wsparciu technologii Internetu Rzeczy v.2.0 dla aglomeracji miejskich o wysokim stopniu złożoności infrastruktury komunikacyjnej dotyczących analizowania problemów decyzyjnych będących poza zasięgiem klasycznych metod analitycznych.

Opracowanie i wdrożenie modelu zarządzania transportem publicznym IoT w inteligentnym mieście (MZTPIoT) v.2.0 w kilku kluczowych obszarach, łącząc teorię z praktycznymi rozwiązaniami (tabela 26).

Tabela 26. Wkład do nauki o zarządzaniu i jakości

Lp.	Opis
1	Usystematyzowanie zagadnień z zakresu inteligentnego miasta, zarządzania inteligentnym miastem.
2	Usystematyzowanie zagadnień z zakresu Internetu Rzeczy w kontekście zarządzania inteligentnym miastem.
3	Budowa koncepcji modelu MZTPIoT uwzględniający komponenty w zakresie: infrastruktura i technologie, strategicznego, procesualnego oraz interesariuszy. Stworzony model MZTPIoT integruje wiedzę z zakresu technologii IoT, zarządzania procesami, współpracy interesariuszy oraz długoterminowego planowania strategicznego.
4	Koncepcja modelu MZTPIoT została poddana weryfikacji przez ekspertów obszaru potrójnej helisy: biznes – nauka – administracja publiczna. Model MZTPIoT umożliwia elastyczne dostosowanie do różnych kontekstów miejskich, co czyni go uniwersalnym narzędziem badawczym i wdrożeniowym.
9	Model MZTPIoT może stanowić bazę do dalszych badań nad efektywnością algorytmów przetwarzania danych oraz ich wpływem na poprawę jakości życia w miastach. Model MZTPIoT może być stosowany do porównań między różnymi miastami lub regionami, co umożliwia ocenę efektywności wdrożenia systemów IoT w odmiennych warunkach geograficznych, demograficznych i infrastrukturalnych.

Źródło: opracowanie własne.

Autorski Model Zarządzania Transportem Publicznym w inteligentnym mieście przy wsparciu technologii Internetu Rzeczy v.2.0 może przyczynić się do optymalnego wykorzystania dostępnych zasobów oraz nowoczesnych rozwiązań (m.in. autonomicznych pojazdów komunikacji miejskiej) oraz skutecznego zarządzania w inteligentnym mieście, co w konsekwencji umożliwi m.in. poprawę bezpieczeństwa pasażerów, minimalizację wypadków.

Dalsze badania planowane są w następujących kierunkach:

- implementacja opracowanego modelu MZTPIoT v.2.0 w rzeczywistym obszarze miejskim (w wybranych miastach w Polsce),
- badania nad zrównoważonym rozwojem transportu publicznego w ramach modelu MZTPIoT,
- doskonalenie modelu MZTPIoT w zakresie wykorzystania sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego

Opracowania rekomendacji nie należy traktować jako zamkniętej, ponieważ model MZTPIoT v.2.0 jest uniwersalny dla każdego z miast, które wyrazi chęć jego wdrożenia. Z uwagi na turbulentne otoczenie miejskie i ciągły dynamiczny rozwój technologii Internetu Rzeczy planuje się rozszerzenie modelu o kolejne komponenty oraz udoskonalenia autorskiego modelu MZTPIoT, co w efekcie może przyczynić się do stworzenia kolejnej wersji modelu.

Bibliografia

1. Abdul-Qawy A. (2015), *The Internet of Things (IoT): An Overview*, Energy-Efficient Green Internet of Things.
2. Abell P. (1975), *Modele w socjologii*, PWE, Warszawa.
3. Aburukba R.O., AliKarrar M., Landolsi T., El-Fakih K. (2019), *Scheduling Internet of Things requests to minimize latency in hybrid Fog–Cloud computing*, Future Generation Computer Systems, No. 111, s.539-551, <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.09.039>.
4. Ai, H., Zhou, Z. i Yan, Y. (2024), The impact of Smart city construction on labour spatial allocation: Evidence from China, *Applied Economics*, 56:19, s.2337-2356, <https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2186367>
5. Ait Mouha R. (2021), *Internet of Things (IoT)*, Journal of Data Analysis and Information Processing, No. 9.
6. Alaya, M.B., Medjiah, S., Monteil, T., Drira, K., (2015), *Towards Semantic Data Interoperability in one M2M Standard.*, IEEE Communications Magazine, 53 (12), pp. 35-41.
7. Alsamhi, S.H., Hawbani, A., Sahal, R., Srivastava, S., Kumar, S., Zhao, L., Al-qaness, M. A.A., Hassan, J., Guizani, M., Curry, E. (2024), *Towards sustainable industry 4.0: A survey on greening IoE in 6G networks*, Ad Hoc Networks, Elsevier, nr 156, s.1-32, <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2024.103610>
8. Al-Turjman F. (2019), *Smart-city medium access for smart mobility applications in Internet of Things*, Special Issue Article, Wiley, s. 1-10, <http://doi.org/10.1002/ett.3723>.
9. Alvear, O., Calafate, C.T., Cano, J-C., Manzoni, P. (2018), *Crowdsensing in Smart Cities: Overview, Platforms, and Environment Sensing Issues*, Sensors, MDPI, No.18, Vol.460, s.1-42, <https://doi.org/10.3390/s18020460>.
10. Al-Zoubi, A., Hassanat, H. (2019). *Smart mobility in the smart city: A review of the literature*, Transportation Research Procedia.
11. Amazon Web Services (2023), *AWS IoT. Unlock your IoT data and accelerate business growth*, Amazon, <https://aws.amazon.com/iot/> (dostęp 12.03.2023).
12. Ampuła D. (2014), *Regresja jako metoda procesu dedukcji*, Zeszyty Wojskowego Instytutu Technicznego uzbrojenia, nr 130, 2/2014, s. 67-78.
13. Amroz M., Korinsek J., Blaz J., Prebil I. (2016), *Integral management of public transport*, Transportation Research Procedia, Nr 14.
14. Andersen K., Lasrado L., Vatrappu R. (2015), *Maturity models' development in is research: A literature review*, Conference Paper.
15. Arafah Y., Winarso H., Suroso D.S.A. (2018), *Towards Smart and Resilient City: A Conceptual Model*, The 4th PlanoCosmo International Conference, IOP Conf.Series: Earth and Environmental Science No.158.
16. Atzori, L., Iera, A., Morabito, G., Nitti, M. (2012), *The Social Internet of Things (SIoT) – When social networks meet the Internet of Things: Concept, architecture and network characterization*, Computer Networks, No. 56, s.3594-3608, <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2012.07.010>.
17. Azkuna I. (red.), (2012), *Smart Cities Study: International study on the situation of ICT, innovation, and Knowledge in cities*, The Committee of Digital and Knowledge-based Cities of UCLG, Bilbao.
18. Balasubramaniam, A., Gul, M.J.J., Menon V.G., Paul, A. (2021), *Blockchain for Intelligent Transport System*, IETE Technical Review, No.38:4, s.438-449, <https://doi.org/10.1080/02564602.2020.1766385>.

19. Bandara, M., Behnaz, Al. Rabhi, F.A., Demirors, O. (2019), *From Requirements to Data Analytics Process: An Ontology-Based Approach*. I in: Daniel, F., Sheng, Q., Motahari, H. (eds) *Business Process Management Workshops. BPM 2018. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 342. Springer, s.534-552. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11641-5_43.
20. Barchyn, M.R. (1979), *Architektura I miasto. Problemy ozvytku radyans'koho zodchestva*, Naukoa, Moskwa.
21. Bardzell, J., Bardzell, S. I Szu-Yu Liu (2019), *Beautifying IoT: The Internet of Things as a Cultural Agenda*, [w:] Soro, A., Brereton, M. i Roe P. (red.), *Social Internet of Things*. Springer.
22. Barns, S. (2017), *Smart cities and urban data platforms: Designing interfaces for smart governance*. City, Culture and Society, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccs.2017.09.006>. (dostęp z dn. 07.08.2021r).
23. Batalla, J. M., Mastorakis, G., Mavromoustakis, C.X., Pallis E. (2017), *Beyond the Internet of Things. Everything Interconnected*, Springer, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50758-3>.
24. Bawa, M, Caganova, D., Szilva, I., Spirkova, D. (2016), *Importance of Internet of Things and Big Data in Building Smart City and What Would Be Its Challenges* , Smart City 360°, vol. 166, s. 605-616,
25. Bednarzewska, K.E. (2016), *Potrójna helisa jako model współpracy w budowaniu atrakcyjności inwestycyjnej miast*, Organizacja i Zarządzanie: kwartalnik naukowy, Vol. 2, s.5-20.
26. Ben-Daya, M., Hassini, E. i Bahroun, Z. (2019), *Internet of things and supply chain management: a literature review*, International Journal of Production Research, Vol. 57, s.4719-4742, <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140>.
27. Bermudez-Edo, M., Elsaleh, T., Barnaghi, P., Taylor, K., (2016), *IoT-Lite: A Lightweight Semantic Model for the Internet of Things*, 2016 Intl IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People, and Smart World Congress (UIC/ATC/ScalCom/CBDCom/IoP/SmartWorld), Toulouse, France, 2016, pp. 90-97, doi: 10.1109/UIC-ATC-ScalCom-CBDCom-IoP-SmartWorld.2016.0035
28. Berrone P., Ricart J. E. (2020), *IESE Cities in Motion Index 2020*, Business School University of Navarra, <https://dx.doi.org/10.15581/018.ST-542>.
29. Biancuzzi, H., Massaro, M., Bagnoli, C. (2024), *Smart mobility in Venice: An ecosystem perspective*, Journal of Cleaner Production, Nr 434, s. 144-156, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140096>
30. Bibri S.E., Krogstie, J. (2020), *The emerging data-driven Smart City and its innovative applied solutions for sustainability: the cases of London and Barcelona*, Energy Informatics, Vol. 3, No. 5, s.1-42, <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00108-6>.
31. Bielawska, P., Wojnicz, K., Leśniewska, G., Walendzewicz, P., Leończuk, D. (2024), *Zarządzanie transportem publicznym w trakcie trwania pandemii COVID-19 z punktu widzenia młodych mieszkańców Białegostoku*, Academy of Management, Noe (8)2, s.182-202.
32. Bielińska-Dusza E., Żak A., Pluta R., (2021), *Identyfikacja problemów w zakresie zarządzania transportem publicznym w koncepcji smart city. Perspektywa użytkowników*, "Przegląd Organizacji", Nr 5, s.28-39.
33. Bień, J., Jędrzejczyk, W., Kuceba, R. (2020), *Ekoinnowacyjne potrzeby przedsiębiorstw z sektora MSP a potencjał sieci ekoinnowacji Ecolabnet*, Przegląd Organizacji, Nr 3, s.12-18, <https://doi.org/10.33141/po.2020.03.02>.

34. Bitkowska A., Gierszewska G., Łabędzki K. (2020), *Smart cities from polish perspective*, Issue in Information Systems, Volume 21, Issue 3, s.298-310. https://doi.org/10.48009/3_iis_2020_298-310, (dostęp z dn. 06.08.2021r).
35. Bitkowska A., Łabędzki K. (2021), *Koncepcja inteligentnego miasta – definicje, założenia, obszary*, Marketing i Rynek, Nr 2/2021, Tom XXVII. PWE, Warszawa.
36. Bitkowska, A. (red.), (2023), *Przyszłość zarządzania procesowego. Strategie – Ludzie – Technologie*, Monografia, Dom Organizatora, TNOiK, Częstochowa, ISBN 978-83-67153-43-0.
37. Biuro Cyfryzacji Miasta (2020), *Warszawa smart city, 7 opowieści o inteligentnym rozwoju miasta*, Urząd m.st. Warszawy, Warszawa.
38. Boichuk N. (2020), *Smart mobility jako podstawowy element koncepcji inteligentnego miasta – studium przypadku wybranych polskich miast, Szczecin 2020*.
39. Bojda, K. i Tubis, A. (2016), *The selected aspects of transport services punctuality measurement rated by the carrier and passengers*, Journal of KONBiN, Vol. 2(38), s.131-132, <https://doi.org/10.1515/jok-2016-0021>.
40. Bolívar, M. P. R. (2016). *Mapping dimensions of governance in smart cities. Proceedings of the 17th international digital government research conference on digital government research*, s. 312–324. <http://dx.doi.org/10.1145/2912160.2912176>.
41. Bondaruk, J. (red), (2013), *Prognoza oddziaływań na środowisko projektu Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
42. Boschert, S., Heinrich, C., Rosen, R., (2018), *Next generation digital twin*, Proceedings of TMCE 2018, 7-11 May, 2018, Las Palmas de Gran Canaria, Spain,
43. Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J. & Watson T. (2018), *The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework*, Computers in Industry, No. 101, s.1-12, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>.
44. Brownrigg-Glesson, M. L., Lopez-Carreiro, I., Lopez-Lambas, M. E. i Kunasvirta, A. (2025), *Challenges for smart mobility: A study of governance in three European metropolitan areas*, *Cities*, Elsevier, 105577, s.1-17, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105577>
45. Brzychczy, E., Rostek, K., (2024), *Cyfrowa analiza danych i procesów*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, ISBN 978-83-208-2596-1.
46. Burg, A., Chattopadhyay, A. i Kwok-Yan, L. (2018), *Wireless Communication and Security Issues for Cyber - Physical Systems and the Internet-of-Things*, Proceedings of the IEEE, Vol. 106, No.1, s.38-60, <https://doi.org/10.1109/JPROC.2017.2780172>.
47. Butun, I., Osterberg, P. & Song, H. (2020), *Security of the Internet of Things: Vulnerabilities, Attacks, and Countermeasures*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 22, s.616-644, <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2953364>.
48. Callcut, M., Cerceau Agliozzo, J.-P., Varga, L., McMillan, L. (2021), *Digital Twins in Civil Infrastructure Systems, Sustainability*, Vol.13, s.1-31. <https://doi.org/10.3390/su132011549>
49. Caputo, A., Marzi, G. I Pellegrini, M. M. (2015), *The Internet of Things in manufacturing innovation processes. Development and application of a conceptual framework*, Business Process Management Journal, Vol. 22, No.2, s.383 – 402, <https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2015-0072>.
50. Caragliu A., Del Bo C. & Nijkamp P. (2011), *Smart Citties in Europe*, Journal of Urban Technology, Vol. 18, No 2, <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601117> (dostęp z dn. 05.08.2021r).
51. Chaber, P. (red), (2022), *Monitoring trendów w innowacyjności Raport 12*, https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/220627_RAPORT_Monitoring-trendw-w-innowacyjnoci-vol.-12_czerwiec-2022-www.pdf, [dostęp: 03.07.2022].

52. Chluski, A. (2022), *Technologie informacyjne w zarządzaniu wiedzą w podmiotach leczniczych*, s.129-142, [w:] Dziembek, D. (2022), *Wiedza i technologie informacyjne w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Częstochowa, ISBN 978-83-7193-857-3
53. Chmielewski J.M. (2001), *Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast*, Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
54. Chomiak-Orsa, I., Sosgórnik, A., (2020), *Factors conditioning the implementation of the smart city concept*, Business Informatics, Nr 2(52), s.29-40, <http://doi.org/10.15611/ie.2020.2.02>.
55. Chomiak-Orsa, I., Stępnia, C., Jelonek, D., Wyrwicka, M., (2021), *Integration of the Infrastructure of Systems Used in Smart Cities for the Planning of Transport and Communication Systems in Cities*. Energies, No. 14, Vol. 3069. <https://doi.org/10.15611/ie.2019.2.02>.
56. Chomiak-Orsa, I., Żuraw, S., (2019), *The Internet of Things solutions in the process of eliminating waste according to lean management assumptions*, Business Informatics, Nr 2(56), s.20-29, <http://doi.org/10.15611/ie.2020.2.02>.
57. Chowdhury, T., Hasem Ali Khan, M., Al. Mamun A. (2017), *Internet of Things (IoT) and its impact on smart mobility*, Future Generation Computer Systems.
58. Chrisidu-Budnik A. (2021), *Współczesne kierunki rozwoju inteligentnych miast w kontekście potencjału relacyjnego*, E-Wydawnictwo. Prawnicza i Ekonomiczna Biblioteka Cyfrowa. Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego, <http://dx.doi.org/10.34616/23.21.017> (dostęp z dn. 26.12.2021r).
59. Chruściel, T. (2023), *Perspektywa rozwoju zarządzania procesowego w sektorze usług publicznych*, [w:] Bitkowska, A. (red.), *Przyszłość Zarządzania Procesowego, Strategie – Ludzie – Technologie*, s.27-32. TNOiK, Dom Organizatora, ISBN 978-83-67153-43-0.
60. Chudzikiewicz, A. (2017), *Bezpieczeństwo systemu kolejowego vs. uczestniczący w realizacji procesu transportowego*, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, Z.118, s.63-74.
61. Cicea, C., Marinescu, C., Pintilie N. (2019), *Smart cities using smart choices for energy*, Theoretical and Empirical Researches in Urban Management, Vol. 14, No. 4, s.22-34, <https://www.jstor.org/stable/10.2307/26816976>.
62. Colakovic, A. & Hadzialic, M. (2019), *Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues*, Computer Networks, No. 144, s.17-39, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.07.017>.
63. Cross, P., Routledge. W. (2024). *Project management bootcamp: a step-by-step guide* (First published.). London ; New York: Routledge Taylor & Francis Group.
64. Cudziło, M. (2022), *EIT Urban Mobility – oferta wsparcia innowacyjnych projektów z obszaru Smart City*, Urban Mobility, Co-founder by the European Union.
65. Czakon, W. (2023). *Dokąd zmierzają nauki o zarządzaniu i jakości?* e-mentor, 3(100), s.5–11.
66. Czornik M. (2013), *Miasto i jego produkty*, Turystyka miejska. Prawidłowości i determinanty rozwoju, nr 147, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, Katowice, https://www.ue.katowice.pl/fileadmin/_migrated/content_uploads/3_M.Czornik_Miasto_i_jego_produkty.pdf (dostęp 18.07.2021)
67. Czupich, M., Ignasiak-Szulc, A., Kola-Bezka, M. (2016), *Czynniki i bariery wdrażania smart cities w Polsce*. Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
68. Deakin, M., Al Waer, H. (2011), *From intelligent to smart „Cities”*, “Intelligent Buildings International”, vol.3, Issue 3, s.140–152

69. Detyna, B. i Mroczek-Czetwertyńska A. (2017), *Koncepcja smart city dla miasta Wałbrzycha – perspektywy rozwoju*, s.111-125, [w:] Bielawska, S. (red.), *Nowa Kronika Wałbrzyska*, Tom V, Fundacja MUSEION.
70. Drucker, P. F., Basiuk, T., Broniarek, Z., Gołębiowski, J. W., (2024). *Praktyka zarządzania*. Warszawa: MT Biznes.
71. DuBois, C., Hambly Odame, H., Haley, D. B. & Merckies, K. (2018), *An exploration of industry expert perception of Canadian equine welfare using a modified Delphi technique*, PLoS ONE, Nr 13(7), s. 1-19, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201363>.
72. Dynakowska i in. (2019), *Warsaw Summit Security*, № 03 2019 (15) maj/czerwiec 2019.
73. Encyklopedia PWN (2021), <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/miasto;3940400.html>, (dostęp 16.07.2021).
74. Evain, A., Mauri, A., Garnier, F., Kounouho, M., Khemmar, R., Haddad, M., Bouteau, R., Breteche, S., Ahmedali, S. (2023), *Improving the Efficiency of 3D Monocular Object Detection and Tracking for Road and Railway Smart Mobility*, Sensors, No.23, s.1-15. <https://doi.org/10.3390/s23063197>
75. Evans D., *The Internet of Things – How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*, CISCO Internet Business Solutions Group (IBSG) White Paper, 04.2011.
76. Fedujwar, R., Agarwal, A. (2025), *Performance assessment of public transport routes: A framework using revealed data*, Research in Transportation Business & Management, Elsevier, No. 59, s.1-22, <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101283>
77. Flügge, B. (red.). (2017), *Smart mobility – connecting Everyone. Trends, concepts and best practices*, Springer Vieweg.
78. Fourie, P.J., Jittrapirom, P., Binde, R. B., Tobey, M. B., Medina S. O., Maheshwari, T., Yamagata, Y. (2020), *Chapter 6 – Modeling and design of smart mobility systems*, Urban System Design, Creating Sustainable Smart Cities in the Internet of Things Era, s. 163-197, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816055-8.00006-3>.
79. Gadziński, J. & Goras, E. (red.)., (2019), *Transport i mobilność miejska. Raport o stanie polskich miast*, Instytut Rozwoju Miast i Regionów, Warszawa.
80. Gajewski, J., Paprocki, W. i Pieriegud, J. (red.)., (2018), *Mobilność w aglomeracjach przyszłości*, Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego, Sopot.
81. Ghorbani, E., Fluechter, T., Calvet, L., Ammouriova, M., Panadero, J., Juan, A.A. (2023), *Optimizing Energy Consumption in Smart Cities' Mobility: Electric Vehicles, Algorithms, and Collaborative Economy*, Energies, No. 16, s.1-19, <https://doi.org/10.3390/en16031268>
82. Gibson, D.V., Kozmetsky, G., Smilor, R.W. (1992), *The Technopolis Phenomenon: Smart „Cities” Fast Systems*, Global Networks, Rowman & Littlefield Publishers Inc., Maryland.
83. Gierszewska G., Pomaranik W., Korneta P., Kludacz-Alessandri M., (2021), *Wymiary jakości podstawowej opieki medycznej i ich ocena w warunkach teleporady lekarskiej podczas pandemii Covid-19 w Polsce.*, „Przegląd Organizacji”, Nr 5, s.39-52.
84. Gierszewska, G. (2020), *Zarządzanie kapitałem intelektualnym w przedsiębiorstwie N.0.*, s.115-135, [w:] Gierszewska, G., (red.), *Zarządzanie Przedsiębiorstwem N.0.*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
85. Gierszewska, G. (2023), *Relacje zarządzanie strategiczne a zarządzanie procesowe*, s.71 – 81, [w:] Bitkowska, A., *Przyszłość zarządzania procesowego, Strategie – Ludzie – Technologie*, TNOiK – Dom Organizatora, Toruń.
86. Gierszewska, G., (2018), *Czy inteligentne przedsiębiorstwa to już teraźniejszość czy mglista przyszłość?* s.34-60 [w:] *Co dalej z zarządzaniem?* Gierszewska, G. (red.), Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.

87. Gierszewska, G., Huras, P. (2023), *Remote work in local government units of the Mazowieckie Voivodeship: Experiences from the first wave of the Covid-19 Panemic*, Humanities and Social Sciences, Research Journal 30, No.1, s.41-56, <https://doi.org/10.7862/rz.2023.hss.04>.
88. Global Compact, *Program Zrównoważone miasta*, <https://obserwatorium.miasta.pl/wp-content/uploads/2016/10/Raport-Zr%C3%B3wnowa%C5%BCone-miasta.pdf> (dostęp: 10.06.2022).
89. Gołuchowski J., Korzeb M., Weichbroth P. (2015), *Perspektywy wykorzystania architektury korporacyjnej w tworzeniu rozwiązań smart city*, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH, Zeszyt 38/2015, s.85-98.
90. Gomez-Ortega, A., Flores-Urbea, S., Gelashvili, V., Delgado Jalon, M. L. (2024), Users' perception for innovation and sustainability management: evidence from public transport, *Review of Managerial Science*, No. 18, Springer, s. 859-882, <https://doi.org/10.1007/s11846-023-00625-0>
91. Grabińska, A. (2022), *Integracja systemów informacyjnych przedsiębiorstw produkcyjnych w łańcuchach dostaw w dobie transformacji cyfrowej*, s.183-191, [w:] Dziembka, D. (2022), *Wiedza i technologie informacyjne w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Częstochowa, ISBN 978-83-7193-857-3.
92. Griffin R.W. (1996), *Podstawy zarządzania organizacją*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
93. Grupa Robocza ds. Internetu Rzeczy. (2021). *Raport „Internet Rzeczy” – Polska przyszłość*. <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/grupa-robocza-dsinternetu-rzeczy-internet-of-things-iot> (dostęp: 10.05.2023).
94. Grzeszczyk, T. A. (2024), *Modelowanie architektury przedsiębiorstwa przyszłości*, *Przedsiębiorstwo Przyszłości*, Nr 1(58), ISSN: 2080-8461, s.26-40.
95. Guarino, N., Oberle, D., Staab, S., (2009), “What Is an Ontology?” In: S. Staab and R. Studer, Eds., *Handbook on Ontologies*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 1-17.
96. GUS. (2021), *Spółeczeństwo informacyjne w Polsce w 2021 roku*, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne/spoleczenstwo-informacyjne-w-polsce-w-2021-roku,2,11.html> (dostęp z dnia 17.05.2023).
97. GUS. (2022), *Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2021*. https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/6494/7/1/1/nsp_2021._wyniki_wstepne.pdf
98. Gusev, M., Gilroy, S. (2025), The effectiveness of autonomous public transport systems in densely populated urban areas, *Transport Economics and Management*, Elsevier, No. 3, s. 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.team.2024.11.004>
99. Gusul, P.F., Butnariu, A.R. (2021), Exploring the relationship between smart city, sustainable development, and innovation as a model for urban economic growth, *The Annals of the University of Oradea. Economic Sciences*, Tom XXX, 1st Issue, s.82-91.
100. Hair, J.F. (2007), *Knowledge creation in marketing: the role of predictive analytics*, *European Business Review*, 19(4), str. 303–315., <https://doi.org/10.1108/09555340710760134>.
101. Hammer M. (2007), *The Process Audit* [w]: Harvard Business Review.
102. Hamrioui, S., Lloret, J., Lorenz, P. (2025), *CLIC-IoE-Cross Layers Solution to Improve Communications under IoE*, *Ad Hoc Networks*, Elsevier, Nr 170, s.1-24, <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2025.103777>

103. Han, J. (2024), *Open innovation in a smart city context: the case of Sejong smart city initiative*, European Journal of Innovation, Management, <https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2023-0600>
104. Hansen, M. M., Koonsanit, K. i Kulmala, V. (2025), How can data contribute to Smart City innovation: a study from Thailand's Smart City initiatives., *Frontiers in Sustainable Cities*. 6:1473123. s. 1-18, <https://doi.org/10.3389/frsc.2024.1473123>.
105. Hasan Z. i in., Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges, and Recent Research Directions, *International Journal of Computer Applications* 128(1) 2015.
106. Heffner, K., Gasidło, K., Klasik, A. (red.), (2022), *Miasta w procesie przemian w kierunku nowego stylu zarządzania*, Studia Cykl Monografii, Tom 12/204, Polska Akademia Nauk, Warszawa.
107. Hollyhead A., Robson A. (2012), *A Little Bit of History Repeating Itself – Nolan's Stages Theory and the Modern IS Auditor*, ISACA Journal Nr 5/2012.
108. Hossain, M.S. & Muhammad, G. (2016), Cloud-assisted Industrial Internet of Things (IIoT) –Enabled framework for health monitoring, *Computer Networks*, No. 101, s. 192-202,
109. Hove M., Skurzak K., von Rosing G., von Scheel H. (2015), *BPM and Maturity Models* [w]: *The Complete Business Process Handbook*, Elsevier.
110. Hurwitz, J., Kaufman, M & Bowles, A. (2015), *Cognitive Computing and Big Data Analytics*, John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-1-118-89662-4.
111. IAB Polska (2022), *Internet 2021/2022 – Raport strategiczny*, Warszawa, <https://www.iab.org.pl/wp-content/uploads/2022/06/Raport-Strategiczny-2022.pdf>, (dostęp z dnia 19.05.2023).
112. Ilarri, S., Stojanovic, D. i Ray, C. (2014), *Semantic management of moving objects: A vision towards smart mobility*, *Expert Systems with Applications*, ELSEVIER, 42 (2015), s.1418-1435, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2014.08.057>.
113. Ilciów, A. (2017), *W poszukiwaniu smart obywatela. Analiza realizacji koncepcji smart city w Polsce*, Uniwersytet Szczeciński Acta Politica Polonica nr 4/2017.
114. Innacci, J. (2018), Internet of things (IoT); internet of everything (IoE); tactile internet; 5G – A (not so evanescent) unifying vision empowered by EH-MEMS (energy harvesting MEMS) and RF-MEMS (radio frequency MEMS), *Sensors and Actuators A: Physical*, No. 272, s.187-198, <https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.01.038>.
115. Izdebski, W., Kosiorek, K. (2023), *Analysis and Evaluation of the Possibility of Electricity Production from Small Photovoltaic Installations in Poland*, *Energies*, No.16, s.1-19, <https://doi.org/10.3390/en16020944>.
116. Jachymek, P. (2019), *Wykorzystanie analizy Big Data I metod predykcyjnych*, *Nowa Energia*, nr 3 (68), s.46-50.
117. Jamil, S. U., Khan, M. A., Ali Paracha, M., Rasheed, A. (2025), Using intelligence in resource allocation and task off-loading for the IoE-edge networks, *Computer Networks*, Nr. 256, Elsevier, s. 1-17, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2024.110884>
118. Jankowska, M. (2015), *Smart City jako koncepcja zrównoważonego rozwoju miasta – przykład Wiednia*. Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, 2 (42).
119. Janowicz, K., Haller, A., Cox, Simon J.D., Danh Le Phuoc, Lefrançois, M., (2019), *SOSA: A lightweight ontology for sensors, observations, samples, and actuators*, *Journal of Web Semantics*, Volume 56, pp.1-10, ISSN 1570-8268, <https://doi.org/10.1016/j.websem.2018.06.003>.
120. Jemielniak D., Latusek D. (2005), *Zarządzanie: teoria i praktyka od podstaw*, Wydawnictwo WSPiZ, Warszawa.

121. Ji, T., Chen, J-H., Wei, H-H i Su, Y-C. (2021), *Towards people-centric smart city development: Investigating the citizens' preferences and perceptions about smart-city services in Taiwan*, Sustainable Cities and Society, ELSEVIER, 67(2021), s.1-14, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102691>.
122. Jiang, H., Jiang, P., Wang, D. i Wu, J. (2021), *Can smart city construction facilitate green total factor productivity? Aquasi-natural experiment based on China's pilot smart city*, Sustainable Cities and Society, ELSEVIER, 69 (2021), s.1-11, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102809>.
123. Juchniewicz M., Metelski W. (2015), *Trójkąt ograniczeń projektowych. Wyniki badań*, Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa.
124. Jum'a, L., Alkalha, Z., i Alaraj, M. (2024), *Towards environmental sustainability: the nexus between green supply chain management, total quality management, and environmental management practices*. The International Journal of Quality & Reliability Management, 41(5), s. 1209–1234, <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2022-0145>
125. Juszczak, E. (2016), *Komunikacja Miejska w Koszalinie w latach 1945-1989*, Przegląd Zachodniopomorski, Studia i Rozprawy, Rocznik XXI, Zeszyt nr 4, s. 105 – 138, <https://doi.org/10.18276/pz.2016.4-04>
126. Kalyuzhnaya, A., Mityagin, S., Lutsenko, E., Getmanov, A., Aksenkin, Y., Fathiev, K., Fedorin, K., Nikitin, N.O., Chichkova, N., Vorona, V., Boukhanovsky, A. (2025). *LLM Agents for Smart City Management: Enhancing Decision Support Through Multi-Agent AI Systems*, Smart Cities, MDPI, No. 8, s.1-33, <https://doi.org/10.3390/smartcities8010019>
127. Kaniowki, M., Nowakowska-Grunt, J. (2024), *Koncepcja smart city a Zintegrowane zarządzania aglomeracją miejską w sferze transport. Przyczynek do dyskusji*, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, Zarządzanie, nr 53, s.39-49, <https://doi.org/10.17512/znpcz.2024.1.03>
128. Kashef, M., Visvizi, A. i Troisi, O. (2021), *Smart city as a smart service system: Human-computer interaction and smart city surveillance systems*, Computers in Human Behavior, ELSEVIER, 124 (2021), s.1-14, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106923>.
129. Khan, M., Chowdhury, T. (2019). *Smart mobility ecosystem: A systematic review*, Sustainable Cities and Society.
130. Khanna, A., Kaur, S. (2019), *Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture*, Computers and Electronics in Agriculture, No. 157, s.218-231, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>.
131. Kiełtyka, L. (2019), *Application of the internet of things and internet of everything in the activities that implement the concept of ecosystem*, Przegląd Organizacji, Nr 6, Vol. 953, s.39-43, <https://doi.org/10.33141/po.2019.06.05>.
132. Kinelski, G., (2022), *Ewolucja koncepcji smart city w aktywności zasobów miejskich – stadium przypadku Górnośląsko-Zagłębiowskiej metropolii*, Przegląd Organizacji, Nr 2 (285), s. 36-44, <https://doi.org/10.33141/po.2022.02.05>.
133. Knight Frank London i Urząd m.st. Warszawy, (2018), *Warszawa w kierunku Smart City*, <https://content.knightfrank.com/research/1500/documents/pl/warszawa-w-kierunku-smart-city-april-2018-5463.pdf/>.
134. Kolasińska-Morawska, K., Brzozowska, M., Morawski, P. (2024). *Mobile digital technologies as an integrator of the Logistics of transport services in a Smart City*. Engineering Management in Production and Services, 16(4), s. 96-115. <https://doi.org/10.2478/emj-2024-0035>

135. Komorowski, Ł. i Stanny, M. (2017), Publiczny transport zbiorowy na obszarach miejskich – wnioski z badań, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, Tom. XIX, Zeszyt nr 3, s.130 – 139, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.3235>.
136. Konstytucja RP z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz. U 1997, nr 78 poz.483 z późn. zm.)
137. Korenik A. (2017), *Smart city jako forma rozwoju miasta zrównoważonego i fundament zdrowych finansów miejskich*, *Ekonomiczne Problemy Usług* nr 4/2017 (129).
138. Korenik, A. (2018), *Smart Cities. Inteligentne miasta w Europie i Azji*, CeDeWu, Warszawa
139. Kosieradzka A. (2023), *Aspekty procesowe w dokonaniach inżynierskich Karola Adamieckiego*, [w:] Bitkowska, A., *Przyszłość zarządzania procesowego, Strategie – Ludzie – Technologie*, TNOiK – Dom Organizatora, Toruń. s.165-171
140. Kosieradzka, A., Rostek, K. (2021), *Process Management and Organizational Process Maturity: Economic and Non-Economic Organizations*, Springer International Publishing AG.
141. Kosmacz, A., (2022), *Miasto jako książka*, *Sztuka Edycji* 2/2022, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, s.234-241, <https://doi.org/10.12775/SE.2022.00042>
142. Kozak, M. (2012), *Statystyka: Wizualizacja, korelacja, publikacja*, StatSoft Polska, Rzeszów.
143. Kozak, M. (2017), *Rozwój miast a wybrane aspekty rozwiązania prawne i kwestie kulturowe*, *Studia KPZK*, Nr. 178, Polska Akademia Nauk Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, s.32-46.
144. Kramarczyk-Rosiak, K., Całka, K. (2021), *Funkcjonowanie i rozwój transportu publicznego*, *Najwyższa Izba Kontroli: Kontrola i audyt*, Nr 1/2021, s.83-96, DOI: 10.53122/ISSN.0452-5027/2021.1.6.
145. Kranz, M. (2016), *Building the Internet of Things: Implement New Business Models, Disrupt Competitors, Transform Your Industry*, John Wiley & Sons, Incorporated.
146. Krupa, T., Antczak, P. (2006). *Wybrane aspekty zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwach Unii Europejskiej: praca zbiorowa*. Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.
147. Kucęba, R., Chmielarz, R. (2022), *Internal Development Strategies of Partners if Eco-Innovative Services Network: Consortium's Source of Knowledge*, *Proceedings of the 23rd European Conference on Knowledge Management*, Vol. 23, No. 1, s.677-686, <https://doi.org/10.34190/eckm.23.1.413>.
148. Kucharska, A., Rostek, K. (2023), COVID-19 and Technological Maturity of HEIs in Poland, *Sage Journals*, Vol.41, Issue 1, s.1-29, <https://doi.org/10.1177/08944393211032199>.
149. Lakhan, A., Mohammed, M. A., Abdulkareem, K. H., Deveci, M., Marhoon, H. A., Memon, S., Nedoma, J., Martinek, R. (2024), BEDS: Blockchain energy efficient IoE sensors data scheduling for smart home and vehicle applications, *Applied Energy*, Elsevier, Nr 369, s.1-10, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123535>
150. Law, M., (2024), *Top 10: IoT Companies*, *Technology Magazine*.
151. Lis, M., Dacko-Pinkiewicz, Z., Szczepańska-Woszczyna, K., (red.) (2022), *Smart Cities zarządzanie inteligentnym miastem*, Akademia WSB, Dąbrowa Górnicza, ISBN 978-83-66794-94-8.
152. Lisowska, A., Waściński, T., Sobolewski, M. (2022), *Optimization of total logistics costs using the example of transport activity*, *Transport Samochodowy*, No. 2(66), s.35-45.

153. Liu, J., Li, J., Chen, Y., Lian, S., Zeng, J., Geng, M. i in. (2023), Multi-scale urban passenger transportation CO2 emission calculation platform for smart mobility management, *Applied Energy*, ELSEVIER, No. 331, s.1-14, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120407>.
154. Liwarska-Fulczyk K. (2020), *Internet rzeczy – implikacje organizacyjne*, e-mentor, nr 3.
155. Lombardi P., Giordano S., Farouh H., and Yousef W., *Modelling the smart city performance*, *Innovation – The European Journal of Social Science Research*, Vol. 25, No.2, 2012, <http://dx.doi.org/10.1080/13511610.2012.660325>.
156. Lopez, T.S., Ranasinghe, D.C., Harrison, M., McFarlane, D. (2012), *Assing sense to the Internet of Things*, Springer-Verlag, No. 16, pp. 291-308, <http://doi.org/0.1007/s00779-011-0399-8>.
157. Lorente, E., Codina, E., Barcelo, J. (2025), *Using a Simulation and Optimisation decision support tool to evaluate impacts of an intermodal travel management system combining ride-pooling and public transport*, *Travel Behaviour and Society*, Elsevier, No. 35, s.1-13, <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2024.100974>
158. Lyons, G. (2018), Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable, *Transportation Reserch Part A*, ELSEVIER, 115 (2018), s. 4-14, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2016.12.001>.
159. Łabędzki, K. (2021), *Wpływa pandemii COVID-19, na proces przewozów w transporcie publicznym*, s. 183-193, [w:] Okręglicka, M., Korombel, A., Lemańska-Majdzik, A. (red.), *Dylematy i wyzwania doskonalenia zarządzania organizacjami w warunkach kryzysu pandemicznego*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, e-ISBN 978-83-7193-806-1
160. Łabędzki, K. (2022), *Smart mobility — studium przypadku metropolii Warszawa*, *Przegląd Organizacji*, Nr 8.
161. Łabędzki, K. (2024), *Proces obsługi pasażera w transporcie publicznym*, s.195-198, [w:] Bitkowska, A. (red.), *Pragmatyka zarządzania procesowego. Strategie-Ludzie-Technologie*, TNOiK, „Dom organizatora”, Toruń.
162. Łapczyński, M. (2007) *Predykcyjne narzędzia ilościowe w badaniach rynkowych I marketingowych*, Zeszyty Naukowe nr 739, Akademii Ekonomicznej w Krakowie, s. 53-66.
163. Machaczka, J. (2004), *Zmiana organizacji jako zjawisko wielowymiarowe*, *Przegląd Organizacji*, Nr 12 (779), s.10-12.
164. Maciejewski, G. (2026), *Metody ocen ekspertów w badaniach rozwoju handlu i usług*, *Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, Nr 459, s. 39-49, <http://doi.org/10.15611/pn.2016.459.04>
165. Mahrez, Z., Sabir, E., Badidi, E., Saad, W. i Sadik M. (2022), *Smart Urban Mobility: When Mobility Systems Meet Smart Data*, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 23, No. 7, s. 6222 – 6239, <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3084907>.
166. Malucha M. (2018), *Internet Rzeczy – Kontekst Technologiczny i Obszary Zastosowań*, *Studia i Prace WNEIZ US nr 54/2 2018*, s. 53-54.
167. Manik, S.L.C., Berawi, M.A., Sari, G. ans S. (2024), *Smart Waste Management System for Smart & Sustainable City of Indonesia's New State Capital: A Literature Review*, *E3S Web of Conferences* 517, s.1-6, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451705021>
168. Martusiewicz J., Szumowski W. (2018), *Modele dojrzałości a modele doskonałości. Niezależność czy współzależność na drodze do rozwoju organizacji* [w]: *Organizacja i kierowanie* Nr 1/2018.

169. Masternak, M. i Masternak, M. (2017), *Charakter prawny działalności wykonywanej w dziedzinie publicznego transportu zbiorowego*, Studia Iuridica Toruniensia, Tom XXI, s.239-258, <http://dx.doi.org/10.12775/SIT.2017.036>.
170. Matyja R. (2017), *Miasto jako przestrzeń, węzeł i system. Analiza z perspektywy badań politologicznych*, Acta Politica Polonica nr 3/2017 (41), <https://doi.org/10.18276/ap.2017.41-01>.
171. Mącik R. (2018), *Konsument w świecie Internetu Rzeczy (IoT) – uwarunkowania akceptacji technologii IoT*, Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 58, s.48-59.
172. Mezni, H., Yahyaoui, H., Elmannai, H. i Alkanhel, R. I. (2025), Personalized service recommendation in smart mobility networks, Cluster Computing, 28:164, s. 163-186, <https://doi.org/10.1007/s10586-024-04694-y>
173. Miazga, A., Dziadowicz, K. i Pistelok, P. (2022), *Cyfryzacja urzędów miast*, Instytut rozwoju miast i regionów. Warszawa – Kraków, <https://doi.org/10.51733/opm.2022.01>.
174. Mieronkoski, R., Azimi, I., Rahmani, M.A., Aantaa, R., Teraca, V., Liljeberg, P. & Salantera, S. (2017), *The Internet of Things for basic nursing care—A scoping review*, International Journal of Nursing Studies, No. 66, s.78-90, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2017.01.009>.
175. Migut, G. (2012), *Jak nie oferować grzebieni łysym, czyli modele predykcyjne w optymalizacji kampanii sprzedażowych*, StatSoft, s. 25-53.
176. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego - MIR, 2013, *Zasady realizacji Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych w Polsce*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa.
177. Mishra, D., Gunasekaran, A., Childe, S.J., Papadopoulos, T., Dubey, R. i Wamba, S. (2016), *Vision, applications, and future challenges of Internet of Things. A bibliometric study of the recent literature.*, Industrial Management & Data Systems, Vol. 116 No. 7, s.1331-1355, <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2015-0478>.
178. MIT Technology (2020), *IoT*, <https://www.technologyreview.com/topic/smart-cities/iot/> (dostęp z dnia 12.03.2023).
179. Mohapatra, H. & Rath, A.K. (2022), *IoE based framework for smart agriculture*, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, No. 13, s.407-424, <https://doi.org/10.1007/s12652-021-02908-4>.
180. Morawski, M. (2021), *Gospodarka 4.0 na przykładzie przedsiębiorstw w Polsce*, (red.), Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-8156-291-1.
181. Morawski, M. (2023), *Proces transformacji cyfrowej przedsiębiorstw w Polsce* [w:] Bitkowska, A., Przyszłość zarządzania procesowego, Strategie – Ludzie – Technologie, TNOiK – Dom Organizatora, Toruń. , s.206-210,
182. Morklyanyk, O. (2016), *Definicja i konceptualizacja pojęcia wielofunkcyjnego*
183. Münch J., Makinen S. (2013), *Cloud-Based Software Engineering*, Report number: Proceedings of the Seminar No. 58312107, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19496.83204>.
184. Nawojczyk M. (2002), *Przewodnik po statystyce dla socjologów*, SPSS Polska, Warszawa.
185. Nguyen, P.-H. (2024), *IT Consulting & Implementation: market data & analysis*, Market Insights report, Statista.
186. Niaros V. (2016), *Introducing a Taxonomy of the „Smart City” Towards a Commons Oriented Approach?* triple C, Vol. 1 Nr 14, p. 51 – 61. <https://doi-10rg-1000098rj1736.eczyt.bg.pw.edu.pl/10.31269/triplec.v14i1.718>
187. Nittala, S.S.S., Bharadwaj, S.S., Tripathi, S.S. & Sif, H. (2022), *Service innovation enabled by Internet of Things and cloud computing – a service-dominant logic perspective*, Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 34, s.433-446, <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1903417>.

188. Nolan R. (1973), *Managing the Computer Resource: A Stage Hypothesis*, Communications of the ACM” Nr 16 (7) /1973.
189. Noori, N., Hoppe, T., van der Werf, I. i Janssen, M. (2025), A framework to analyze inclusion in smart energy city development: The case of Smart City Amsterdam, *Cities*, Elsevier, 158 (2025), s.1-18, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105710>
190. Noura M., i in. (2019), *Interoperability in Internet of Things: Taxonomies and Open Challenges*, Mobile Networks and Applications volume 24.
191. Nowak S. (1970), *Metodologia badań socjologicznych*, PWN, Warszawa.
192. Nowak, M. (2016), *Zastosowanie szarego modelu GM (1,1) w predykcji krótkich szeregów finansowych na przykładzie przedsiębiorstw sektora produkcji materiałów budowlanych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie, Nr 70, s.155-163, <https://doi.org/10.21008/j.0239-9415.2016.070.11>.
193. Office of Government Commerce (2006), *Portfolio, Programme&Project Management Maturity Model (P3M3)*.
194. Office of Government Commerce (2010), *Zarządzanie ryzykiem: przewodnik dla praktyków*, The Stationery Office.
195. Okafor, C.C., Aigbavboa, C., Thwala W.D. (2021), A Delphi approach to evaluating the success factors for the application of smart mobility systems in smart cities: a construction, industry perspective, *International Journal of Construction Management*, Vol.23, No.8, s.1289-1298, <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1968567>.
196. Orchowska, J. (2022), „*W ogóle autobusu nie widać*”. *Życie na obszarach wykluczenia transportowego*, *Studia Regionalne i Lokalne*, Nr 2(88), s.108-121, <https://doi.org/10.7366/1509499528807>.
197. Orłowski A., Romanowska P. (2019), *Smart Cities Concept- Smart Mobility Indicator*, *Smart Cities Concept: Smart Mobility Indicator*, Cybernetics and Systems, vol. 50, no 2.
198. Park R.E (1915), *The City: Suggestions for the Investigation of Human Behavior in an Urban Environment*, „*The American Journal of Sociology*” 1915, vol. 20, za: B. Jałowiecki, M.S. Szczepański, *Miasto i przestrzeń w perspektywie socjologicznej*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2002, s. 19. Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
199. Pawłowska B. (2017), *Transport jako element inteligentnego miasta*, Wrocław 2017.
200. Pessel, W., K. (2021), *Miasto bez schematu. Plany komunikacji miejskiej i rozwój Warszawy*, Łódzkie Studia Etnograficzne, nr 60, s. 197 – 213, <https://doi.org/10.12775/LSE.2021.60.11>.
201. Piela Cz. (2015), *Zarządzanie publicznym transportem zbiorowym w Polsce w warunkach wdrażania rozporządzenia (WE) 1370 i ustawy o publicznym transporcie zbiorowym*, *Prawo i Finanse*, Nr 1-2.
202. Pinki, Kumar, R., Vimal, S., Alghamdi, N.S., Dhiman, G., Pasupathi, S., Sood, A., Viriyasitavat, W., Sapsomboon, A., Kaur, A. (2024), *Artificial intelligence-enabled smart city management using multi-objective optimization strategies*, *Expert Systems*, 42, e13574, s. 1-30, <https://doi.org/10.1111/exsy.13574>
203. Polcyn, J. (2010), *Koncepcja zastosowania interoperacyjności w rozwiązaniach informatycznych dla polskiego systemu edukacji*, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Staszica, Piła.
204. Probola, J. (2017), *NarrowBand IoT rewolucjonizuje Internet Rzeczy*, <https://forbot.pl/blog/narrowband-iot-rewolucjonizuje-internet-rzeczy-id21330>.
205. Przeniosło, G., Taczanowski J. (2017), *Ocena systemu transportowego gminy suburbannej na przykładzie Konopisk (powiat częstochowski)*, *Prace Komisji Geografii Komunikacji Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, Nr 20(3), s. 31-43.

206. Ptak, A. (2022), *ICT w kreowaniu przedsiębiorczości w dobie cyfryzacji*, s.11-20, [w:] Dziembka, D. (2022), *Wiedza i technologie informacyjne w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Częstochowa.
207. Putra, E.K., Atmojo, M.E., Rasanjani, S. (2024), *Strategic Management of Public Transport Accessibility in Realising Semarang as a Green City*, E3S Web of Conferences 594, s. 1-9, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459401005>
208. Qiu, D., Lv, B., Chan, C.M.L., Huang, Y., Si, K. (2023), *How Does a Smart City Bridge Diversify Urban Development Trends? A systematic Bibliometric Analysis and Literature Study*, Sustainability, No. 15, s.1-18, <https://doi.org/10.3390/su15054455>
209. Qonita, M., Giyarsih, S.R. (2023), Smart city assessment using the Boyd Cohen smart city wheel in Salatiga, Indonesia, GeoJournal, No. 88, s. 479-492, <https://doi.org/10.1007/s10708-022-10614-7>.
210. Rahmani A.M., Liljeberg, P., Preden, J.-S., Jantch, A. (2018), *Fog Computing in the Internet of Things. Intelligence at the Edge*, Springer, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57639-8>.
211. Raj, A., Gaddam, H. K., Thakkar, J., i Kadali, B. R. (2024), *Public transit system management during pandemics: global practices and a way forward*, Innovative Infrastructure Solutions, Springer, Nr 9(107), s.1-18, <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01420-w>
212. Raza, S., Duquennoy, S., Hoglund, J., Roedig, U. I Voigt, T. (2014), *Secure communication for the Internet of Things - a comparison of link-layer security and IPsec for 6LoWPAN*, Special Issue Paper, Security Comm. Networks, No. 7, s. 2654-2668, <https://doi.org/10.1002/sec.406>.
213. Ringel, M. (2021), *Smart City Design Differences: Insights from Decision-Makers in Germany and the Middle East/North-Africa Region*, Sustainability, vol. 13, iss. 4, 2143
214. Romanowski, R., Lewicki, M. (2018), *Internet of Things in the Smart City Concept*, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH, nr 49, Warszawa, s.97-111.
215. Rossolov, O., Gkavra, R., Susilo, Y.o. (2025), *Will you still drive or are you ready to ride? Exploring readiness to use demand-responsive transport in the City of Vienna*, Research in Transportation Business & Management, Elsevier, No.59; s. 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101277>
216. Rot A., Zygała R. (2018), *Technologia blockchain jako rewolucja w transakcjach cyfrowych. Aspekty technologiczne i potencjalne zastosowania*, Informatyka Ekonomiczna 4(50).
217. Ryba, M. (2017), *Czym jest koncepcja smart city, a zatem dlaczego powinniśmy je nazywać miastem sprytnym*, Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 476.
218. Rządowski, G., (2019), *Wprowadzenie do immunizacji portfela obligacji*, s.240-245, [w:] Gąsioriewicz, L., Monkiewicz, J. (red) (2019), *Wyzwania współczesnych rynków finansowych*, ITEE, Radom, ISBN 978-83-63370-33-6.
219. Safadi, Y., Geroliminis, N., Haddad, J. (2024), *Integrated departure and boundary control for low-altitude air city transport systems*, Transportation Research Part B, Elsevier, No.189, s. 1-20, <https://doi.org/10.1016/j.trb.2024.103020>
220. Sałek, R. (2022), *Strategiczne znaczenie digitalizacji i systemów sztucznej inteligencji w zarządzaniu rozwojem przedsiębiorstw przemysłu 4.0*, s.61-81, [w:] Dziembka, D. (2022), *Wiedza i technologie informacyjne w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Częstochowa, ISBN 978-83-7193-857-3
221. Schuch De Azambuja, L. (2021). *Drivers and Barriers for the development of Smart Sustainable Cities: A Systematic Literature Review*. In 14th International Conference on

- Theory and Practice of Electronic Governance, (ICEGOV 2021), October 06–08, 2021, Athens, Greece. ACM, New York, NY, USA, 7 pages. <https://doi.org/10.1145/3494193.3494250>
222. Schulz, T., Bohm, M., Gewald, H. I Krcma, H. (2021), *Smart mobility – an analysis of potential customers' preference structures*, Electronic Markets, Nr 31, s. 105 – 124, <https://doi.org/10.1007/s12525-020-00446-z>
 223. Schwab, K. (2017), *The Fourth Industrial Revolution*, Portfolio Penguin.
 224. Sengan, S., Subramaniaswamy, V., Nair, S. K, Indragandhi, V., Manikandan, J. I Ravi, L. (2020), *Enhancing cyber-physical systems with hybrid smart city cyber security architecture for secure public data-smart network*, Future Generation Computer Systems, ELSEVIER, 112 (2020), s.724-737, <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.06.028>.
 225. Shehzad, M. u., Zhang, J., Dost, M., Ahmad, M. S. (2024), *Knowledge management enablers and knowledge management processes: a direct and configurational approach to stimulate green innovation*, European Journal of Innovation Management, Vol. 27, No. 1, s. 123-154, <https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2022-0076>
 226. Sidor-Rzadkowska, M. (2023), *Smart working in organizations operating on the polish market – opportunities and limitations*, Scientific Papers of Silesian University Of Technology Organization And Management Series, No. 187, s. 577-587.
 227. Sim, S.-H.; Lee, J.-J. (2021), *Special Issue on “Smart City and Smart Infrastructure”*, Sensors, No.21, 7064, s. 1-4, <https://doi.org/10.3390/s21217064>.
 228. Sipa M. (2014), *Publiczny transport zbiorowy na rynku usług transportowych – wybrane aspekty*, ZS WSH Zarządzanie, Nr 1.
 229. Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., Gidlund, M. (2018), *Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions*, IEEE Transactions On Industrial Informatics, Vol. 14, No. 11, s.4724-4734, <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2852491>.
 230. Skala, A. (2022), *Transport and Mobility - Oriented Innovative Startups and Business Models*. Sustainability 2022, 14, 5519, <https://doi.org/10.3390/su14095519>
 231. Skrzypek E. (2012), *Wyznaczniki dojrzałości jakościowej w świetle wyników badań* [w]: Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu Nr 264/2012.
 232. Słodczyk, J., (2012), *Historia planowania i budowy miast*, Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, ISBN 978-83-7395-484-7
 233. Sobczak A. (2016), *Metamodel architektury korporacyjnej dedykowany budowie inteligentnego miasta*, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH, Zeszyt 42/2016, s.183-199.
 234. Sobociński M. (2022), *Zarządzanie transportem publicznym w miastach w czasie kryzysu COVID-19*, Samorząd Terytorialny, Nr 9.
 235. Sobociński, M. (2022), *Zarządzanie transportem publicznym w miastach w czasie kryzysu COVID-19*, Samorząd Terytorialny, nr 9, s. 39-48.
 236. Sobolewska O. (2018), *„Co dalej z miastami? Drogowskaz dla miast → „SMART”*, [w:] red. G. Gierszewska, *Co dalej z zarządzaniem?* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej Warszawa.
 237. Song, T., Dian, J., Chen, H. (2023), *Can smart city construction improve carbon productivity? —A quasi-natural experiment based on China's smart city pilot*, Sustainable Cities and Society, ELSEVIER, No. 92, s.1-12, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104478>
 238. Stankovic, J.A. (2014), *Research Directions for the Internet of Things*, IEEE Internet Of Things Journal, Vol. 1, No. 1, s.3-9, <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2312291>.
 239. Starowicz, W. (2017), *Nowa polityka transportowa miasta Krakowa na lata 2016-2025*, Transport miejski i regionalny, Nr 04, s. 5-12.

240. Statista Mobility Market Insights, Statista. (2024). *Worldwide number of public transport users from 2017 to 2023 with a forecast through 2029 (in billion users)*. Statista. Statista Inc.. Accessed: November 23, 2024. <https://www-1statista-1com-1pc8w5bfc0064.eczyt.bg.pw.edu.pl/statistics/1413707/global-public-transport-users-forecast/>
241. Stawasz D. Sikora-Fernandez D. (2016), *Koncepcja smart city na tle procesów i uwarunkowań rozwoju współczesnych miast*, Akademia Samorządowa, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
242. Stawasz D. Sikora-Fernandez D. Turała M. (2012), *Koncepcja smart city jako wyznacznik podejmowania decyzji związanych z funkcjonowaniem i rozwojem miasta*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Studia Informatyczne nr 29 (721/2012), Wydawnictwo Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
243. Stempień, J., R., Woszczyk, P. (2018), *Metody badań społecznych wśród seniorów nakierowane na rozpoznawanie ich potrzeb zdrowotnych*, Skrypt do przedmiotu realizowanego na kierunku: Koordynowania Opieka Senioralna, Łódź.
244. Strohmeier, S. (2020), *Smart HRM – a Delphi study on the application and consequences of the Internet of Things in Human Resource Management*, The International Journal Of Human Resource Management, Vol. 31, s.2289-2318, <https://doi.org/10.1080/09585192.2018.1443963>.
245. Stupnicki, R. (2003), *Analiza i prezentacja danych ankietowych*, Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego, Warszawa.
246. Suciū, G., Suciū, V., Martian, A., Craciunescu, R., Vulpe, A., Marcu, I., Halunga, S. i Fratu, O. (2015), Big Data, Internet of Things and Cloud Convergence – An Architecture for Secure E-Health Applications, J Med Syst, No. 39, Vol. 141, s. 140-148, <https://doi.org/10.1007/s10916-015-0327-y>.
247. Suda J. (2017), *Operatywne zarządzanie miejskim transportem publicznym na przykładzie MZA Warszawa*, Transport Miejski i Regionalny, Nr 12.
248. Suda, J. (2017), *Innowacyjne zarządzania transportem publicznym*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, Z.118, s.265-276.
249. Szarata M. (2017), *Wykorzystanie modelu mikrosymulacyjnego do analizy funkcjonowania dynamicznego pasa autobusowego*, Czasopismo inżynierii lądowej, środowiska i architektury, Tom. XXXIV, Z.64 (1/17), s.229-242, <https://doi.org/10.7862/rb.2017.23>.
250. Szewczyk P. (2018), *Modele dojrzałości procesowej – przegląd i analiza porównawcza* [w:] Journal of Modern Management Process Nr 3(2) /2018, s. 16-25.
251. Szoltysek, J., Twaróg, S., Zawila-Niedźwiecki, J. (2022), *Od smart city ku smart community*, [w:] Jakubczak, S. (red.), *Zrównoważony rozwój społeczno-gospodarczy jednostek samorządu terytorialnego*, Konferencja 26.04.2022 r., Wydawnictwo Sejmowe, Warszawa.
252. Szymańska D. (2002), *Niektóre zagadnienia urbanizacji w Polsce w drugiej połowie XX wieku*, Przemiany Bazy Ekonomicznej i struktury przestrzennej miast, Opole.
253. Śleszyński, Z. (2020), *Wyznaczanie współczynników korelacji liniowej – podstawy*, Wiadomości Statystyczne, Vol. 65 (6), s.69-87, DOI: 10.5604/01.3001.0014.2347.
254. Tiwari, P. (2024), *The machine learning framework for traffic management in smart cities*, Management of Environmental Quality: An International Journal, Vol. 35, No. 2, s. 445-462, , <https://doi.org/10.1108/MEQ-08-2022-0242>
255. Tomaszewska, E.J., Florea A. (2018), *Urban smart mobility in the scientific literature - bibliometric analysis*, Engineering Management in Production and Services, Vol. 10, Issue 2, s.41-56, <https://doi.org/10.2478/emj-2018-0010>.

256. Trocki, M. (2013), *Elementy systemu oceny projektów – potrzeby i problemy*, s.177-191, [w:] Juchniewicz, M. i Trocki M. (2013), *Ocena projektu – koncepcje i metody*, Oficyna Wydawnicza Szkoła Główna Handlowa, Warszawa.
257. Trocki, M. (2016), *Projektowanie organizacji projektowych*, [w:] Trocki, M. i Bukłaha, E. (2016), *Zarządzanie projektami – wyzwania i wyniki badań*, Oficyna Wydawnicza Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa, s.59-70,
258. Trofimov, S., Voskov, L., Komarov, M. (2025), *Decentralized Public Transport Management System Based on Blockchain Technology*, *Applied Sciences*, Nr. 15 (1348), s.1-21, <https://doi.org/10.3390/app15031348>
259. Tsang, Y.P., Wu, C.H., Lam, H.Y., Choy, K.L. & Ho G.T.S. (2021), Integrating Internet of Things and multitemperature delivery planning for perishable food E-commerce logistics: a model and application, *International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 5, s.1534-1556, <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1841315>.
260. Tundys, B., Wiśniewski, T. (2023), *Smart Mobility for Smart Cities—Electromobility Solution Analysis and Development Directions*, *Energies*, No.16, s.1-20. <https://doi.org/10.3390/en16041958>
261. Ul Huda, N., Ahmed, I., Adnan, M., Ali, M. i Naeem F. (2024), *Experts and intelligent systems for smart homes' Transformation to sustainable smart cities: a comprehensive review*, *Expert Systems with Applications*, Elsevier, Nr 238, s.1-26, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122380>
262. Ustawa z dnia 13 listopada 2003 r. o dochodach jednostek samorządu terytorialnego (Dz. U 2017, nr 0, poz. 1453).
263. Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2022 r. poz. 1720).
264. Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych (Dz. U 2009, nr 157, poz.1240 z późn. zm.).
265. Ustawa z dnia 29 sierpnia 2003 r. o urzędowych nazwach miejscowości i obiektów fizjograficznych, (Dz. U. z 2019 r. poz. 1443)
266. Viechnicki, P., Khuperkar, A., Fishman, T.D. i Eggers, W.D. (2015), *Smart mobility Reducing congestion and fostering faster, greener, and cheaper transportation options*, Deloitte University Press.
267. Vishkaei, B.M., De Giovanni, P. (2023), *Rescheduling Multiproduct Delivery Planning with Digital Technologies for Smart Mobility and Sustainability Goals*, *Ieee Transactions on Engineering Management*, s.1-20, <https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3247565>.
268. Visvizi, A., Wosiek, R. i Malik, R. (2025), The smart city competitiveness index (SMCI): Conceptualization, modelling, application – An evidence-based insight, *Land Use Policy*, Elsevier, 148 (2025), s.1-12. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107408/>
269. Waghmare, M. (2024), Democratic participation and smart city citizenship in emerging economies – Case of smart cities in India, *Cities*, Elsevier, 148(2024), s. 1- 10, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104910>.
270. Wakula M. (2021), *Public management – the essence and selected concepts*, *Scientific Journal of the Military University of Land Forces*, Nr 1.
271. Wałachowski, K. (2022), *Miasto sprężyste – próba charakterystyki koncepcji*, *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, nr 36(3), s.20-29, <https://doi.org/10.24917/20801653.363.2>.
272. Wang, B., Ordonez, M., Sergio, A. i Pieter, J. (2018), *Operator and user perspectives on fleet mix, parking strategy and drop-off bay size for autonomous transit on demand*, *ETH Zurich Research Collection*, s.1-21, <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000283489>.

273. Wang, K., Zhao, Y., Gangadhari, R.K. i Li, Z. (2021), *Analyzing the Adoption Challenges of the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) for Smart Cities in China*, Sustainability, MDPI, No. 13, <https://doi.org/10.3390/su131910983>, s.1-35.
274. Weber, R.H., Weber, R. (2010), *Internet of Things. Legal perspectives*, Springer & ZIK, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11710-7>.
275. Weir, N-J. M., Pattison, S.H., Kearney, P., Stafford, B., Gormley G.J., Crockard M. A., Gilpin D. F., Tunney M. M., Hughes, C.M. (2017), *Criteria required for an acceptable point-of-care test for UTI detection: Obtaining consensus using the Delphi technique*, PLoS ONE, Nr 13(6), s. 1-13, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198595>.
276. Weske, A. (2012), *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*, Springer.
277. Whitmore, A., Agarwal, A., Li Da Xu. (2015), *The Internet of Things – A survey of topics and trends*, Springer Science+Business Media, No. 17, s.261-274, <https://doi.org/10.1007/s10796-014-9489-2>.
278. Wielki J. (2016), *Internet Rzeczy i Jego Wpływ Na Modele Biznesowe Współczesnych Organizacji Gospodarczych*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Nr. 281, Katowice, https://www.ue.katowice.pl/fileadmin/user_upload/wydawnictwo/SE_Artykuły_271_290/SE_281/17.pdf.
279. Wiśniewska, K. (2021), *Nowe stare miasto w Elblągu – wieloaspektowość interwencji w obszarze miejskim*, Ochrona Dziedzictwa Kulturowego, nr 11, s. 43 – 63, <https://doi.org/10.35784/odk.2795/>.
280. Witkowski, K. (2017), *Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management*, ScienceDirect, Procedia Engineering, No. 182, s.763-769, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>.
281. Włodyka, E.M. (2022), *Dostępność cyfrowa w Unii Europejskiej – praktyka i założenia teoretyczne*, Rocznik Integracji Europejskiej, Nr 16, s.349-358, <https://doi.org/10.14746/rie.2022.16.21>.
282. Wodecki, A. (2023), *Technologie generatywne w szkolnictwie wyższym – diagnoza sytuacji, przydatne kompetencje i propozycja metody*. e-mentor, Nr 3(100), s.51–60. <https://doi.org/10.15219/em100.1617>
283. Wolniak, R. (2023), *European Union Smart Mobility–Aspects Connected with Bike Road System’s Extension and Dissemination*. Smart Cities, No. 6, s.1009–1042. <https://doi.org/10.3390/smartcities6020049>
284. Wrzałik, A. (2022), *Zastosowanie narzędzi ICT w doborze personelu w ramach zrównoważonego zarządzania zasobami ludzkimi*, s.82-92, [w:] Dziembka, D. (2022), *Wiedza i technologie informacyjne w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Częstochowa, ISBN 978-83-7193-857-3
285. Yang, H. i Lee, H. (2023), *Smart city and remote services: The case of South Korea’s national pilot smart cities*, Telematics and Informatics, ELSEVIER, No. 79, s.1-13, <https://doi.org/10.1016/j.tele.2023.101957>.
286. You, L., Danaf, M., Zhao, F., Guan, J., Azevedo, C.L., Atasoy, B., Ben-Akiva, M. (2023), *A Federated Platform Enabling a Systematic Collaboration Among Devices, Data and Functions for Smart Mobility*, Ieee Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.24, No.4, s.4060-4074, <https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3236991>.
287. Zapolskyte, S., Burinskiene, M., Trepanier, M. (2020), *Evaluation criteria of smart city mobility system using mcdm method*, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, Vol. 15(4), s.196-224, <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.501>.

288. Zawila-Niedźwiecki, J. (2023), *Podejście procesowe – czasem klucz a czasem (awaryjnie) wytrych*, [w:] Bitkowska, A. (2023), (red.), *Przyszłość zarządzania procesowego, Strategie – Ludzie – Technologie*, s. 335-337.
289. Zawila-Niedźwiecki, J., Kamińska, A., Kotarba, M., Stańczak, J., Zajkowski, A., (2021), *Struktura procesu projektowania strategii informatyzacji organizacji*, s.17-27, [w:] Ziemia, E., Karmańska A., (red.), *Transformacja cyfrowa organizacji i społeczeństw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Katowice.
290. Zhang, Y., Liu, S., Liu, Y., Yang, H., Li, M., Huisingh, D., Wang, L. (2018), *The Internet of Things enabled real-time scheduling for remanufacturing of automobile engines*, *Journal of Cleaner Production*, No. 185, s. 562-575. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.061>
291. Zhou, Z., Gu, Z., Jiang, A., Liu, Z., Zhao, Y. i Liu, H. (2025), *Prototype augmentation-based spatiotemporal anomaly detection in smart mobility systems*, *Transportation Research Part E*, Elsevier, 195 (2025), s.1-21, <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103815>.
292. Ziolo, M. i Niedzielski, P. (2019), *Finasowanie publicznej komunikacji zbiorowej w aglomeracjach mieszkich w Polsce*, *Polityki Europejskie Finanse i Marketing*, Nr 21 (70), s.249 – 254, <https://doi.org/10.22630/PEFIM.2019.21.70.20>.
293. Zuziak Z. (2008), *O tożsamości urbanistyki*, Wydawnictwo Politechnika Krakowska, Kraków.

Źródła internetowe

1. 5G: sieci telekomunikacyjne nowej generacji, (2024), <https://www.gov.pl/web/5g/podstawowe-informacje>, [dostęp 22.11.2024 r.]
2. AUTOMated driving Progressed by Internet Of Things, <https://cordis.europa.eu/project/id/731993> [dostęp 15.01.2024].
3. Business Insider, Megamiasta na świecie. Zobacz, gdzie będzie żyło najwięcej ludzi, <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/miasta-na-swiecie-gdzie-mieszka-najwiecej-ludzi/y3ww8n6> [dostęp 13.10.2024 r.]
4. Ciekaweliczby.pl, Ile osób mieszka w miastach, a ile na wsi?, https://ciekaweliczby.pl/miasto_wies/ [dostęp 13.11.2023 r.]
5. CISCO (2013) *The internet of everything global public sector economic analysis*. University of Georgia, Griffin. <https://www.cisco.com> (dostęp 17.04.2023).
6. CISCO (2023), *What is IoT (Internet of Things)?* Cisco Solution, <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/what-is-iot.html> (dostęp 12.03.2023).
7. European Parliament, *Mapping Smart Cities in UE*, 2014, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf) (dostęp z dn. 12.07.2021r).
8. Forbes (2023), *The Internet of things*, <https://www.forbes.com/internet-of-things/#1272975276e5> (dostęp z dnia 12.03.2023).
9. Fundacja Panoptykon (2020), Polska na tle Europy – dostęp do sieci szerokopasmowej, https://panoptykon.org/sites/default/files/raporty/raport_dostep_2020.pdf, (dostęp z dnia 12.05.2023).
10. GDPR Enforcement in Poland (2025), *Deep dive into relevant data protection enforcement cases and insights from Poland*, https://cms.law/en/int/publication/gdpr-enforcement-tracker-report/poland?utm_source=chatgpt.com (dostęp: 007.02.2025)
11. Gillis, A.S. (2022), *What is the internet of thnigs (IoT)?* TechTarget, <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT> (dostęp 13.03.2023).
12. GSMA, <https://www.gsma.com/iot/5giot/> (dostęp: 18.05.2023).
13. GSMA, <https://www.gsma.com/iot/narrow-band-internet-of-things-nb-iot/>, (dostęp: 15.05.2023).
14. GUS, <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/metadane/cechy/2418#> (dostęp: 10.10.2024 r.)
15. GUS, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/powierzchnia-i-ludnosc-w-przekroju-terytorialnym-w-2021-roku,7,18.html> (dostęp: 17.04.2024 r.)
16. IBM (2022), *Internet of Things*, <https://www.ibm.com/skills/topics/internet-of-things/> (dostęp z dnia 11.03.2023).
17. IBM-blog, <https://www.ibm.com/blog/>, [dostęp: 17.05.2023].
18. Iese.edu. (2022), *IESE Cities in Motion Index*, <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0633-E.pdf> [dostęp 11.04.2024]
19. Intel. (2023), *Internet of things Devices Powered by Intel*, <https://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/building-blocks-things.html>, (dostęp 12.03.2023).
20. Internet Rzeczy, www.internetrzeczy.pl (dostęp 19.02.2024 r.)
21. *Intelligent Knowledge-as-a-Service Platform*, <https://cordis.europa.eu/project/id/643262/results/pl>. [dostęp 20.01.2024].

22. Internet of Things, <https://pl.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=i/iot-internet-of-things> (dostęp: 07.02.2023)
23. IoT in healthcare, <https://www.mokosmart.com/pl/iot-in-healthcare/>, [dostęp: 03.07.2022].
24. IoTforall (2022), IoT Security Must-Haves, <https://www.ietfforall.com/iot-security-must-haves-part-1>, (dostęp 12.05.2023).
25. Jones, N. (2020), *Internet of Things: Unlocking True Digital Business Potential*, Gartner, <https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/internet-of-things> (dostęp 12.03.2023).
26. Kenton, W. (2022), *What is the Internet of things (IoT)? How it works and benefits*, Investopedia, <https://www.investopedia.com/terms/i/internet-things.asp> (dostęp 12.03.2023)
27. Kolenda, P., (2016), *Raport „Internet Rzeczy w Polsce”*, <https://www.iab.org.pl/baza-wiedzy/raport-internet-rzeczy-w-polsce/>, dostęp: 18.08.2023 r.
28. Komunikat komisji do parlamentu europejskiego, rady, europejskiego komitetu ekonomiczno-społecznego i komitetu regionów empty, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0345&from=EN>, (dostęp: 10.08.2022).
29. Kształtowanie cyfrowej przyszłości Europy, (2024), <https://digital-strategy.ec.europa.eu/pl/policies/internet-things-policy>
30. Lall, S. (2019), *7 IoT platform Vendors to Watch out for*, iotforall, <https://www.ietfforall.com/7-iot-platform-vendors-to-watch?ss360SearchTerm=IoT%20definitions> (dostęp z dnia 12.03.2023)
31. Mc Kinsey & Company. (2018). *Smart Mobility: Reducing Congestion and Fostering Faster, Greener, and Cheaper Transportation Options*. Deloitte Insight, https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/smart-mobility-trends/DUP_1027_Smart-Mobility_MASTER1.pdf
32. Microsoft (2022), *What is Azure Internet of Things (IoT)?* <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/iot-fundamentals/iot-introduction> (dostęp 12.03.2023).
33. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego (2010), *Rozwój miast w Polsce. Raport wprowadzający Ministerstwa Rozwoju Regionalnego*. Warszawa, http://eregion.wzp.pl/sites/default/files/rozwoj_miast_w_polsce_0.pdf (dostęp z dnia 12.03.2023).
34. Mobirank.pl (2024), *Prędkość internetu mobilnego 4G/LTE i 5G w Polsce (sierpień 2024)*, <https://mobirank.pl/2024/09/15/predkosci-internetu-mobilnego-4g-lte-i-5g-w-polsce-sierpien-2024/> [dostęp 14.11.2024 r.]
35. *Movia launched pilot to measure Occupancy Monitoring with Smartphones in Buses*, <http://mobility-innovators.com/movia-launched-pilot-to-measure-occupancy-monitoring-with-smartphones-in-buses/> [dostęp 23.01.2024].
36. Mubi.pl (2022), *Najbardziej niebezpieczne polskie miasta dla kierowców – gdzie jest najwięcej wypadków, kolizji i kradzieży aut?*, <https://mubi.pl/poradniki/najbardziej-niebezpieczne-polskie-miasta-dla-kierowcow/>, [dostęp 17.01.2024]
37. Mubi.pl (2024), *Inteligentne miasto smart city – to nie tylko transport*, <https://mubi.pl/poradniki/inteligentne-miasto/> [dostęp 12.01.2024]
38. *Nomago, a Bus Operator in Slovenia, implemented Transit Management Platform with IOT*, <https://mobility-innovators.com/nomago-a-bus-operator-in-slovenia-implemented-transit-management-platform-with-iot/> [dostęp 26.01.2024].
39. Nomura Research Institute of Taiwan (2022), *Civil IoT Taiwan: The Guardian of air quality*, IoTnews, <https://www.iiottechnews.com/news/2022/dec/06/civil-iot-taiwan-the-guardian-of-air-quality/> (dostęp 12.03.2023).
40. Norma PKN Smart Cities, <https://www.pkn.pl/smart-cities>, [dostęp: 03.07.2022].

41. Nosarzewska E. (2022), *Urbanizacja – Megatrendy 2050*, Polskie Towarzystwo Studiów nad przyszłością, <https://ptsp.pl/urbanizacja/>, (dostęp 30.09.2022 r.)
42. ORACLE.com (2024), *Internet Rzeczy*, <https://www.oracle.com/pl/internet-of-things/> [dostęp 18.11.2024 r.]
43. Ostateczna lista statystyk Internetu rzeczy za 2024 r (2023), <https://findstack.pl/resources/internet-of-things-statistics> [dostęp 26.05.2024 r].
44. Polski Fundusz Rozwoju, (2024), *IT/ICT (branża) – słownik pojęć*, <https://pfr.pl/sloownik/sloownik-itict.html>, [dostęp 26.05.2024 r].
45. Projekt autonomicznego parkingu z wykorzystaniem sieci sensorycznych, <http://www.wsn.agh.edu.pl/?q=pl/node/164>, (dostęp: 03.07.2022).
46. Przyszłość IoT jest teraz, (2024), <https://internetrzeczy.pl/?p=2433>, [dostęp 22.11.2024 r.]
47. Public management, https://dictionnaire.enap.ca/dictionnaire/docs/definitions/definitions_anglais/public_management.pdf/ (dostęp z dnia 14.12.2023 r.).
48. Public Transport Operations Management, <https://www.ptvgroup.com/en/application-areas/public-transport-planning/operations-management> (dostęp z dnia 11.12.2023 r.)
49. Rynek Instalacyjny, (2021), *Smart city – utopia czy nieuchronna wizja jutra*, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikul/projektowanie-c-o/128986,smart-city-utopia-czy-nieuchronna-wizja-jutra> [dostęp 14.10.2024 r.]
50. sdxcentral, <https://www.sdxcentral.com/articles/analysis/can-hpe-ride-intelligent-edge-aruba-across-compute-storage-lull/2023/06/>, [dostęp: 16.05.2023].
51. SKPN (2021), *Rewolucja IoT – rozwój Internetu Rzeczy w Polsce*, <https://sknep.pl/2021/02/08/rewolucja-iot-rozwoj-internetu-rzeczy-w-polsce/> [dostęp 22.10.2024 r.]
52. Smart.Przemysl.eu. (2022), *Oto najbardziej inteligentne miasta na świecie. Na liście polscy przedstawiciele*, <https://smart.przemysl.eu/64389/oto-najbardziej-inteligentne-miasta-na-swiecie-na-liscie-polscy-przedstawiciele.html> [dostęp 22.04.2024]
53. Smart-cities.eu (2022), *European smart cities*, <https://www.smart-cities.eu/?cid=-1&ver=3>, [dostęp 17.01.2024]
54. Statista (2023), Industries & Markets, Internet of Things (IoT) in Europe, <https://www.statista.com>, [dostęp 05.04.2024 r.]
55. Statista (2023), Obecne i planowane trendy w zakresie wdrażania technologii informatycznych (IT) w organizacjach w Ameryce Północnej i Europie do 2023 r. <https://www.statista.com> [dostęp 02.04.2024 r.].
56. Sustainable and smart mobility strategy, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/659455/EPRS_BRI\(2021\)659455_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/659455/EPRS_BRI(2021)659455_EN.pdf) (dostęp 10.08.2022)
57. Taylor, J. (2015), *Framing requirements for predictive analytic projects with decision modeling*, International Institute for Analytics, http://www.decisionmanagementsolutions.com/wpcontent/uploads/2017/01/IIA-Research_Decision-Modeling.pdf (dostęp:18.05.2023)
58. Techopedia (2020), *Internet of things (IoT)*, <https://www.techopedia.com/definition/28247/internet-of-things-iot> (dostęp z dnia 12.03.2023).
59. Telecompaper (2022), *Poland is testing 5G networks in several locations*, <https://www.telecompaper.com/news/poland-approves-119-5g-tests-in-2021—1423392>, (dostęp 10.05.2023)
60. Telepolis.pl (2024), *Kto ma najszybszy internet w Polsce? Jeden telekom bije rekordy*, <https://www.telepolis.pl/wiadomosci/prawo-finanse-statystyki/internet-mobilny-w-polsce-lipiec-2024-rfbenchmark> [dostęp 17.11.2024 r.]

61. Trzy generacje smart city, <https://smartcityblog.pl/trzy-generacje-smart-cities-i-dlaczego-polska-zostaje-w-tyle/>, [dostęp: 03.07.2022].
62. UITP (2020), *The internet of things in public transport*, <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/01/IOT-KB-final.pdf>.
63. WCCD (2024), <https://www.dataforcities.org/about-wccd>, [dostęp 15.11.2024 r.]
64. WGospodarce.pl (2017), *Polska już w gronie 25 krajów najbardziej rozwiniętych*, Portal wGospodarce.pl, <https://wgospodarce.pl/informacje/41063-polska-juz-w-gronie-25-krajow-najbardziej-rozwinietych>, (dostęp z dnia 29.10.2022 r).
65. Wyrzykowski, R. (2023), *Lack of 5G spectrum hurts Poland's 5G experience*, *OpenSignal*, <https://www.opensignal.com/2023/04/25/lack-of-5g-spectrum-hurts-polands-5g-experience>, (dostęp z dnia 22.05.2023 r).
66. Zarządzanie transportem, https://mfiles.pl/pl/index.php/Zarz%C4%85dzanie_transportem, (dostęp z dnia 15.12.2023r.).
67. Zróźnicowanie poziomu urbanizacji w Polsce (b.d.), <https://zpe.gov.pl/a/zroznicowanie-poziomu-urbanizacji-w-polsce/D19MUchJD> (dostęp dnia 10.10.2022 r).
68. Zubovich, N. (2022), *What is IoT (Internet of Things)? – Explained by SumatoSoft*, *SumatoSoft*, <https://sumatosoft.com/blog/what-is-iot-internet-of-things-explained-by-sumatosoft> (dostęp z dnia 21.05.2023 r).

Spis tabel

Tabela 1. Definicja miasta.....	30
Tabela 2. Definicja inteligentnego miasta.....	33
Tabela 3. Syntetyczny przegląd rankingów inteligentnych miast	37
Tabela 4. Zestawienie modeli miast.....	55
Tabela 5. Definicja Internetu Rzeczy (IoT).....	75
Tabela 6. Wybrane definicje zarządzania transportem publicznym	89
Tabela 7. Wybrane definicje inteligentnego transportu	99
Tabela 8. Wybrane rozwiązania związane z inteligentnym transportem w polskich miastach	100
Tabela 9. Rodzaje transportu miejskiego w miastach wojewódzkich w Polsce w roku 2024.	107
Tabela 10. Rozkład procentowy w odpowiedziach dotyczących Segmenty IoT vs. Zastosowanie IoT w transporcie	126
Tabela 11. Rozkład procentowy w odpowiedziach dotyczących Barrier IoT	128
Tabela 12. Rozkład procentowy w odpowiedziach dotyczących elementów mających wpływ na IoT - uzupełnienie wykresu nr 34.....	129
Tabela 13. Przyporządkowanie wag dla odpowiedzi tekstowych	134
Tabela 14. Obliczenia częściowe dla współczynnika Pearsona	134
Tabela 15. Przyporządkowanie wag dla odpowiedzi.	136
Tabela 16. Obliczenia częściowe dla elementu b w regresji liniowej	137
Tabela 17. Zestawienie składowych funkcji regresji liniowej	138
Tabela 18. Sprawdzenie wykonanych obliczeń dla liniowej funkcji regresji w arkuszu MS Excel.....	138
Tabela 19. Opis komponentów modułu interesariuszy modelu MZTPIoT	151
Tabela 20. Opis komponentów modułu strategicznego modelu MZTPIoT	154
Tabela 21. Charakterystyka próby ekspertów do badań jakościowych	157
Tabela 22. Opracowanie odpowiedzi do pytań badawczych.....	171
Tabela 23. Ograniczenia modelu MZTPIoT	172
Tabela 24. Zagrożenia dla modelu MZTPIoT	173
Tabela 25. Realizacji celu głównego pracy oraz celów szczegółowych.	173
Tabela 26. Wkład do nauki o zarządzaniu i jakości	175

Spis wykresów

Wykres 1. Europejskie trendy ICT	15
Wykres 2. Cytowanie fraz "smart city" w roku 2024 w bazie WoS	35
Wykres 3 Jednostki samorządu terytorialnego zainteresowane koncepcją smart city w polskich miastach	35
Wykres 4. Dostępność do Internetu w latach 2020 - 2024 na terenie Polski	57
Wykres 5. Dynamika wzrostu użytkowników Internetu w latach 2020-2024 na terenie Polski	57
Wykres 6. Dynamika wzrostu urządzeń IoT na świecie w latach 2023-2026*	60
Wykres 7. Wartość segmentu rynku IoT w Europie w latach 2018-2028	64
Wykres 8. Cytowania frazy "IoT" w roku 2024	64
Wykres 9 Projekcja pasażerów transportu publicznego na świecie w latach 2017-2029	92
Wykres 10. Wartość rynkowa transportu publicznego na świecie w latach 2017-2029 [w mld dolarów USA] ...	92
Wykres 11. Cytowania frazy "smart mobility" w roku 2024	98
Wykres 12. Stopień wykorzystania transportu publicznego w poszczególnych miastach wojewódzkich Polsce w roku 2024	106
Wykres 13. Wiek respondentów	116
Wykres 14. Płeć badanych	117
Wykres 15. Wykształcenie respondentów	117
Wykres 16. Wielkość miast respondentów	118
Wykres 17. Znajomość technologii IoT wśród mieszkańców miast	118
Wykres 18. Rodzaje urządzeń z wykorzystaniem technologii IoT	119
Wykres 19. Płaszczyzny związane z użytkowaniem IoT	119
Wykres 20. Zadowolenie z urządzeń IoT	120
Wykres 21. Komfort korzystania z urządzeń IoT	120
Wykres 22. Popularność rozwiązań IoT	121
Wykres 23. Odczucie zagrożenia z korzystania urządzeń IoT	122
Wykres 24. Zagrożenia związane z technologią IoT	122
Wykres 25. Korzyści z technologii IoT	123
Wykres 26. Istotne komponenty IoT	123
Wykres 27. Korzyści inteligentnego transportu z wykorzystaniem IoT	124
Wykres 28. Segmenty IoT vs. Zastosowanie IoT w transporcie	125
Wykres 29. Bariery implementacji IoT	127
Wykres 30. Właściciele danych gromadzonych przez urządzenia IoT	128
Wykres 31. Elementy wpływające na rozwój w obszarze IoT	129
Wykres 32. Lokalizacja respondentów	130
Wykres 33 Przydatność urządzeń opartych na technologii IoT	131
Wykres 34 Zakup urządzeń IoT	131
Wykres 35. Prezentacja graficzna dla przyjętych zmiennych na podstawie współczynnika korelacji Pearsona.	135
Wykres 36 Wykres relacji funkcji liniowej badanej próby	139

Spis rysunków

Rysunek 1. Obszary wykorzystania IoT.....	14
Rysunek 2 Model procesu badawczego	20
Rysunek 3. Rozwinięcie wywiadów eksperckich w przebiegu procesu badawczego (rundy I-IV)	22
Rysunek 4. Przestrzeń koncepcyjna, przykłady stosowanych rozwiązań i wymiary smart city	28
Rysunek 5 Najważniejsze obszary w procesie transformacji w kierunku inteligentnego miasta.	34
Rysunek 6. Zarządzanie jako wspólny komponent omawianych rankingów	39
Rysunek 7. Inteligentny transport jako wspólny komponent wybranych rankingów	40
Rysunek 8. Poziom urbanizacji Rzeczypospolitej Polskiej według danych GUS w 2022 roku.....	42
Rysunek 9. Transformacja w obszary miejskie w 2022 roku	43
Rysunek 10. Typologia smart city.....	45
Rysunek 11. Model korporacyjny inteligentnego miasta	47
Rysunek 12. Model sponsorski inteligentnego miasta	48
Rysunek 13. Model pozytywnej adaptacji inteligentnego miasta.	50
Rysunek 14. Podejście w kształtowaniu koncepcji inteligentnego i model pozytywnej adaptacji.....	50
Rysunek 15. Model wspólnotowy inteligentnego miasta.....	51
Rysunek 16. Wskaźniki normy PN-ISO 37120:2015-03	53
Rysunek 17. Koncepcja rozwoju IoT w Polsce	62
Rysunek 18. Główne komponenty IoE	67
Rysunek 19. Perspektywy rozwoju obszarów IoT w latach 2019-2024.....	72
Rysunek 20. Schemat blokowy architektury IoT	77
Rysunek 21 Elementy architektury IoT	78
Rysunek 22 Obszary funkcji IoT	81
Rysunek 23 Operatorzy komunikacji miejskiej na terenie m.st. Warszawy	110
Rysunek 24. Schemat relacji w inteligentnym mieście dla autorskiego modelu MZTPIoT.	143
Rysunek 25. Model Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy ...	147
Rysunek 26. Moduły modelu MZTPIoT v.1.2 z wyszczególnionymi komponentami.....	148
Rysunek 27. Potrójna helisa	156
Rysunek 28. Rundy I - IV walidacji modelu MZTPIoT	156
Rysunek 29. Moduł Infrastruktura i Technologia modelu MZTPIoT v.1.2. wraz z odpowiedziami ekspertów: Administracja Publiczna – Biznes – Nauka	159
Rysunek 30. Moduł Interesariuszy modelu MZTPIoT v.1.2 wraz z odpowiedziami ekspertów: Administracja Publiczna – Biznes – Nauka.....	160
Rysunek 31 Moduł Procesualny modelu MZTPIoT v.1.2 wraz z odpowiedziami ekspertów: Administracja Publiczna – Biznes – Nauka.....	161
Rysunek 32. Moduł Strategiczny modelu MZTPIoT v.1.2 wraz z odpowiedziami ekspertów: Administracja Publiczna – Biznes – Nauka.....	162
Rysunek 33. Zbiorcza matryca odpowiedzi ekspertów do modelu MZTPIoT v. 1.2	163
Rysunek 34. Model MZTPIoT v.2.0.	164

Załącznik nr 1 – IMD Smart City Index 2024.

IMD Smart City Index 2024: Results

In Alphabetical Order By City and 2023 Comparison

City	Smart City Rank 2024	Smart City Rating 2024	Structure 2024	Technology 2024	Smart City Rank 2023	Change
Abu Dhabi	10	BB	BB	BB	13	+3▲
Abuja	135	D	C	D	133	-2▼
Accra	138	D	D	D	138	—
Algiers	124	C	C	C	123	-1▼
Al-Khobar	99	CCC	CCC	CC	NEW	NEW
Amman	128	D	D	C	135	+7▲
Amsterdam	18	A	BBB	A	15	-3▼
Ankara	96	CCC	CCC	CCC	90	-6▼
Athens	120	C	C	C	113	-7▼
Auckland	31	BBB	BBB	A	22	-9▼
Bangkok	84	CCC	CCC	B	88	+4▲
Barcelona	81	BB	BB	BB	75	-6▼
Beijing	13	BB	BB	BB	12	-1▼
Beirut	140	D	D	D	139	-1▼
Belfast	101	CC	CCC	C	95	-6▼
Bengaluru	109	CCC	CCC	CCC	110	+1▲
Berlin	37	BBB	BBB	BBB	33	-4▼
Bilbao	29	BBB	BBB	BB	27	-2▼
Birmingham	83	BB	BB	BB	74	-9▼
Bogota	127	D	D	D	129	+2▲
Bologna	78	BB	BB	B	51	-27▼
Bordeaux	70	CCC	CCC	CC	78	+8▲
Boston	36	BBB	BBB	A	34	-2▼
Brasilia	130	C	C	C	128	-2▼
Bratislava	56	BBB	BB	A	62	+6▲
Brisbane	30	A	A	A	24	-6▼
Brussels	40	BBB	BB	A	35	-5▼
Bucharest	100	B	B	B	104	+4▲
Budapest	89	B	B	BB	87	-2▼
Buenos Aires	123	C	C	C	124	+1▲
Busan	45	BB	BB	BBB	49	+4▲
Cairo	114	C	C	CC	108	-6▼
Canberra	3	AA	AAA	A	3	—
Cape Town	129	D	D	D	125	-4▼
Cardiff	92	CC	CCC	CC	94	+2▲
Chengdu	93	CCC	CCC	CCC	97	+4▲
Chicago	67	BB	BB	BB	61	-6▼
Chongqing	82	CCC	CCC	CCC	86	+4▲
Copenhagen	6	AA	AA	A	4	-2▼
Delhi	106	CC	CC	CC	105	-1▼
Denver	66	BBB	BBB	BBB	53	-13▼
Doha	48	B	BB	B	59	+11▲
Dubai	12	BB	BB	BB	17	+5▲
Dublin	69	BB	BB	BBB	63	-6▼

Źródło: https://www.imd.org/wp-content/uploads/2024/04/20240412-SmartCityIndex-2024-Full-Report_4.pdf (dostęp 30.05.2024r)

IMD Smart City Index 2024: Results

In Alphabetical Order By City and 2023 Comparison

City	Smart City Rank 2024	Smart City Rating 2024	Structure 2024	Technology 2024	Smart City Rank 2023	Change
Dusseldorf	44	BB	BBB	B	38	-6▼
Geneva	4	AAA	AAA	AA	9	+5▲
Glasgow	87	B	BB	B	80	-7▼
Gothenburg	39	A	BBB	A	36	-3▼
Guangzhou	65	CCC	CCC	CCC	71	+6▲
Guatemala City	142	D	D	D	141	-1▼
Hamburg	14	BBB	BBB	BBB	11	-3▼
Hangzhou	64	CCC	CCC	CCC	70	+6▲
Hanoi	97	CCC	CCC	CCC	100	+3▲
Hanover	53	BB	BBB	B	57	+4▲
Helsinki	9	AA	AA	A	8	-1▼
Ho Chi Minh City	105	CC	CC	CCC	103	-2▼
Hong Kong	20	A	BBB	AAA	19	-1▼
Hyderabad	111	CC	CC	CC	116	+5▲
Islamabad	116	CC	CC	CC	120	+4▲
Istanbul	110	CC	C	CC	107	-3▼
Jakarta	103	CC	CC	CCC	102	-1▼
Jeddah	55	B	B	B	56	+1▲
Kiel	79	BB	BBB	CCC	81	+2▲
Krakow	76	CCC	CCC	CC	79	+3▲
Kuala Lumpur	73	B	B	CCC	89	+16▲
Lagos	136	D	D	D	132	-4▼

City	Smart City Rank 2024	Smart City Rating 2024	Structure 2024	Technology 2024	Smart City Rank 2023	Change
Lausanne	7	AA	AA	A	5	-2▼
Leeds	72	CC	CCC	CC	76	+4▲
Lille	85	CCC	CCC	CC	84	-1▼
Lima	134	C	C	C	134	—
Lisbon	108	C	CC	CC	99	-9▼
Ljubljana	32	BBB	BBB	A	47	+15▲
London	8	A	BBB	AA	6	-2▼
Los Angeles	68	BB	BB	BB	50	-18▼
Luxembourg	27	BBB	A	BB	45	+18▲
Lyon	61	BB	BB	BBB	64	+3▲
Madrid	35	BB	BB	BBB	37	+2▲
Makassar	115	CC	CC	CC	114	-1▼
Manchester	71	BB	BB	BB	73	+2▲
Manila	121	C	C	C	115	-6▼
Marseille	104	CC	CC	CC	101	-3▼
Mecca	52	B	B	B	52	—
Medan	112	CC	CC	CC	112	—
Medellin	119	C	C	C	118	-1▼
Medina	74	CCC	B	CCC	85	+11▲
Melbourne	33	A	BBB	A	31	-2▼
Mexico City	122	C	D	C	121	-1▼
Milan	91	B	B	B	82	-9▼

Źródło: https://www.imd.org/wp-content/uploads/2024/04/20240412-SmartCityIndex-2024-Full-Report_4.pdf (dostęp 30.05.2024r)

IMD Smart City Index 2024: Results

In Alphabetical Order By City and 2023 Comparison

City	Smart City Rank 2024	Smart City Rating 2024	Structure 2024	Technology 2024	Smart City Rank 2023	Change
Montreal	80	BB	BB	B	69	-11▼
Mumbai	107	CC	CC	CCC	109	+2▲
Munich	21	A	A	A	20	-1▼
Muscat	88	B	B	CCC	96	+8▲
Nairobi	131	C	C	C	131	—
Nanjing	62	CCC	CCC	CCC	58	-4▼
New York	34	BB	BB	BB	21	-13▼
Newcastle	77	CC	B	CC	77	—
Nicosia	118	C	CC	C	117	-1▼
Osaka	95	B	BB	CCC	98	+3▲
Oslo	2	AA	AA	A	2	—
Ottawa	46	BBB	A	BBB	40	-6▼
Paris	49	BBB	BB	A	46	-3▼
Philadelphia	90	B	B	B	92	+2▲
Phoenix	98	CC	CCC	C	93	-5▼
Prague	15	A	A	A	14	-1▼
Rabat	126	C	C	C	126	—
Reykjavik	26	BBB	A	BBB	26	—
Riga	59	BB	BB	BB	83	+24▲
Rio de Janeiro	139	D	D	D	136	-3▼
Riyadh	25	B	B	B	30	+5▲
Rome	133	CCC	CCC	CCC	122	-11▼

City	Smart City Rank 2024	Smart City Rating 2024	Structure 2024	Technology 2024	Smart City Rank 2023	Change
Rotterdam	41	A	BBB	A	41	—
San Francisco	75	BB	BB	B	68	-7▼
San José	125	C	CC	C	127	+2▲
Sana'a	141	D	D	D	140	-1▼
Santiago	117	C	C	C	119	+2▲
Sao Paulo	132	D	D	C	130	-2▼
Seattle	63	BB	BB	B	55	-8▼
Seoul	17	AA	BBB	AAA	16	-1▼
Shanghai	19	BB	BB	BB	25	+6▲
Shenzhen	60	CCC	CCC	CCC	66	+6▲
Singapore	5	A	A	A	7	+2▲
Sofia	113	C	CC	CC	111	-2▼
Stockholm	11	A	A	A	10	-1▼
Sydney	22	A	BBB	A	18	-4▼
Taipei City	16	A	BBB	A	29	+13▲
Tallinn	24	BBB	BBB	BBB	32	+8▲
Tel Aviv	94	B	B	B	91	-3▼
The Hague	42	A	BBB	A	43	+1▲
Tianjin	54	BB	BB	BB	67	+13▲
Tokyo	86	BB	BB	BB	72	-14▼
Toronto	51	BBB	BBB	A	48	-3▼
Tunis	137	D	D	D	137	—

Źródło: https://www.imd.org/wp-content/uploads/2024/04/20240412-SmartCityIndex-2024-Full-Report_4.pdf (dostęp 30.05.2024r)

IMD Smart City Index 2024: Results

In Alphabetical Order By City and 2023 Comparison

City	Smart City Rank 2024	Smart City Rating 2024	Structure 2024	Technology 2024	Smart City Rank 2023	Change
Vancouver	43	BBB	BBB	BBB	42	-1 ▼
Vienna	23	AA	AA	A	28	+5 ▲
Vilnius	47	BBB	BBB	BBB	65	+18 ▲
Warsaw	38	BBB	BBB	BBB	44	+6 ▲
Washington D.C.	50	BB	BB	BB	39	-11 ▼
Wellington	28	BBB	A	BBB	23	-5 ▼
Zagreb	102	B	B	B	106	+4 ▲
Zaragoza	57	CCC	B	CC	54	-3 ▼
Zhuhai	58	CCC	CCC	CCC	60	+2 ▲
Zurich	1	AAA	AAA	AA	1	—

Źródło: https://www.imd.org/wp-content/uploads/2024/04/20240412-SmartCityIndex-2024-Full-Report_4.pdf (dostęp 30.05.2024r)

Warsaw

SMART CITY RANKING

38

Out of 142



44 in 2023
Out of 141

SMART CITY RATING

BBB

BBB in 2023

FACTOR RATINGS

BBB

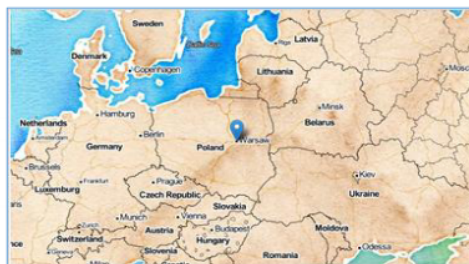
STRUCTURES

BACKGROUND INFORMATION

City

Population 1,780,000
(UN World Urbanization Prospects)

HDI 0.926
(Global Data Lab)



Country

Poland

	2019	2020	2021	2022	1 yr change
HDI	0.880	0.874	0.876	0.881	+0.005
Life expectancy at birth	77.9	76.9	76.5	77.0	+0.5
Expected years of schooling	15.9	15.8	15.9	15.9	+0.0
Mean years of schooling	13.1	13.2	13.2	13.2	+0.0
GNI per capita (PPP \$)	31,772	31,293	33,264	35,151	+1,887

STRUCTURES

Health & Safety

Basic sanitation meets the needs of the poorest areas	64.7	On
Recycling services are satisfactory	62.0	A v
Public safety is not a problem	59.4	Fr
Air pollution is not a problem	33.4	CC
Medical services provision is satisfactory	46.9	A v
Finding housing with rent equal to 30% or less of a monthly salary is not a problem	25.6	Ar

Mobility

Traffic congestion is not a problem	30.0	Ca
Public transport is satisfactory	61.9	Ap

PRIORITY ARE

From a list of 15 indicators, survey respondents were to select 5 that were perceived as the most urgent for their city. The higher the percentage of responses per a given indicator, the higher the priority.

ATTITUDES

You are willing to contribute to the city's development
You are comfortable with the city's current state
You feel the availability of services is sufficient
The proportion of your transactions is increasing

LEGEND: MIN CITY ME

Źródło: https://www.imd.org/wp-content/uploads/2024/04/20240412-SmartCityIndex-2024-Full-Report_4.pdf
(dostęp 30.05.2024r)

Załącznik nr 2 – European Smart Cities 3.0.

europesmartcities 3.0 (2014)

[home](#)[why smart cities?](#)[smart cities model](#)[the ranking](#)[benchmarking](#)[city profiles](#)[team & imprint](#)[data protection](#)

The smart city model

A Smart City is a city well performing in 6 characteristics, built on the 'smart' combination of endowments and activities of self-decise, independent and aware citizens.

```
graph TD; SE[Smart Economy] --- SM[Smart Mobility]; SM --- SE; SM --- ENV[Smart Environment]; ENV --- SM; ENV --- P[Smart People]; P --- ENV; P --- L[Smart Living]; L --- P; L --- G[Smart Governance]; G --- L; G --- SE; SE --- G
```

Standardization and aggregation

To compare the different indicators it is necessary to standardize the values. One method to standardize is by z-transformation (see formular). This method transforms all indicator values into standardized values with an average 0 and a standard deviation 1. This method has the advantages to consider the heterogeneity within groups and maintain its metric information. Furthermore a high sensitivity towards changes is achieved.

z-transformation

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$$

To receive results on the level of factors, characteristics and the final result for each city it is necessary to aggregate the values on the indicator level. For the aggregation of a respective group of indicators to domains we consider also the coverage rate of each indicator. A certain result from an indicator of an indicator covering all 77 cities weights therefore a little more than from an indicator covering only for instance 60 cities. Besides this small correction the results were aggregated on all levels without any weighting. The aggregation was done additive but divided through the number of values added. That allows us to include also cities which do not cover all indicators. Their results are calculated with the values available. Still, it is necessary to provide a good coverage over all cities to receive reasonable results. As there are only cities included with a coverage of more than 75%, for the 77 cities by 81 indicators we achieve a coverage rate of 91 %.

Level	Count
Smart City	6
Key fields	28
Domains	81
Components	
Data	

Technische Universität Wien
Institut für Raumplanung
Stadt- und Regionalforschung

Źródło: <https://smart-cities.eu/?cid=2&ver=3> (dostęp 30.05.2024 r.)

h1>europeansmartcities 3.0 (2014)

home why smart cities? smart cities model the ranking benchmark

h2>Ranking

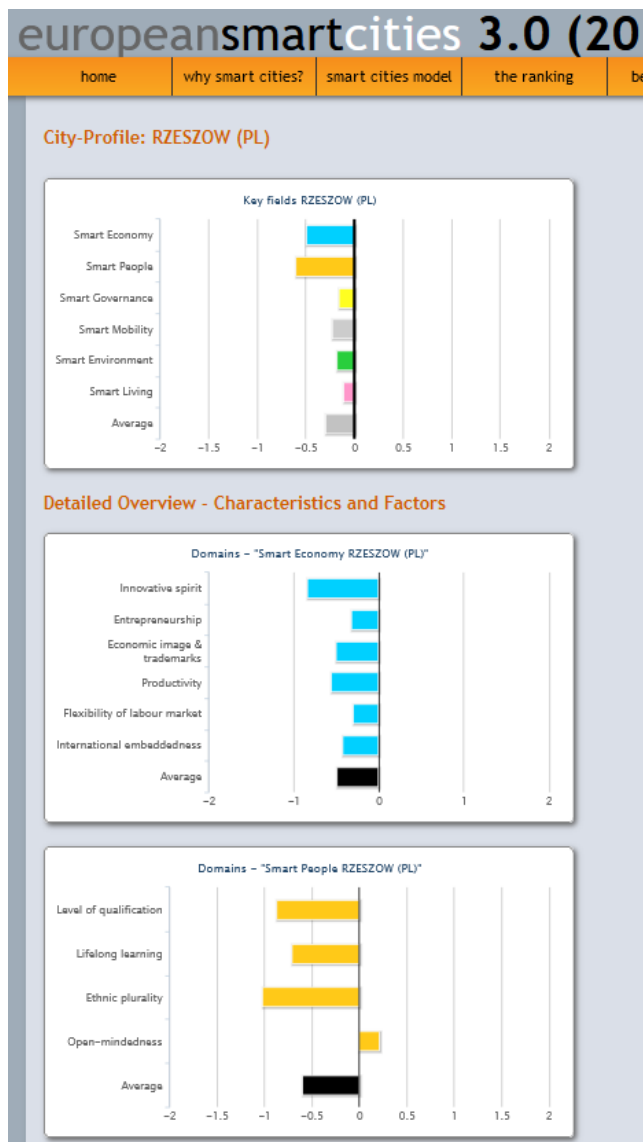
City	Eco	Peo	Gov	Mob	Env	Liv	Total
LU LUXEMBOURG	1	18	56	4	16	4	1
DK AARHUS	2	3	6	3	19	27	2
SE UMEAA	24	5	2	34	1	13	3
SE ESKILSTUNA	21	1	7	24	3	41	4
DK AALBORG	10	11	5	14	14	10	5
SE JOENKOEPIG	32	13	3	11	2	26	6
DK ODENSE	13	9	4	20	9	40	7
FI JYVÄSKYLÄ	23	8	1	47	5	25	8
FI TAMPERE	16	2	15	31	12	14	9
AT SALZBURG	27	24	29	2	27	1	10
FI TURKU	20	6	12	15	18	29	11
FI OULU	14	4	9	39	13	35	12
AT INNSBRUCK	35	27	26	12	6	3	13
AT LINZ	11	23	31	8	25	7	14
SI LJUBLJANA	6	7	34	33	21	21	15
AT GRAZ	26	21	33	9	28	2	16
NL EINDHOVEN	5	12	24	1	49	49	17
DE REGENSBURG	4	17	37	10	37	11	18
FR MONTPELLIER	29	20	16	46	4	30	19
BE GENT	15	29	27	6	41	9	20
NL GRONINGEN	18	14	11	30	54	12	21
NL NIMEGEN	28	10	8	18	57	43	22
FR NANCY	44	37	13	23	11	20	23
DE GOETTINGEN	19	15	25	40	42	18	24
FR POITIERS	47	38	10	44	8	15	25
FR CLERMONT-FERRAND	38	40	18	36	10	17	26
DE TRIER	30	33	19	16	48	19	27
DE KIEL	17	26	28	22	34	52	28
NL ENSCHEDE	36	19	23	17	61	33	29
DE ERFURT	22	28	30	7	51	38	30
UK CARDIFF	12	32	44	19	58	16	31
IE CORK	3	39	57	28	39	24	32
DE ROSTOCK	46	31	20	29	20	44	33
UK ABERDEEN	8	25	52	42	43	32	34
FR DIJON	52	41	21	41	7	22	35
UK PORTSMOUTH	9	30	42	13	65	53	36
BE BRUGGE	39	52	22	27	52	5	37
ES PAMPLONA	41	34	14	54	36	34	38

h1>europeansmartcities 3.0 (2014)

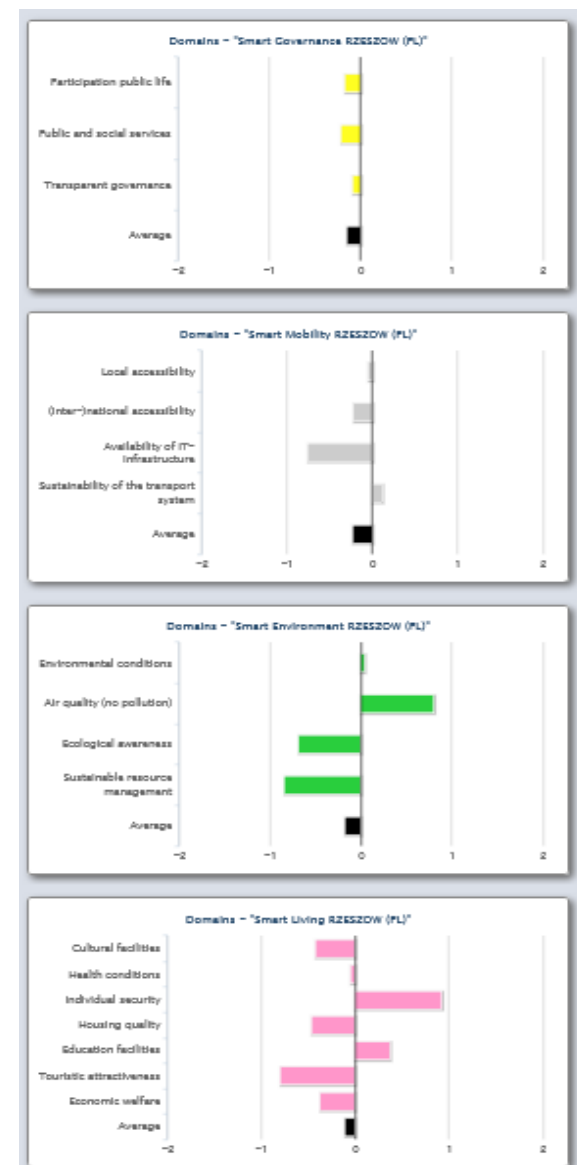
home why smart cities? smart cities model the ranking benchmarking

DE ERFURT	22	28	30	7	51	38	30
UK CARDIFF	12	32	44	19	58	16	31
IE CORK	3	39	57	28	39	24	32
DE ROSTOCK	46	31	20	29	20	44	33
UK ABERDEEN	8	25	52	42	43	32	34
FR DIJON	52	41	21	41	7	22	35
UK PORTSMOUTH	9	30	42	13	65	53	36
BE BRUGGE	39	52	22	27	52	5	37
ES PAMPLONA	41	34	14	54	36	34	38
UK LEICESTER	7	35	46	5	67	63	39
SI MARIBOR	42	22	43	49	15	51	40
EE TARTU	55	16	35	52	26	55	41
DE MAGDEBURG	49	36	36	35	44	31	42
ES SANTIAGO DE COMPOSTELA	48	56	38	59	32	6	43
ES VALLADOLID	50	47	32	53	24	37	44
UK STOKE-ON-TRENT	31	42	47	26	55	60	45
IT VENEZIA	33	63	68	32	59	8	46
ES OVIEDO	40	45	41	64	45	46	47
PT COIMBRA	72	50	17	71	17	36	48
IT VERONA	25	57	61	45	66	28	49
CZ PLZEN	51	43	73	38	63	23	50
CZ USTI NAD LABEM	53	53	69	25	50	54	51
IT TRENTO	43	48	74	62	30	39	52
IT TRIESTE	37	58	66	66	31	47	53
SK BANSKA BYSTRICA	73	51	48	58	33	48	54
PL RZESZOW	63	64	49	56	56	50	55
PL SZCZECIN	64	62	50	55	47	65	56
IT PERUGIA	57	54	65	68	53	42	57
LV LIEPAJA	56	49	71	21	40	75	58
SK NITRA	77	60	60	51	23	57	59
SK KOSICE	76	59	58	37	38	66	60
IT PADOVA	34	44	75	60	73	45	61
PL BYDGOSZCZ	60	68	54	50	64	64	62
HU GYOR	66	72	53	48	46	69	63
HU PECS	65	69	40	70	60	59	64
IT ANCONA	54	66	72	67	29	62	65
PL BIALYSTOK	68	67	45	61	72	61	66
LT KAUNAS	45	46	67	43	76	67	67
PL KIELCE	71	65	51	65	68	58	68
HU MISKOLC	69	71	39	63	69	70	69
PL SUWALKI	67	70	55	57	71	68	70
EL LARISA	58	61	76	74	22	74	71
BG RUSE	61	74	70	69	62	72	72
RO SIBIU	74	76	62	73	74	56	73
EL PATRAI	59	55	77	77	35	77	74
BG PLEVEN	62	73	64	76	70	73	75
RO TIMISOARA	70	75	63	72	75	71	76
RO CRAIOVA	75	77	59	75	77	76	77

Źródło: <https://smart-cities.eu/?cid=2&ver=3> (dostęp 30.05.2024 r.)



Źródło: <https://smart-cities.eu/?cid=2&ver=3> (dostęp 30.05.2024 r.)



Załącznik nr 3 – IESE Cities in Motion Index.

Ranking	City	Performance	ICIM	Ranking	City	Performance	ICIM
1	London - United Kingdom	A	100,00	62	Liverpool - United Kingdom	M	57,49
2	New York - USA	A	97,11	63	Warsaw - Poland	M	57,44
3	Paris - France	RA	84,29	64	Milan - Italy	M	57,42
4	Tokyo - Japan	RA	77,74	65	Nottingham - United Kingdom	M	56,93
5	Berlin - Germany	RA	75,66	66	Glasgow - United Kingdom	M	56,62
6	Singapore - Singapore	RA	72,63	67	Quebec City - Canada	M	56,22
7	Oslo - Norway	RA	72,55	68	Brussels - Belgium	M	56,04
8	Amsterdam - Netherlands	RA	72,22	69	Rome - Italy	M	55,81
9	San Francisco - USA	RA	70,77	70	Phoenix - USA	M	55,75
10	Chicago - USA	RA	70,70	71	Leeds - United Kingdom	M	55,72
11	Copenhagen - Denmark	RA	70,68	72	Tallinn - Estonia	M	55,04
12	Zurich - Switzerland	RA	69,43	73	Baltimore - USA	M	54,73
13	Seoul - South Korea	RA	69,21	74	San Antonio - USA	M	54,61
14	Munich - Germany	RA	68,91	75	Detroit - USA	M	54,53
15	Boston - USA	RA	68,28	76	Lisbon - Portugal	M	54,44
16	Hamburg - Germany	RA	67,92	77	Valencia - Spain	M	54,37
17	Washington - USA	RA	67,30	78	Las Vegas - USA	M	53,91
18	Stockholm - Sweden	RA	66,64	79	Marseille - France	M	53,79
19	Melbourne - Australia	RA	66,33	80	Tel Aviv - Israel	M	53,29
20	Madrid - Spain	RA	66,06	81	Dubai - United Arab Emirates	M	53,28
21	Beijing - China	RA	65,88	82	Antwerp - Belgium	M	53,03
22	Vienna - Austria	RA	65,86	83	Nice - France	M	52,69
23	Reykjavik - Iceland	RA	65,48	84	Osaka - Japan	M	52,39
24	Basel - Switzerland	RA	65,04	85	Linz - Austria	M	51,81
25	Rotterdam - Netherlands	RA	65,09	86	Nagoya - Japan	M	51,80
26	Helsinki - Finland	RA	64,68	87	Budapest - Hungary	M	51,22
27	Taipei - Taiwan	RA	64,60	88	Lille - France	M	50,96
28	Sydney - Australia	RA	64,32	89	Duisburg - Germany	M	50,85
29	Barcelona - Spain	RA	64,17	90	Málaga - Spain	M	50,27
30	Bern - Switzerland	RA	64,01	91	Santiago - Chile	M	49,96
31	Seattle - USA	RA	63,28	92	Riga - Latvia	M	49,73
32	Edinburgh - United Kingdom	RA	63,17	93	Istanbul - Turkey	M	49,71
33	Toronto - Canada	RA	62,90	94	Seville - Spain	M	49,62
34	Dublin - Ireland	RA	62,49	95	Vilnius - Lithuania	M	49,43
35	Frankfurt - Germany	RA	62,43	96	Zaragoza - Spain	M	49,42
36	Manchester - United Kingdom	RA	61,35	97	Moscow - Russia	M	49,14
37	Hong Kong - China	RA	61,30	98	Palma de Mallorca - Spain	M	48,59
38	Canberra - Australia	RA	61,12	99	Wrocław - Poland	M	48,57
39	Los Angeles - USA	RA	61,08	100	Turin - Italy	M	48,49
40	Geneva - Switzerland	RA	61,03	101	Bratislava - Slovakia	M	48,01
41	Eindhoven - Netherlands	RA	60,72	102	Ljubljana - Slovenia	M	47,91
42	Ottawa - Canada	RA	60,47	103	Bilbao - Spain	M	47,66
43	Dallas - USA	RA	60,36	104	A Coruña - Spain	M	47,41
44	Shanghai - China	RA	60,18	105	Porto - Portugal	M	46,85
45	Austin - USA	M	59,99	106	Zagreb - Croatia	M	46,82
46	Gothenburg - Sweden	M	59,95	107	Kuala Lumpur - Malaysia	M	46,81
47	San Diego - USA	M	59,83	108	Shenzhen - China	M	46,92
48	Houston - USA	M	59,73	109	Florence - Italy	M	46,72
49	Miami - USA	M	59,46	110	Murcia - Spain	M	46,27
50	Prague - Czech Republic	M	59,23	111	Athens - Greece	M	46,06
51	Denver - USA	M	59,16	112	Jerusalem - Israel	B	44,90
52	Cologne - Germany	M	59,15	113	Sofia - Bulgaria	B	44,70
53	Montreal - Canada	M	59,10	114	Bucharest - Romania	B	44,38
54	Wellington - New Zealand	M	59,06	115	Buenos Aires - Argentina	B	43,67
55	Lyon - France	M	59,00	116	Abu Dhabi - United Arab Emirates	B	43,64
56	Vancouver - Canada	M	58,80	117	Guangzhou - China	B	43,50
57	Düsseldorf - Germany	M	58,74	118	Kyiv - Ukraine	B	42,09
58	Stuttgart - Germany	M	58,70	119	Montevideo - Uruguay	B	40,78
59	Birmingham - United Kingdom	M	58,13	120	Mexico City - Mexico	B	40,72
60	Auckland - New Zealand	M	57,93	121	Doha - Qatar	B	40,20
61	Philadelphia - USA	M	57,81	122	Bangkok - Thailand	B	40,02

Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

Ranking	City	Performance	ICIM
123	Naples - Italy	B	20,00
124	Ankara - Turkey	B	19,16
125	Saint Petersburg - Russia	B	19,11
126	Tbilisi - Georgia	B	19,01
127	Panama - Panama	B	18,31
128	São Paulo - Brazil	B	17,81
129	Belgrade - Serbia	B	17,66
130	Ho Chi Minh City - Vietnam	B	16,58
131	Bogota - Colombia	B	15,62
132	Minsk - Belarus	B	15,19
133	Riyadh - Saudi Arabia	B	14,74
134	Rio de Janeiro - Brazil	B	13,82
135	Jakarta - Indonesia	B	13,37
136	Almaty - Kazakhstan	B	13,31
137	Medellin - Colombia	B	13,21
138	Kuwait City - Kuwait	B	12,93
139	Rosario - Argentina	B	12,47
140	Baku - Azerbaijan	B	11,92
141	Cape Town - South Africa	B	11,12
142	Manama - Bahrain	B	11,00
143	Astana - Kazakhstan	B	10,86
144	Lima - Peru	B	10,33
145	Bangalore - India	B	9,86
146	Tianjin - China	B	9,83
147	Cordoba - Argentina	B	9,78
148	Curitiba - Brazil	B	9,52
149	Delhi - India	B	9,12
150	Skopje - Macedonia	B	9,02
151	Call - Colombia	B	8,99
152	Mumbai - India	B	8,90
153	Novosibirsk - Russia	B	8,55
154	Tunis - Tunisia	B	7,76
155	Amman - Jordan	B	7,47

Ranking	City	Performance	ICIM
156	Brasília - Brazil	B	27,47
157	Quito - Ecuador	B	27,02
158	Johannesburg - South Africa	B	26,67
159	Sarajevo - Bosnia-Herzegovina	B	25,73
160	San Jose - Costa Rica	B	25,47
161	Belo Horizonte - Brazil	B	25,16
162	Cairo - Egypt	B	24,19
163	Santo Domingo - Dominican Republic	B	23,90
164	Salvador - Brazil	B	23,89
165	San Salvador - El Salvador	B	23,52
166	Asuncion - Paraguay	B	23,26
167	Casablanca - Morocco	B	23,05
168	Tehran - Iran	B	23,02
169	Guayaquil - Ecuador	B	22,61
170	La Paz - Bolivia	B	22,12
171	Rabat - Morocco	B	22,09
172	Santa Cruz - Bolivia	B	22,04
173	Nairobi - Kenya	B	22,01
174	Kolkata - India	B	21,13
175	Manila - Philippines	B	20,36
176	Guatemala City - Guatemala	B	18,12
177	Douala - Cameroon	B	17,02
178	Accra - Ghana	B	14,75
179	Kampala - Uganda	B	13,65
180	Lahore - Pakistan	B	13,18
181	Karachi - Pakistan	MB	10,90
182	Caracas - Venezuela	MB	10,61
183	Lagos - Nigeria	MB	4,77

Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

City	Economy	Human Capital	Social Cohesion	Environment	Governance	Urban Planning	International Profile	Technology	Mobility and Transportation	Cities in Motion
London - United Kingdom	4	1	36	24	3	1	1	53	4	1
New York - USA	1	2	112	105	8	2	3	10	3	2
Paris - France	11	3	71	53	16	13	2	18	6	3
Tokyo - Japan	3	16	50	34	10	43	16	9	49	4
Berlin - Germany	68	5	27	10	2	4	12	42	9	5
Singapore - Singapore	19	25	31	80	23	28	4	4	46	6
Oslo - Norway	18	29	17	2	15	47	37	27	15	7
Amsterdam - Netherlands	27	33	42	21	41	5	14	8	28	8
San Francisco - USA	2	30	108	142	54	18	34	5	145	9
Chicago - USA	7	6	93	118	31	17	6	14	33	10
Copenhagen - Denmark	28	48	6	3	18	39	25	22	19	11
Zurich - Switzerland	15	31	7	32	21	61	31	19	54	12
Seoul - South Korea	16	8	80	77	11	50	32	34	20	13
Munich - Germany	43	44	9	8	52	11	36	41	13	14
Boston - USA	10	4	66	121	17	34	44	6	100	15
Hamburg - Germany	75	18	35	13	36	3	59	58	17	16
Washington - USA	14	11	76	123	9	9	41	13	61	17
Stockholm - Sweden	39	50	49	6	34	60	40	17	14	18
Melbourne - Australia	32	9	16	48	14	76	13	57	113	19
Madrid - Spain	50	49	47	70	32	44	10	32	8	20
Beijing - China	8	20	129	170	45	51	22	49	1	21
Vienna - Austria	72	36	81	17	24	10	19	87	12	22
Reykjavik - Iceland	38	92	21	1	89	121	68	110	75	23
Basel - Switzerland	20	91	10	26	7	106	57	51	29	24
Rotterdam - Netherlands	41	42	37	45	46	6	92	29	18	25
Helsinki - Finland	45	60	22	9	22	16	54	61	42	26
Taipei - Taiwan	87	14	2	96	5	14	76	73	10	27
Sydney - Australia	42	13	20	46	19	87	11	48	117	28
Barcelona - Spain	81	34	84	68	25	15	15	54	11	29
Bern - Switzerland	36	71	8	28	1	77	79	25	60	30
Seattle - USA	9	23	70	106	40	29	46	30	107	31
Edinburgh - United Kingdom	51	17	1	12	62	83	50	60	96	32
Toronto - Canada	30	40	57	42	42	7	45	74	110	33

Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

City	Economy	Human Capital	Social Cohesion	Environment	Governance	Urban Planning	International Profile	Technology	Mobility and Transportation	Cities in Motion
Dublin - Ireland	12	95	40	47	76	67	30	107	76	34
Frankfurt - Germany	64	39	32	11	67	36	47	64	25	35
Manchester - United Kingdom	48	66	38	41	73	22	62	63	38	36
Hong Kong - China	85	26	162	95	27	41	8	1	50	37
Canberra - Australia	67	15	3	7	20	115	112	72	66	38
Los Angeles - USA	5	7	72	162	12	52	7	7	181	39
Geneva - Switzerland	25	106	26	43	6	109	48	35	103	40
Eindhoven - Netherlands	44	109	11	20	59	27	113	36	47	41
Ottawa - Canada	58	61	5	15	30	24	88	115	64	42
Dallas - USA	13	41	79	114	58	117	24	37	73	43
Shanghai - China	62	10	74	161	121	73	23	56	2	44
Austin - USA	17	28	69	113	51	23	83	24	108	45
Gothenburg - Sweden	53	72	44	4	72	54	90	39	53	46
San Diego - USA	21	27	65	124	13	55	53	31	105	47
Houston - USA	6	46	86	152	53	56	28	16	134	48
Miami - USA	23	19	92	154	48	79	9	38	101	49
Prague - Czech Republic	113	32	45	14	69	75	33	43	45	50
Denver - USA	22	35	85	130	60	58	39	11	92	51
Cologne - Germany	94	57	30	30	57	45	84	67	22	52
Montreal - Canada	56	53	24	38	86	20	38	101	112	53
Wellington - New Zealand	78	21	13	5	28	118	127	78	59	54
Lyon - France	47	52	53	57	74	37	85	50	43	55
Vancouver - Canada	57	105	25	23	97	12	52	70	91	56
Düsseldorf - Germany	83	51	34	22	82	71	89	69	21	57
Stuttgart - Germany	79	54	19	25	119	32	109	75	31	58
Birmingham - United Kingdom	52	65	28	37	68	78	106	95	37	59
Auckland - New Zealand	73	58	39	35	38	64	58	85	86	60
Philadelphia - USA	24	12	95	132	44	68	69	15	114	61
Liverpool - United Kingdom	61	68	15	27	66	85	91	68	67	62
Warsaw - Poland	88	69	111	65	4	21	66	81	34	63
Milan - Italy	71	22	91	91	95	66	26	102	24	64
Nottingham - United Kingdom	60	64	14	36	79	72	119	76	74	65
Glasgow - United Kingdom	82	62	12	29	71	65	72	83	109	66

Źródło: <https://www.iesc.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

City	Economy	Human Capital	Social Cohesion	Environment	Governance	Urban Planning	International Profile	Technology	Mobility and Transportation	Cities in Motion
Quebec City - Canada	70	78	4	18	49	53	122	116	106	67
Brussels - Belgium	76	108	87	72	43	33	56	86	23	68
Rome - Italy	84	70	104	92	26	63	18	112	35	69
Phoenix - USA	31	59	88	135	55	94	43	23	72	70
Leeds - United Kingdom	55	67	18	44	77	100	114	103	70	71
Tallinn - Estonia	111	79	23	33	85	35	104	47	68	72
Baltimore - USA	34	63	117	112	37	31	86	44	85	73
San Antonio - USA	35	24	115	107	47	81	81	40	102	74
Detroit - USA	26	38	124	145	61	30	74	20	125	75
Lisbon - Portugal	91	116	75	63	93	80	20	55	63	76
Valencia - Spain	99	104	48	55	39	70	102	52	32	77
Las Vegas - USA	29	56	125	122	50	62	60	33	115	78
Marseille - France	49	107	56	74	83	99	98	89	48	79
Tel Aviv - Israel	33	129	33	84	80	91	65	84	116	80
Dubai - United Arab Emirates	40	140	29	178	56	8	17	2	121	81
Antwerp - Belgium	90	75	51	73	105	57	107	118	40	82
Nice - France	63	112	83	58	96	113	73	12	93	83
Osaka - Japan	77	110	94	39	65	97	115	21	87	84
Linz - Austria	96	100	59	19	125	90	132	131	27	85
Nagoya - Japan	59	120	62	31	118	114	150	28	78	86
Budapest - Hungary	116	37	121	79	88	42	63	119	56	87
Lille - France	69	118	52	49	91	104	128	98	81	88
Duisburg - Germany	133	83	41	16	84	123	120	91	62	89
Málaga - Spain	123	74	78	59	106	88	118	104	30	90
Santiago - Chile	137	76	109	76	29	96	64	97	44	91
Riga - Latvia	114	55	103	40	132	38	130	134	58	92
Istanbul - Turkey	120	82	145	128	94	74	5	46	98	93
Seville - Spain	117	102	77	60	102	69	129	109	39	94
Vilnius - Lithuania	98	73	128	54	113	48	135	113	77	95
Zaragoza - Spain	112	93	60	62	127	89	145	80	41	96
Moscow - Russia	135	45	138	143	104	49	35	82	26	97
Palma de Mallorca - Spain	128	98	58	66	114	82	87	79	99	98
Wrocław - Poland	104	80	122	82	78	25	153	105	84	99

Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

Ciudad	Economy	Human Capital	Social Cohesion	Environment	Governance	Urban Planning	International Profile	Technology	Mobility and Transportation	Cities in Motion
Turin - Italy	119	84	96	81	128	40	121	127	36	100
Bratislava - Slovakia	141	89	54	56	99	59	137	129	65	101
Ljubljana - Slovenia	93	103	63	52	124	98	116	120	118	102
Bilbao - Spain	105	135	61	61	107	93	133	92	55	103
A Coruña - Spain	125	121	67	50	112	84	157	59	80	104
Porto - Portugal	103	142	55	64	87	133	103	71	71	105
Zagreb - Croatia	106	85	107	75	63	119	125	99	111	106
Kuala Lumpur - Malaysia	37	117	68	148	152	149	55	121	79	107
Shenzhen - China	92	144	134	159	149	101	100	62	5	108
Florence - Italy	130	81	119	86	130	102	96	117	51	109
Murcia - Spain	122	124	64	67	133	95	154	111	82	110
Athens - Greece	95	90	178	98	138	116	49	45	57	111
Jerusalem - Israel	65	145	73	83	70	130	67	132	143	112
Sofia - Bulgaria	129	88	114	93	75	138	136	93	52	113
Bucharest - Romania	110	96	118	90	151	105	94	106	97	114
Buenos Aires - Argentina	171	47	141	85	35	19	29	125	158	115
Abu Dhabi - United Arab Emirates	54	162	46	176	92	86	108	3	104	116
Guangzhou - China	115	136	101	160	131	125	82	66	7	117
Kyiv - Ukraine	107	101	174	100	64	26	141	128	129	118
Montevideo - Uruguay	143	131	106	51	111	122	131	123	124	119
Mexico City - Mexico	121	43	120	172	90	46	42	148	144	120
Doha - Qatar	74	179	43	164	158	92	80	26	95	121
Bangkok - Thailand	118	114	99	151	116	177	21	94	160	122
Naples - Italy	134	115	137	94	155	136	105	130	89	123
Ankara - Turkey	132	111	142	111	123	127	161	126	83	124
Saint Petersburg - Russia	165	77	160	144	33	124	78	88	90	125
Tbilisi - Georgia	80	126	144	110	110	162	149	122	119	126
Panama - Panama	108	151	102	101	154	140	99	156	88	127
São Paulo - Brazil	139	127	150	127	120	110	27	96	176	128
Belgrade - Serbia	140	94	155	87	141	159	126	100	135	129
Ho Chi Minh City - Vietnam	86	146	123	138	153	153	93	136	131	130
Bogota - Colombia	102	99	173	104	109	178	71	124	175	131
Minsk - Belarus	175	97	153	78	115	134	170	135	69	132

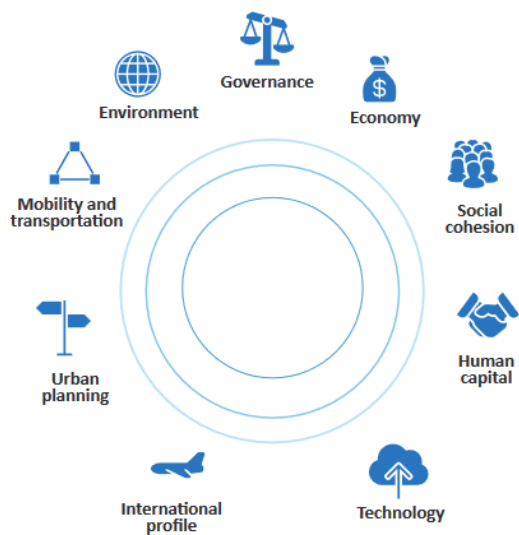
Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

Ciudad	Economy	Human Capital	Social Cohesion	Environment	Governance	Urban Planning	International Profile	Technology	Mobility and Transportation	Cities in Motion
Riyadh - Saudi Arabia	46	170	132	167	108	179	117	65	136	133
Rio de Janeiro - Brazil	160	123	172	108	98	107	75	138	150	134
Jakarta - Indonesia	124	147	90	165	81	131	61	140	177	135
Almaty - Kazakhstan	150	125	130	147	147	111	171	153	120	136
Medellin - Colombia	109	148	149	99	142	176	142	152	142	137
Kuwait City - Kuwait	100	176	98	157	157	120	148	90	148	138
Rosario - Argentina	181	86	139	69	140	103	164	141	163	139
Baku - Azerbaijan	127	134	113	149	171	157	152	139	141	140
Cape Town - South Africa	156	128	175	117	129	108	95	143	172	141
Manama - Bahrain	101	180	82	163	173	112	140	137	123	142
Astana - Kazakhstan	142	161	105	139	146	126	163	155	149	143
Lima - Peru	157	87	148	153	126	146	70	162	178	144
Bangalore - India	66	153	140	169	137	170	101	161	173	145
Tianjin - China	151	139	116	183	166	150	147	108	16	146
Cordoba - Argentina	180	137	135	71	143	132	156	145	165	147
Curitiba - Brazil	159	163	136	97	135	156	162	150	138	148
Delhi - India	97	152	167	177	122	141	51	164	133	149
Skopje - Macedonia	155	141	152	136	136	172	179	144	122	150
Cali - Colombia	126	160	151	102	139	180	180	157	169	151
Mumbai - India	89	169	165	171	148	160	97	159	128	152
Novosibirsk - Russia	169	119	164	150	117	155	176	133	137	153
Tunis - Tunisia	147	159	127	129	145	158	181	166	140	154
Amman - Jordan	146	167	157	146	100	128	134	173	161	155
Brasilia - Brazil	161	171	158	141	103	143	151	154	126	156
Quito - Ecuador	167	132	100	126	175	154	139	168	155	157
Johannesburg - South Africa	153	130	182	156	144	137	110	142	162	158
Sarajevo - Bosnia-Herzegovina	179	133	154	119	177	144	177	158	94	159
San Jose - Costa Rica	148	165	146	125	101	169	123	146	182	160
Belo Horizonte - Brazil	164	164	159	115	134	164	166	151	170	161
Cairo - Egypt	136	156	170	173	179	129	138	149	153	162
Santo Domingo - Dominican Republic	166	157	89	116	163	183	158	176	147	163
Salvador - Brazil	170	143	169	133	159	147	167	160	152	164
San Salvador - El Salvador	163	149	180	109	169	145	160	163	139	165

Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

City	Economy	Human Capital	Social Cohesion	Environment	Governance	Urban Planning	International Profile	Technology	Mobility and Transportation	Cities in Motion
Asuncion - Paraguay	176	155	131	103	167	173	168	170	132	166
Casablanca - Morocco	154	175	147	158	178	165	169	114	157	167
Tehran - Iran	182	122	176	155	161	135	111	147	171	168
Guayaquil - Ecuador	173	166	97	120	168	171	159	169	154	169
La Paz - Bolivia	178	154	126	89	176	163	174	178	151	170
Rabat - Morocco	168	182	156	140	172	167	178	77	168	171
Santa Cruz - Bolivia	174	150	110	88	180	175	172	177	146	172
Nairobi - Kenya	138	172	177	137	162	152	146	167	180	173
Kolkata - India	131	168	166	166	150	148	173	174	179	174
Manila - Philippines	152	138	171	179	160	161	77	165	174	175
Guatemala City - Guatemala	162	158	161	174	164	151	144	175	167	176
Douala - Cameroon	172	174	133	131	181	168	143	183	159	177
Accra - Ghana	177	178	163	168	156	181	155	171	156	178
Kampala - Uganda	158	183	143	175	165	166	165	181	164	179
Lahore - Pakistan	144	181	168	181	183	139	183	179	130	180
Karachi - Pakistan	145	177	181	182	182	142	182	172	166	181
Caracas - Venezuela	183	113	183	134	174	182	124	180	127	182
Lagos - Nigeria	149	173	179	180	170	174	175	182	183	183

Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)



Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

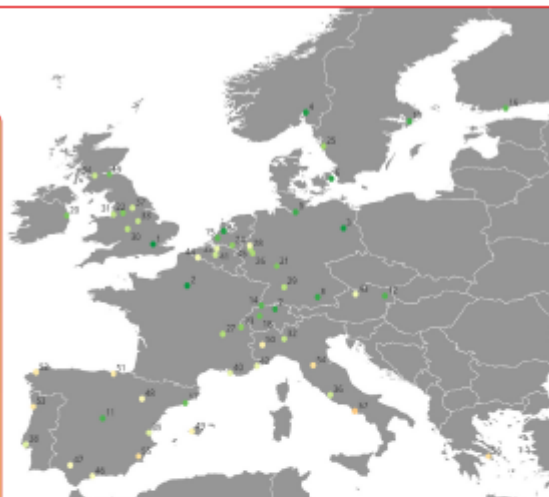
MOBILITY AND TRANSPORTATION

- Beijing - China
- Shanghai - China
- New York - USA
- London - United Kingdom
- Shenzhen - China
- Paris - France
- Guangzhou - China
- Madrid - Spain
- Berlin - Germany
- Taipei - Taiwan

Top 5 Western Europe

- 01- London
- 02- Paris
- 03- Berlin
- 04- Oslo
- 05- Amsterdam
- 06- Copenhagen
- 07- Zurich
- 08- Munich
- 09- Hamburg
- 10- Stockholm
- 11- Madrid
- 12- Vienna
- 13- Reykjavik
- 14- Basel
- 15- Rotterdam
- 16- Helsinki
- 17- Barcelona
- 18- Bern
- 19- Edinburgh
- 20- Dublin
- 21- Frankfurt
- 22- Manchester
- 23- Geneva
- 24- Eindhoven
- 25- Gothenburg
- 26- Cologne
- 27- Lyon
- 28- Düsseldorf
- 29- Stuttgart

- 30- Birmingham
- 31- Liverpool
- 32- Milan
- 33- Nottingham
- 34- Glasgow
- 35- Brussels
- 36- Rome
- 37- Leeds
- 38- Lisbon
- 39- Valencia
- 40- Marseille
- 41- Antwerp
- 42- Nice
- 43- Linz
- 44- Lille
- 45- Duisburg
- 46- Málaga
- 47- Seville
- 48- Saragossa
- 49- Palma de Mallorca
- 50- Turin
- 51- Bilbao
- 52- A Coruña
- 53- Porto
- 54- Florence
- 55- Murcia
- 56- Athens
- 57- Naples



City	Regional position	Global position 2021	Global position 2022	Global position 2023
London- United Kingdom	1	1	1	1
Paris- France	2	4	3	3
Berlin- Germany	3	5	5	5
Oslo- Norway	4	7	8	7
Amsterdam- Netherlands	5	8	7	8

Źródło: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0649-E.pdf> (dostęp 17.04.2025 r.)

Załącznik nr 4 – Kwestionariusz ankiety

Kwestionariusz ankiety dotyczący rozwiązań Internetu Rzeczy (IoT) dla smart city

Internet Rzeczy (IoT) to nie tylko technologia, ale powiązany ze sobą wzajemnie zbiór urządzeń, oprogramowania, usług i sposobów łączności, które muszą współdziałać ze sobą w ramach większego rozwiązania. W ten schemat wpisują się zarówno urządzenia **smart home** (pralki, roboty sprzątające, lodówki, wagi łazienkowe, telewizory, oczyszczacze powietrza czy żarówki), urządzenia typu *wearebles* jak smart zegarki czy opaski treningowe (smart bandy), jak i samochody z funkcjami **smart**. Podłączanie wszystkich smart urządzeń do Internetu tworzy mnóstwo nowych możliwości, ale również i zagrożeń. Okazuje się, że wiele tego typu urządzeń może nie być prawidłowo zabezpieczona przed atakami hakerskimi, jedynie zadbanie o aktualizację oprogramowania domowego routera, ale i wszystkich urządzeń typu smart uchroni nas przed nieszczęśliwym wypadkiem.

Koncepcja **Internetu Rzeczy (IoT)** wspiera rozwój *inteligentnego transportu* w środowisku miejskim. Korzyści płynące z lepszej łączności obejmują informacje dotyczące interakcji usług flotowych, stan sygnalizacji świetlnej i obsługę zgłoszeń. Stan ruchu (roboty drogowe, pogoda, wypadki, warunki drogowe itp.) również są skuteczniej przekazywane w połączonym systemie, porównywalnie jak oczekiwane zajęcie autobusów na pasach dla autobusów. Wiele technologii dostępnych online znacząco zmieni sposób przemieszczania się ludzi i transportu towarów w miastach. Zwiększenie inteligencji pojazdów, wprowadzanie systemów autonomicznych i komunikacji pojazdów poprawi bezpieczeństwo, płynność ruchu i zmniejszy emisję spalin. Technologie komunikacji pojazdów zmieniają obecnie funkcjonujące w pojazdy w inteligentne i aktywne podmioty w inteligentnym systemie transportu inteligentnego miasta. Komunikacja pojazdów pomiędzy poszczególnymi inteligentnymi pojazdami oraz pomiędzy pojazdami i centralnym systemem sterowania ruchem zwiększy płynność ruchu, tworząc inteligentny, zunifikowany system, który utrzymuje stałą prędkość i określa odległość pomiędzy pojazdami. Przepustowość i wydajność paliwowa znacznie wzrosną, a jednocześnie zmniejszy się liczba wypadków i poziom zanieczyszczeń.

Celem ankiety jest poznanie opinii Pana/Pani na temat wykorzystania przez Pana/Panią **Internetu Rzeczy (IoT)** w życiu codziennym jako mieszkańca miasta. Ankieta jest anonimowa. Bardzo dziękujemy za szczere odpowiedzi.

1. Czy znane jest Panu/Pani rozwiązanie technologiczne Internet Rzeczy (IoT) dla mieszkańców miast?

☐ tak
☐ nie

2. Za pośrednictwem jakich urządzeń korzysta Pan/Pani z Internetu Rzeczy (IoT)?

☐ aplikacje mobilne
☐ smartfony
☐ urządzenia mobilne
☐ inne, jakie.....

3. Na jakiej płaszczyźnie korzysta Pan/Pani z rozwiązań Internetu Rzeczy (IoT)?
- ☐ prywatna
 - ☐ zawodowa
 - ☐ prywatna i zawodowa
 - ☐ żadna z powyższych
 - ☐ inna, jaka.....
4. Czy według Pana/Pani urządzenia Internetu Rzeczy (IoT) dobrze spełniają obecnie swoją rolę?
- ☐ tak
 - ☐ nie
5. Czy według Pana/Pani urządzenia Internetu rzeczy (IoT) są zaprojektowane w taki sposób, aby zwiększyć komfort z ich korzystania?
- ☐ tak
 - ☐ nie
6. Proszę o zaznaczenie przez Pana/Panią, które z rozwiązań Internetu rzeczy (IoT) dla mieszkańców miast w aspekcie transportu publicznego są Panu/Pani znane?
- ☐ inteligentny transport
 - ☐ optymalizacja zużycia energii
 - ☐ system transportu miejskiego
 - ☐ inteligentne systemy parkingowe
 - ☐ inne, jakie.....
7. Czy w czasie korzystania przez Pana/Panią rozwiązań Internetu rzeczy (IoT) poczuł/-a Pan/Pani zagrożenie?
- ☐ tak
 - ☐ nie
8. Jeśli TAK, proszę o określenie zagrożeń jakich dotyczą?
- ☐ bezpieczeństwo danych
 - ☐ bezpieczeństwo aplikacji
 - ☐ bezpieczeństwo prawne i regulacyjne
 - ☐ innej, jakie.....
9. Które z niżej wymienionych korzyści są dla Pana/Pani istotne z perspektywy Internetu rzeczy (IoT):
- ☐ oszczędność zużycia energii
 - ☐ większe poczucie kontroli nad urządzeniami i sprzętami
 - ☐ możliwość dzielenia się informacjami z bliskimi
 - ☐ lepsze planowanie podróży po mieście
 - ☐ inne, jakie.....
10. Które z niżej wymienionych komponentów są dla Pana/Pani najważniejsze z perspektywy Internetu rzeczy (IoT):
- ☐ bezpieczeństwo

- ☐ niezawodność
- ☐ certyfikacja
- ☐ energochłonność
- ☐ inne, jakie.....

11. Które z niżej wymienionych korzyści inteligentnego transportu są dla Pana/Pani najważniejsze z perspektywy Internetu rzeczy (IoT):

- ☐ zwiększenie przepustowości infrastruktury transportowej
- ☐ poprawa bezpieczeństwa
- ☐ skrócenie czasu podróży
- ☐ ograniczenie zużycia paliwa i energii
- ☐ poprawa efektywności transportu publicznego
- ☐ inne, jakie.....

12. W których z wymienionych elementów według Pana/Pani nastąpi największe wykorzystanie rozwiązań Internetu rzeczy (IoT) w ciągu najbliższych 5 lat w transporcie miejskim?

	Zdecydowanie tak	Raczej tak	Trudno powiedzieć	Raczej nie	Zdecydowanie nie
inteligentne przystanki transportu publicznego (obiekty zasilane energią słoneczną, dostarczanie aktualnych informacji pasażerom, hotspot, wyposażone w technologię rozpoznawania niebezpiecznych sytuacji ostrzegania służb ratunkowych)					
informacja o strefach z ograniczonym ruchem pojazdów kołowych					
systemy motywujące do redukcji wykorzystania prywatnych środków transportu					
integracja różnych środków transportu					
transport współdzielony					
autonomiczne pojazdy					

13. Rozwiązania Internetu Rzeczy (IoT) dla transportu miejskiego mogą napotkać wiele barier z obszaru otoczenia, które z niżej wymienionych według Pana/Pani mogą mieć istotną trudność w procesie implementacji:

	Zdecydowanie tak	Raczej tak	Trudno powiedzieć	Raczej nie	Zdecydowanie nie
organizacyjne (zaprojektowanie, ogłoszenie przetargu, sfinalizowanie wdrożenia)					
finansowe					
strategiczne					
realizacyjne łączenie łańcucha wartości w infrastrukturze					
kompetencje, wiedza i świadomość jednostek samorządowych					

14. Kto według Pana/Pani powinien być właścicielem danych gromadzonych przez urządzenia Internetu Rzeczy (IoT)?

- ☐ użytkownicy, do których należą dane
☐ firmy – które implementują systemy Internetu rzeczy (IoT)
☐ inne, jakie.....,

15. Proszę o zaznaczenie wartości dla każdego czynnika, który Pana/Pani zdaniem, przyspieszyłby rozwój modelu inteligentnego miasta w obszarze transportu?

	Zdecydowanie tak	Raczej tak	Trudno powiedzieć	Raczej nie	Zdecydowanie nie
normy (m.in. ISO/IEC 27000)					
certyfikaty [m.in.: Cisco Certified Network Associate (CCNA), Microsoft Azure IoT Developer, Certified Internet of Things Security (ITS)]					
łatwość opracowania (doskonalenie obecných narzędzi oraz inteligentne					

<i>mechanizmy systemów sieciowych dla potrzeb Internetu rzeczy)</i>					
otwarte standardy (w ujęciu transferu pakietów danych za pośrednictwem sieci lokalnej lub Internetu)					
standard łączności (np.: GSM, 3G, 5G, NFC, RFID)					
polityka prywatności danych					
pobór energii					
bezpieczeństwo danych					

16. Proszę o wyrażenie opinii czy uważa Pan/Pani, że urządzenia oparte na technologii Internetu Rzeczy (IoT) są efektywne w swoim działaniu?

17. Proszę o wyrażenie opinii czy w niedalekiej przyszłości skłania się Pan/Pani, do zakupu lub wykorzystania kolejnych urządzeń Internetu Rzeczy (IoT) i dlaczego?

18. Z infrastruktury którego miasta z podanych poniżej korzysta Pan/Pani na co dzień (można zaznaczyć kilka odpowiedzi)?

- ☐ Gdańsk
- ☐ Kraków
- ☐ Łódź
- ☐ Poznań
- ☐ Szczecin
- ☐ Warszawa
- ☐ Wrocław
- ☐ Zielona Góra
- ☐ inne, jakie.....

Metryczka

1. Wiek:
☐ 20-30 lat
☐ 31-40 lat
☐ 41-50 lat
☐ powyżej 50 lat
2. Płeć:
☐ mężczyzna
☐ kobieta
3. Wykształcenie:
☐ podstawowe
☐ zawodowe
☐ średnie
☐ student
☐ wyższe
4. Wielkość miejscowości, której Pan/Pani mieszka aktualnie:
☐ wieś
☐ miasto do 50 tys. mieszkańców
☐ miasto od 50 tys. do 100 tys. mieszkańców
☐ miasto od 100 tys. do 500 tys. mieszkańców
☐ miasto powyżej 500 tys. mieszkańców

Załącznik nr 5 – Kwestionariusz ankiety walidacyjnej modelu MZTPIoT v.1.2

Instrukcja postępowania dla eksperta

Narzędzia główneWstawRysowanieUkład stronyFormułyDaneRecenzjaWidokAutomatyzacja

WytnijKopiujeFormat

Calibri (Tekst pods...11A[^]A_v

BBIU_v

Wklej

Format

Wyrównanie do lewej

Wyrównanie do środka

Wyrównanie do prawej

Wyrównanie do zera

Podkreślenie

Linia podkreślenia

Linia podkreślenia i kolor

Zawijaj tekst

Scal i wyrównuj

Walutowe

Formatowanie warunkowe

Formatuj jako tabelę

Style komórek

Wstaw

Usuń

Formatuj

Autosumowanie

Wypełnij

Wyczyść

Sortuj i filtruj

Znajdź i zaznacz

Poufność

Dodatki

KomentarzeUdostępnij

B14

X✓fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3											
4											
5				Szanowny Ekspercie,							
6				poniżej przesyłam instrukcje postępowania z modelem MZTPloT v.1.2							
7				Instrukcja postępowania z modelem:							
8				1 Abstrakt - zwięźle przybliżenie tematyki modelu MZTPloT.							
9				2 Arkusz pt.: "Schemat graficzny" zawiera rysunek modelu MZTPloT wraz z czterema modułami połączonych ze sobą relacjami.							
10				Kolejne arkusze zawierają moduły wraz komponentami: - Moduł Infrastruktura i Technologia, 3 - Moduł Interesariuszy, - Moduł Procesualny, - Moduł Strategiczny.							
11				4 Państwa zadaniem jako eksperta będzie odpowiedzenie na pytanie czy dany komponent modułu jest właściwie umiejscowiony - wybraniu z listy rozwijalnej odpowiedzi "TAK" lub "NIE", jeśli wg. Państwa oceny nie wpisują się w dany component - w kolumnie "Uwagi" - krótkie uzasadnienie. Filmik instruktażowy obok pod linkiem.							Filmik instruktażowy
12				5 Kolumna o nazwie "Propozycja wskaźnika..." - jeżeli w Państwa oceny powinien być określony.							
13				6 Jeżeli uważają Państwo, że w którymś modułach brakuje istotnego elementu - proszę o dopisanie w kolejnym wierszu.							
14				7 Po zakończeniu pracy, zwracam się z uprzejmą prośbą o przesłanie uzupełnionego pliku do dnia 23.04.2024 r., na adres e-mail:							krzysztof.labedzki@pw.edu.pl
15				8 Dziękuję za poświęcony czas oraz udzielone odpowiedzi.							
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											

Instrukcja

Abstrakt

Schemat graficzny

Infrastruktura_i_Technologie

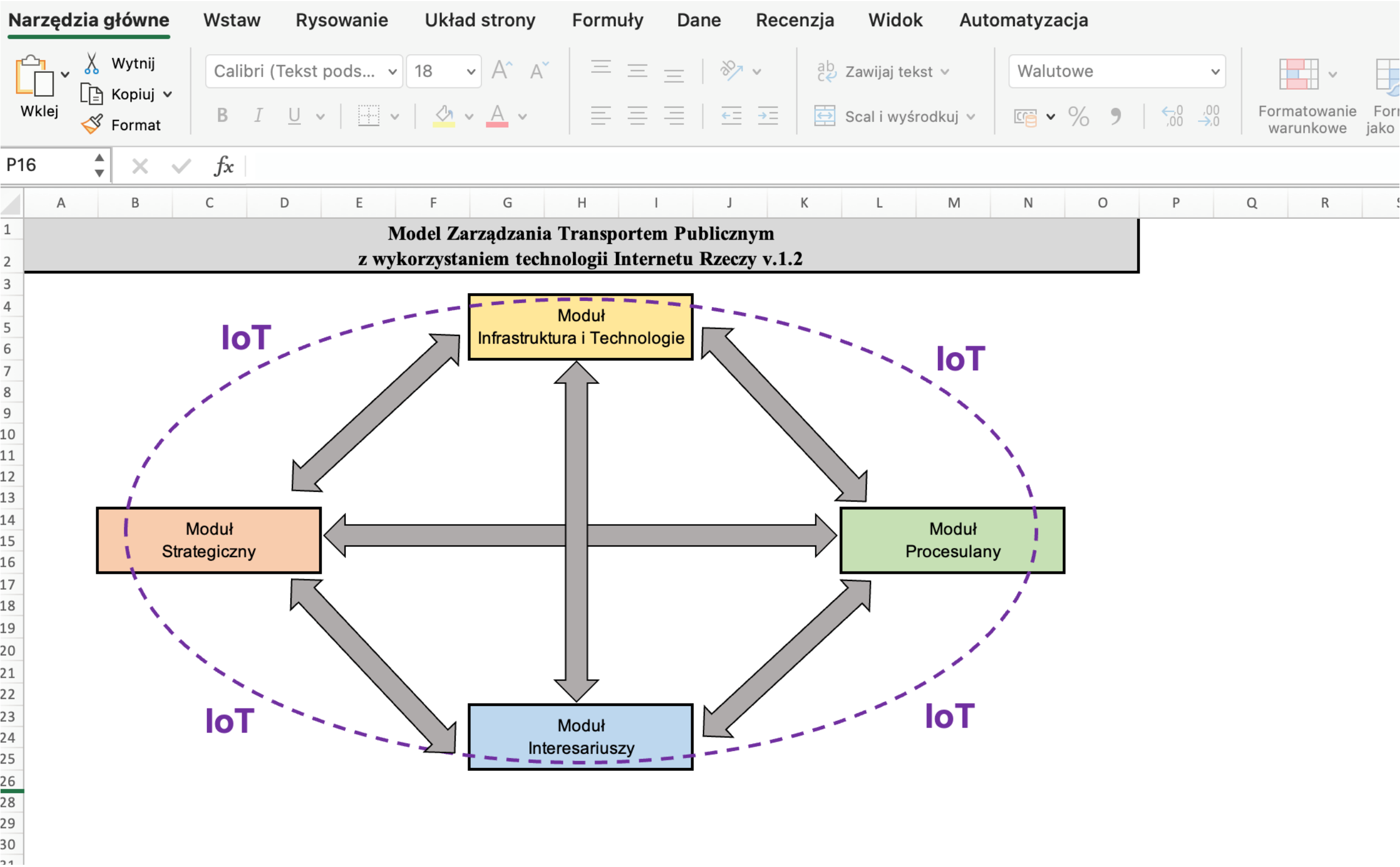
Interesariuszy

Procesualny

Strategiczny

+

Źródło: opracowanie własne



Źródło: opracowanie własne

Narzędzia główne

WstawRysowanieUkład stronyFormułyDaneRecenzjaWidokAutomatyzacja

Wklej

Wynij

Kopiuj

Format

Arial

11

A⁺

A⁻

ab

Zawijaj tekst

Scal i wyródkuj

Ogólne

Formatowanie warunkowe

Formatuj jako tabelę

Style komórki

Wstaw

Usuń

Formatuj

Autosumowanie

Wypełnij

Wyczyść

G10

To umożliwiał pasażerom śledzenie rozkładów jazdy, dostęp do informacji o bieżącej sytuacji na trasie oraz płatności online. Poprawienie dostępu do danych i zasobów.

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															

Instrukcja

Abstrakt

Schemat graficzny

Infrastruktura i Technologie

Interesariuszy

Procesualny

Strategiczny

+

Wklej

Wynij

Kopiu

Format

Arial

11

A

A

B

I

U

ab

cc

Zawijaj tekst

Ogólne

Formatowanie warunkowe

Formatuj jako tabelę

Style komórki

Σ

Autosumowanie

Wypełnij

Wyczyść

Sortuj i filtruj

Znajdź i zaznacz

Poufność

Doda

Komentarze

Wstaw

Rysowanie

Układ strony

Formuły

Dane

Recenzja

Widok

Automatyzacja

310

fx

Pasażerowie to użytkownicy systemu transportu publicznego, którzy korzystają z usług przewoźników.

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Moduł Interesariuszy modelu MZTPIoT v.1.1 (definiuje role oraz wymagania wobec urzędników, komórek organizacyjnych oraz mieszkańców – wpływają lub korzystają z analityki predykcyjnej)										
	Ip.	Komponent	Krótką charakterystyką komponentu	Rekomendowany	Propozycja wskaźnika, jeśli występuje (np. ilość pobrania) lub propozycja wskaźnika	Uwagi					
	1	Operatorzy transportu publicznego	Operatorzy zarządzają flotą pojazdów i infrastrukturą transportu publicznego								
	2	Pracownicy Obsługi Technicznej Transportu	Pracownicy obsługi technicznej są odpowiedzialni za utrzymanie i naprawy pojazdów oraz infrastruktury transportu publicznego.								
	3	Organy administracyjne właściwe terytorialnie	Nadzorują system transportu publicznego w wyznaczonym obszarze.								
	4	Dostawcy rozwiązań IT	Firmy technologiczne dostarczają urządzenia IoT, oprogramowanie i infrastrukturę komunikacyjną, aplikacje, systemy biletowe.								
	5	Pasażerowie	Pasażerowie to użytkownicy systemu transportu publicznego, którzy korzystają z usług przewoźników.								
	6	Organizacje i stowarzyszenia ekologiczne	Organizacje środowiskowe dbają o ochronę środowiska naturalnego i promują zrównoważony rozwój.								
	7	Regulatorzy ds. transportu i komunikacji	Regulatorzy to jednostki, które mogą kontrolować, regulować lub w inny sposób oddziaływać na politykę miejską m.in.: ustawodawca, UTK, ITD. Itp.								

Instrukcja

Abstrakt

Schemat graficzny

Infrastruktura i Technologie

Interesariuszy

Procesualny

Strategiczny

+

Źródło: opracowanie własne

230

Arkusz Komponentu Procesualny Modelu Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy v.1.2.

Narzędzia główne

WstawRysowanieUkład stronyFormułyDaneRecenzjaWidokAutomatyzacja

Wklej

Wytnij

Kopiuj

Format

Arial

11

A⁺

A⁻

ab

Zawijaj tekst

Ogólne

Formatowanie warunkowe

Formatuj jako tabelę

Style komórki

Wstaw

Usuń

Formatuj

G12

fx

Systematyczne, niezależne i udokumentowane badanie, jakim jest proces auditu,

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														

Instrukcja

Abstrakt

Schemat graficzny

Infrastruktura_i_Technologie

Interesariuszy

Procesualny

Strategiczny

+

Źródło: opracowanie własne

231

Arkusze komponentu Moduł strategiczny Modelu Zarządzania Transportem Publicznym z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy v.1.2.

Wklej

Wytnij

Kopiuj

Format

Arial

11

A[^]

A_v

B

I

U

Zawijaj tekst

Ogólne

Formatowanie warunkowe

Formatuj jako tabelę

Style komórki

Wstaw

Usuń

Formatuj

Autosumowanie

Wypełnij

Wyczyść

Sortuj i filtruj

Znajdź i zaznacz

Poufność

Dodatki

Komentarze

Ud

G13

✕

✓

fx

Podjmowanie decyzji i działania na podstawie wyników analiz.

	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														

Instrukcja

Abstrakt

Schemat graficzny

Infrastruktura_i_Technologie

Interesariuszy

Procesualny

Strategiczny

+

Źródło: opracowanie własne