

Kodeks Dobrych Praktyk (cz. VII)

Architektura systemów ITS

Szanowni Państwo !

Niniejszy dokument został opracowany przez Komitet ds. Architektury i Standaryzacji ITS (KASI), działający przy Stowarzyszeniu ITS POLSKA. Przewodniczącym Komitetu jest dr hab. inż. Tomasz Kamiński. KASI jest platformą współpracy wiodących firm, ekspertów i organizacji członkowskich działających w ramach Stowarzyszenia i prowadzi prace standaryzacyjne i normalizacyjne w obszarze ITS od maja 2014 r. Głównym celem Komitetu jest dążenie do uporządkowania wdrażania i upowszechnianie najlepszych standardów i dobrych praktyk w zakresie Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) w naszym kraju. Dzięki KASI możliwa jest wymiana wiedzy i doświadczeń między uczestnikami tego stale rozwijającego się rynku. W ramach swojej działalności Komitet inicjuje i koordynuje działania w zakresie standaryzacji inteligentnych rozwiązań w transporcie oraz współpracuje z kluczowymi instytucjami zajmującymi się ich wdrażaniem. Komitet ma charakter otwarty, a udział w nim jest dobrowolny.

W ramach poprzednich Kodeksów Dobrych Praktyk opisane zostały potencjalne elementy systemów ITS i proces wdrożenia. Zwrócono uwagę na poszczególne aspekty, które z jednej strony umożliwiają uzyskanie efektu końcowego w postaci wysokiej jakości, nowoczesnego systemu ITS, w ramach którego użyte zostały właściwie dobrane, najnowsze dostępne technologie, a z drugiej strony proces wdrożenia i utrzymania systemu został przeprowadzony w sposób uwzględniający najlepsze dotychczasowe doświadczenia związane z wdrażaniem ITS w Polsce. Dotyczą one sposobu planowania, prowadzenia procesu inwestycyjnego, etapu wdrożenia, utrzymania i rozwoju systemu.

W ramach niniejszego dokumentu, przedstawiono ważny aspekt jakim jest zastosowanie architektury systemu ITS. Umożliwia ona uporządkowanie procesu projektowania, właściwą organizację struktury systemu, jak również spójne podejście do procesu wdrożenia. W ten sposób realizowany jest etap, w którym określone są potrzeby wszystkich uczestników systemu ITS (analiza potrzeb), następnie proponowane są rozwiązania organizacyjne i funkcjonalne (architektura funkcjonalna) odpowiadające zidentyfikowanym wcześniej potrzebom. W ramach kolejnego etapu prac wybierane są techniczne rozwiązania i urządzenia (architektura fizyczna), zapewniające fizyczną realizację wspomnianych rozwiązań funkcjonalnych. Architektura systemu ITS stanowi ostatecznie układ powiązanych ze sobą elementów służących realizacji określonych wcześniej zadań, wynikających ze zidentyfikowanych potrzeb.

Proces wdrożenia systemu ITS, zrealizowany w opisany powyżej sposób, zapewnia wsparcie procesów i odpowiada potrzebom wszystkich interesariuszy systemu. Umożliwia także dobór rozwiązań, które na poziomie technicznym realizują te potrzeby. W pracach nad dokumentem wykorzystano dotychczasowe najlepsze doświadczenia w zakresie wdrażania rozwiązań ITS.

Zapraszamy do lektury !

I. WPROWADZENIE

1. Potrzeba stosowania architektury ITS

Niezależnie od wielkości systemu ITS, rozumianego jako obszar jego działania, liczba i rodzaj zastosowanych podsystemów lub liczba realizowanych funkcji związanych z zarządzaniem ruchem i świadczeniem usług dodatkowych – proces jego wdrażania jest w mniejszym lub większym stopniu usystematyzowany. Nawet w przypadku, kiedy Wdrażający system, formalnie nie stosuje usystematyzowanego (określonego w normach i standardach) procesu wdrażania i nie tworzy kolejnych dokumentów określonych w ramach uporządkowanego podejścia, w rzeczywistości tworzy architekturę systemu. Należy jednak zwrócić uwagę, że tego typu podejście może skutkować pominięciem niektórych interesariuszy i ich potrzeb, co w efekcie może prowadzić do opracowania systemu, który nie będzie w optymalny sposób spełniał swoich zadań. Z tego względu zaleca się

stosowanie usystematyzowanego procesu wdrażania ITS i co najmniej wybranych elementów architektury.

Wdrożenie może być prowadzone z zastosowaniem jednej z dostępnych architektur, która systematyzuje zarówno proces, jak i standaryzuje dokumenty, które są jego efektem. W niektórych projektach stosowana jest europejska ramowa architektura FRAME oraz jej rozszerzenie – FRAME NEXT lub stosowana jest narodowa amerykańska architektura systemów ITS. Są to dwie najbardziej rozpowszechnione architektury Inteligentnych Systemów Transportowych. FRAME NEXT obejmuje nowe usługi ITS, takie jak C-ITS, MaaS oraz przygotowanie infrastruktury dla pojazdów autonomicznych. Dodatkowo w ramach FRAME powstały narzędzia informatyczne, które wspierają proces opracowania architektury systemu, zapewniając spójność takiego podejścia i obejmują etapy – począwszy od określenia potrzeb interesariuszy, aż po opracowanie rozwiązania docelowego w postaci elementów i fizycznych rozwiązań realizujących poszczególne funkcjonalności systemu. Narzędzia informatyczne „prowadzą” użytkownika FRAME przez proces opracowania architektury, dbając m.in. o to, żeby każdej ze zidentyfikowanych potrzeb, odpowiadało odpowiednie rozwiązanie funkcjonalne a następnie, realizujące je rozwiązanie techniczne. W ramach gotowego opracowania powstaje określony zbiór dokumentów opisujących przyjęte rozwiązania i technologie. Takie podejście, z jednej strony zapewnia spójność systemu i powoduje, że opracowana dokumentacja jest kompletna i wyczerpująca, a z drugiej strony zwiększa nakład pracy związanej z opracowaniem wymaganych dokumentów. Co więcej wymaga ono odpowiedniego przygotowania do całego procesu w postaci szkoleń związanych z zastosowaniem architektury, w tym szkoleń, w zakresie praktycznego procesu obsługi wspomnianego oprogramowania komputerowego. Może to znacznie wydłużyć proces opracowania architektury, natomiast zaletą jest stosunkowo łatwa modyfikacja opracowanych rozwiązań, przy zachowaniu ich spójności.

Pośrednim rozwiązaniem jest zastosowanie usystematyzowanego podejścia, ale bez nadmiernie sformalizowanego i rozbudowanego procesu, w ramach którego jest stosowana jedna ze wspomnianych wcześniej architektur. Wówczas opracowanie architektury ITS obejmuje główne etapy polegające na:

- identyfikacji grup interesariuszy systemu,
- identyfikacji potrzeb grup interesariuszy,
- opracowaniu koncepcji i architektury funkcjonalnej, zapewniającej integralność, bezpieczeństwo i otwartość systemu,
- opracowaniu architektury fizycznej, służącej technicznej realizacji określonych wcześniej funkcjonalności,
- doborze rozwiązań technicznych, w tym poszczególnych urządzeń.

2. Rola architektury ITS

Architektura ITS powinna spełniać trzy główne założenia:

- określać strukturę systemu ITS, tj. rodzaj elementów składowych i ich wzajemne powiązania,
- określać zakres i przepływ danych w ramach systemu, w tym zakres ich archiwizacji,
- zapewniać interoperacyjność rozwiązania ITS z systemami zewnętrznymi.

Obecnie w Polsce systemy ITS budowane są jako niezależne rozwiązania działające zazwyczaj w obrębie pojedynczego miasta (wyjątkiem jest np. system Tristar działający w Trójmieście czy Krajowy System Zarządzania Ruchem), co nie zapewnia przepływu danych między systemami i wykorzystania dodatkowych, wynikających z tego, możliwości. Zapewnienie przepływu danych między systemami nie jest konieczne, jednak przekazywanie danych między sąsiadującymi ze sobą terytorialnie lub połączonymi funkcjonalnie systemami ITS rozszerza możliwości w zakresie

zarządzania ruchem, w tym informowania użytkowników systemów o możliwych utrudnieniach i trasach alternatywnych. Nowe wdrożenia ITS mogą wykorzystywać europejski standard wymiany danych DATEX II, zgodnie z Dyrektywą ITS 2010/40/UE oraz jej nowelizacją 2023/2661, co zapewnia interoperacyjność na poziomie krajowym i europejskim. Nie została również do tej pory opracowana krajowa architektura ITS.

II. EUROPEJSKA RAMOWA ARCHITEKTURA FRAME I FRAME NEXT

Europejska ramowa architektura ITS (FRAME) została opracowana w celu wspierania państw członkowskich Unii Europejskiej w planowaniu, projektowaniu i wdrażaniu inteligentnych systemów transportowych, w sposób spójny i interoperacyjny. Stanowi ona ogólny model odniesienia, który pozwala krajom, regionom i miastom budować swoje własne architektury ITS, zgodne z jednolitymi wytycznymi, umożliwiając pełną interoperacyjność systemów i integrację danych na poziomie europejskim, umożliwiając współpracę między systemami. Architektura FRAME nie jest przy tym oficjalnym, wymaganym standardem europejskim, którego stosowanie jest obowiązkowe.

1. Cechy i założenia FRAME

Ramowa architektura FRAME:

- dostarcza jednolitą strukturę logiczną opisującą funkcje ITS, ich wzajemne relacje oraz wymianę informacji,
- nie jest specyficznym projektem technologicznym, lecz metodycznym podejściem, które można dostosować do lokalnych warunków,
- umożliwia tworzenie tzw. National i Regional ITS Architectures (narodowych i regionalnych architektur), w tym architektur regionalnych, miejskich i przeznaczonych dla konkretnych projektów,
- wspiera identyfikację potrzeb interesariuszy, projektowanie funkcji systemu i definiowanie przepływów danych.

FRAME obejmuje:

- architekturę funkcjonalną – zbiór funkcji podzielonych na tzw. Functional Areas i Functional Viewpoints (obszar funkcjonalny i widok obszaru funkcjonalnego),
- architekturę informacyjną – definicję wymiany danych między funkcjami,
- architekturę organizacyjną – rolę poszczególnych aktorów (uczestników) systemu,
- architekturę komunikacyjną – powiązania komunikacyjne między komponentami.

FRAME opiera się na neutralności technologicznej – nie narzuca konkretnych protokołów ani urządzeń, pozostawiając swobodę ich wyboru w procesie projektowym.

2. Rozwój – FRAME NEXT

W odpowiedzi na zmiany technologiczne i potrzeby rynku, projekt FRAME został zaktualizowany w ramach inicjatywy **FRAME NEXT**. Nowa wersja posiada następujące atrybuty:

- uwzględnia nowe usługi ITS, w tym kooperatywne systemy C-ITS (Cooperative Intelligent Transportation Systems – systemy współpracujące), pojazdy autonomiczne

i rozwiązania MaaS (ang. Mobility as a Service – mobilność jako usługa) oraz wykorzystanie standardów wymiany danych, takich jak DATEX II,

- została dostosowana do dyrektyw UE, w tym Dyrektywy ITS (2010/40/UE) i jej nowelizacji (2023/2661),
- oferuje bardziej elastyczne podejście do modelowania architektury w oparciu o koncepcję Building Blocks,
- zapewnia interaktywne narzędzia online do tworzenia i dokumentowania architektur,
- kładzie większy nacisk na interoperacyjność i standaryzację wymiany danych.

Istotną częścią FRAME NEXT jest **Repository**, czyli repozytorium komponentów i wzorców, z którego mogą korzystać projektanci ITS. Zawiera ono aktualne moduły funkcjonalne, gotowe modele przepływu danych i schematy integracji usług ITS zgodnych z europejskimi standardami.

3. Korzyści z zastosowania FRAME / FRAME NEXT

Zastosowanie europejskiej architektury FRAME i FRAME NEXT pozwala na:

- uporządkowanie procesu projektowania systemu ITS,
- zminimalizowanie ryzyka pominięcia niektórych potrzeb użytkowników,
- zapewnienie kompatybilności rozwiązań z innymi systemami krajowymi i europejskimi,
- usprawnienie procesu przetargowego dzięki lepszemu zdefiniowaniu wymagań,
- ułatwienie integracji nowych funkcji, w kolejnych etapach rozwoju systemu,
- wykorzystanie standardów interoperacyjności, w tym DATEX II,
- wdrażanie nowych rozwiązań, np. C-ITS i MaaS.

Zastosowanie w praktyce

W wielu krajach UE, FRAME stanowi podstawę budowy krajowych i regionalnych architektur ITS (np. w Holandii, Wielkiej Brytanii, czy Niemczech). W Polsce mimo, że nie opracowano jeszcze pełnej krajowej architektury ITS (za pierwszy z elementów krajowej architektury można uznać Krajowy System Zarządzania Ruchem), FRAME może być wykorzystywana na poziomie projektów miejskich i wojewódzkich, a jej wdrożenie rekomenduje się szczególnie w dużych i złożonych przedsięwzięciach.

Narzędzia wspierające

Twórcy FRAME udostępnili narzędzia IT wspierające proces projektowania architektury, w tym:

- **FRAME Architecture Toolset** – oprogramowanie wspomagające modelowanie funkcji i wymiany danych,
- dostępne we FRAME NEXT **narzędzie online**, do budowy i dokumentowania architektur,
- **repozytorium komponentów i przykładów implementacji**.

Z uwagi na złożoność, stosowanie FRAME/FRAME NEXT wymaga przeszkolenia zespołów projektowych oraz wstępnego etapu przygotowania metodologicznego. FRAME NEXT udostępnia narzędzia online i materiały szkoleniowe, co częściowo upraszcza ten proces.

III. NATIONAL ITS REFERENCE ARCHITECTURE – AMERYKAŃSKI MODEL ARCHITEKTURY SYSTEMÓW ITS

National ITS Reference Architecture, znana również jako **ARC-IT (Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation)**, to oficjalna architektura referencyjna systemów ITS w Stanach Zjednoczonych. Stanowi ona kompleksowe ramy projektowe wspierające planowanie, projektowanie, wdrażanie i integrację inteligentnych systemów transportowych na wszystkich szczeblach administracji – od lokalnego, po krajowy.

1. Historia i rozwój

Pierwsza wersja architektury powstała w latach 90. XX wieku w ramach amerykańskiego programu rozwoju ITS. Kolejne aktualizacje obejmowały nowe technologie i zmieniające się wymagania, w tym kooperatywne systemy transportowe C-ITS oraz kwestie cyberbezpieczeństwa. Aktualna wersja, **ARC-IT**, jest sukcesorem wcześniejszej architektury **National ITS Architecture Version 7.1** i została całkowicie przebudowana, aby odpowiadać wyzwaniom nowoczesnej mobilności i integracji multimodalnej.

2. Zakres i struktura

ARC-IT definiuje:

- **architekturę funkcjonalną** – katalog usług transportowych, procesów i funkcji realizowanych przez systemy ITS,
- **architekturę fizyczną** – model komponentów (tzw. Physical Objects) i interfejsów między nimi,
- **architekturę informacyjną** – definicje wymiany danych (tzw. Information Flows),
- **architekturę komunikacyjną** – określenie sposobów transmisji danych i protokołów,
- **architekturę organizacyjną** – role i odpowiedzialności uczestników systemu.

W odróżnieniu od europejskiego modelu FRAME, ARC-IT jest bardzo szczegółowa. Zawiera ona kilkaset usług i schematów przepływu danych oraz precyzyjnie opisane scenariusze użycia (ang. Use Cases). Jest narzędziem przeznaczonym do użycia przede wszystkim w dużych, kompleksowych projektach krajowych i regionalnych.

3. Kluczowe elementy

W ramach ARC-IT definiuje się m.in.:

- **Service Packages** – pakiety usług ITS, które grupują powiązane funkcje i przepływy danych (np. zarządzanie ruchem, informowanie kierowców, zarządzanie incydentami drogowymi, zarządzanie flotą transportu publicznego, zarządzanie informacją pogodową),
- **Physical Objects** – fizyczne komponenty systemu (np. centra zarządzania ruchem, pojazdy, urządzenia przydrożne),
- **Information Flows** – dane wymieniane między komponentami,
- **Functional Objects** – jednostki funkcjonalne realizujące poszczególne zadania w systemie,
- **Communication Solutions** – dostępne technologie komunikacji.

Każdy element posiada szczegółowe opisy i wzorce zastosowania, które można dopasowywać do lokalnych potrzeb.

4. Narzędzia wspierające

Amerykańska architektura oferuje rozbudowany zestaw narzędzi IT:

- **RAD-IT (Regional Architecture Development for Intelligent Transportation)** – aplikacja wspierająca tworzenie architektur regionalnych,
- **SET-IT (Systems Engineering Tool for Intelligent Transportation)** – narzędzie wspomagające projektowanie systemów ITS zgodnie z metodyką inżynierii systemów,
- **ARC-IT Website** – rozbudowany portal internetowy zawierający pełną dokumentację, wzory diagramów, katalogi danych i komponentów.

Narzędzia te są powszechnie stosowane w USA jako standard przy projektowaniu systemów ITS współfinansowanych z środków federalnych.

5. Zalety i ograniczenia

Zastosowanie National ITS Reference Architecture:

- umożliwia budowę interoperacyjnych systemów ITS na poziomie krajowym i regionalnym,
- dostarcza szczegółowych definicji procesów, danych i powiązań między komponentami,
- ułatwia integrację nowych technologii, np. C-ITS i pojazdów autonomicznych,
- jest powiązana z metodyką inżynierii systemów, zgodną z wymaganiami amerykańskich instytucji federalnych.

Do wyzwań związanych z jej stosowaniem należą:

- szczegółowość i rozbudowana dokumentacja, co może być niepraktyczne w przypadku mniejszych projektów,
- adaptacja modelu na potrzeby europejskie wymaga istotnych dostosowań prawnych i organizacyjnych,
- wymóg w zakresie szkoleń z jej użytkowania i doświadczenie w obsłudze narzędzi (RAD-IT, SET-IT).

6. Zastosowanie w praktyce

National ITS Reference Architecture jest punktem odniesienia przy budowie regionalnych i stanowych architektur ITS w USA. Tamtejsze instytucje wykorzystują ją przy planowaniu rozwoju systemów, pozyskiwaniu środków federalnych oraz przygotowywaniu dokumentacji przetargowej.

W Europie, w tym w Polsce, ARC-IT nie jest stosowana powszechnie, ale jej koncepcje i metodyka w zakresie inżynierii systemów mogą m.in. stanowić źródło dobrych praktyk przy tworzeniu własnych architektur ITS.

IV. DOBRE PRAKTYKI W ZAKRESIE ZASTOSOWANIA ARCHITEKTURY ITS

1. Główne elementy systemu ITS

Poniżej przedstawiono listę potencjalnych podsystemów, wchodzących w skład systemu ITS, przy czym lista nie wyczerpuje wszystkich możliwych elementów. System ITS jest budowany w zależności od potrzeb zamawiającego i uzupełniany następnie o kolejne elementy i rozwiązania. Potencjalne elementy systemu ITS obejmują:

- centrum sterowania i zarządzania,
- podsystem sterowania ruchem,
- podsystem wspierania zarządzania transportem publicznym,
- podsystem priorytetów w ruchu dla transportu publicznego,
- podsystem informacji dla pasażerów transportu publicznego,
- podsystem zarządzania miejscami parkingowymi,
- podsystem informacji dla kierowców, z uwzględnieniem poszczególnych grup pojazdów,
- podsystemy kontroli,
- podsystem monitorowania wizyjnego,
- podsystem automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych – ARTR,
- podsystem monitorowania ruchu pojazdów na bazie Bluetooth i Wi-Fi (nie zawsze jest to technicznie możliwe),
- podsystem osłony meteorologicznej,
- infrastrukturę telekomunikacyjną stosowaną w ITS,
- rozwiązania przyszłościowe (systemy nawigacyjne, systemy komunikacji między pojazdami oraz pojazdami i infrastrukturą V2V (vehicle to vehicle – komunikacja pomiędzy pojazdami) i V2I (vehicle to infrastructure - komunikacja pomiędzy pojazdami i infrastrukturą), kooperatywne systemy ITS, systemy wspierania współdzielenia środków transportu itp.

Wymienione powyżej systemy zostały opisane w Kodeksie Dobrych Praktyk cz. II, pt. wdrażanie miejskich systemów ITS.

2. Uwarunkowania i zakres zastosowania architektury ITS

Architektura systemów ITS (Intelligent Transportation Systems) stanowi narzędzie porządkujące proces projektowania, wdrażania i zarządzania inteligentnymi systemami transportowymi, szczególnie w przypadku przedsięwzięć o dużej skali i złożoności. Jej główną rolą jest zapewnienie interoperacyjności, spójności funkcjonalnej oraz możliwości integracji poszczególnych komponentów systemu, realizowanych często w ramach wielu niezależnych zadań przez różnych wykonawców.

W takich warunkach brak wspólnej architektury może prowadzić do nieefektywności, powielania rozwiązań, problemów z komunikacją między podsystemami oraz ograniczenia możliwości dalszego rozwoju systemu.

Zastosowanie architektury ITS wiąże się jednak z określonym kosztem. W przypadku braku dostosowanego wzorca, konieczne może być opracowanie własnej architektury systemowej, co wymaga nakładów czasowych i kompetencyjnych. Alternatywnie, możliwe jest wykorzystanie istniejących struktur, takich jak europejska architektura FRAME lub amerykańska National ITS Reference Architecture. Oba podejścia oferują bogaty zbiór komponentów i relacji funkcjonalnych, ale

ich wdrożenie wiąże się z kosztami adaptacji oraz szkoleniem zespołu w zakresie ich zastosowania. Samo zastosowanie tych architektur jest złożone i pracochłonne.

W przypadku mniejszych projektów – typowych dla średnich i małych miast – stosowanie architektury ITS jest zazwyczaj nieefektywne ekonomicznie i z tego względu bywa raczej odradzane. Dodatkowo warto zaznaczyć, że samo wdrożenie architektury nie gwarantuje jeszcze realnej możliwości integracji ani wymiany informacji pomiędzy komponentami systemu. Warunkiem rzeczywistej interoperacyjności jest stosowanie otwartych, powszechnie znanych i dobrze udokumentowanych, protokołów komunikacyjnych. W Polsce jednak brakuje zarówno opracowanych, jednolitych protokołów, wymagań w zakresie ich zastosowania, jak i instytucji, które potwierdzałyby poprawność ich implementacji oraz weryfikowałyby ich bezpieczeństwo.

Ostatecznie, zakres zastosowania architektury ITS powinien być uzależniony od skali projektu, liczby interesariuszy, stopnia skomplikowania systemu oraz planów jego rozwoju. W dużych, złożonych przedsięwzięciach architektura stanowi niezbędny fundament skutecznej realizacji. W przypadku mniejszych inwestycji jej stosowanie powinno być bardzo ostrożnie analizowane pod kątem realnych potrzeb oraz dostępnych zasobów.

3. Etapy tworzenia architektury ITS

3.1. Analizy wstępne

Identyfikacja potrzeby wdrożenia systemu ITS na wybranym obszarze

Punktem wyjścia do budowy systemu ITS jest określenie ogólnych założeń i zadań dla systemu. Następnie, powinny być określone poszczególne wymagania, wynikające z indywidualnych potrzeb poszczególnych interesariuszy (użytkowników) systemu. Ogólne potrzeby wdrożenia systemu mogą wynikać z:

- uciążliwego zatłoczenia infrastruktury drogowej,
- wysokiej liczby zdarzeń i incydentów drogowych,
- potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa w newralgicznych obszarach, takich jak szkoły, szpitale (lub inne instytucje użyteczności publicznej), centra handlowe, centra logistyczne itp.
- potrzeby usprawnienia przejazdu pojazdów komunikacji zbiorowej,
- poprawy sprawności obsługi, od strony transportowej, imprez masowych.

Ogólne potrzeby wdrożenia systemu mogą i powinny stanowić uzasadnienie wniosków o dofinansowanie wdrożenia projektów ITS (np. z środków UE).

Obszar działania systemu

Jedną z podstawowych decyzji, które należy podjąć na etapie planowania systemu i opracowania jego architektury, jest określenie terytorialnych ram wdrożenia. Z różnych względów systemy ITS nie są zazwyczaj wdrażane na obszarze całego miasta (w przypadku miejskich systemów ITS) lub na całej długości sieci dróg (w przypadku systemów pozamiejskich). Najczęściej decydują o tym koszty związane z wdrożeniem i późniejszym utrzymaniem systemu.

W przypadku systemów miejskich obszar działania systemu obejmuje zazwyczaj centrum, przyległe dzielnice oraz obszary istotne z punktu widzenia usprawnienia ruchu wewnątrzmięjskiego lub tranzytowego. Jednak decyzję dotyczącą obszaru, liczby odcinków dróg i skrzyżowań włączonych do systemu oraz jego poszczególnych funkcjonalności podejmuje zamawiający, dostosowując wszystkie te parametry do swoich preferencji, potrzeb i możliwości.

Warto włączać do systemu kolejne obszary, chociażby (w pierwszym etapie) na zasadzie monitoringu i podglądu. Jest to istotne z punktu widzenia działań zmierzających do zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania systemu transportowego. W późniejszym etapie możliwe jest łatwiejsze włączenie tych obszarów do zasadniczej części systemu w ramach jego rozbudowy.

Cel projektu i oczekiwane efekty

Zamawiający określa główne cele wdrożenia systemu ITS, jakimi mogą być:

- usprawnienie ruchu pojazdów poprzez skrócenie czasu przejazdu i minimalizacja liczby zatrzymań,
- zapewnienie bezpieczeństwa ruchu drogowego m.in. poprzez zarządzanie prędkością, kontrolę prędkości i przejazdu (fotoradary, kontrola wjazdu na skrzyżowanie na czerwonym świetle, kontrola przejazdu przez przejazd kolejowy na czerwonym świetle, odcinkowy pomiar prędkości, strefy czystego transportu itp.),
- priorytetowanie przejazdu pojazdów komunikacji zbiorowej,
- przekazywanie kierowcom informacji o zatłoczeniu i możliwych objazdach,
- naprowadzanie pojazdów na wolne miejsca parkingowe,
- monitorowanie sieci drogowej i przyległych do niej obszarów,
- wspieranie ewidencjonowania elementów infrastruktury oraz planowania jej remontów i przebudowy.

Wymagania i ramy prawne

Głównym dokumentem określającym ramy prawne wdrażania rozwiązań z zakresu ITS jest tzw. **Dyrektywa ITS** [1]. Do Dyrektywy zostały wydane dokumenty uszczegóławiające poszczególne obszary wdrożeń jakimi są specyfikacje ITS. Oprócz ważnego elementu jakim są definicje, w ramach Dyrektywy określone zostały obszary i działania priorytetowe wdrażania ITS. Dyrektywa nie nakłada jednak obowiązku wdrażania tych systemów w poszczególnych krajach UE, jednak o ile są one wdrażane, powinny być zgodne z wytycznymi tej Dyrektywy.

Kolejnym dokumentem dotyczącym ram prawnych wdrażania rozwiązań ITS jest **komunikat Komisji z dnia 9 grudnia 2020 r. pt. „Strategia na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport na drodze ku przyszłości”** (zwany również „strategią na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności”). Określono w nim wdrożenie inteligentnych systemów transportowych (ITS) jako kluczowe działanie na rzecz osiągnięcia, opartej na sieci i zautomatyzowanej multimodalnej mobilności, a tym samym przyczyniające się do przekształcenia europejskiego systemu transportowego tak, aby osiągnąć cel, jakim jest wydajna, bezpieczna, zrównoważona, inteligentna i odporna mobilność [3]. Dokument ten stanowi uzupełnienie działań zapowiedzianych w ramach strategii przewodniej dotyczącej ekologizacji transportu towarowego w celu wsparcia logistyki multimodalnej.

Ważnymi dokumentami są również, nie omawiane tutaj ze względów objętościowych:

- rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2015/962 z dnia 18 grudnia 2014 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/40/UE w odniesieniu do świadczenia ogólnounijnych usług informacyjnych w czasie rzeczywistym dotyczących ruchu,
- rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2017/1926 z dnia 31 maja 2017 r., uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/40/UE w odniesieniu do świadczenia ogólnounijnych usług w zakresie informacji o podróżach multimodalnych (Dz. U. L 272 z 21.10.2017).

Osobne regulacje dotyczą rozwiązań organizacyjnych i teleinformatycznych, związanych z systemem automatycznego powiadamiania ratunkowego „eCall”, usług informacyjnych związanych

z bezpieczeństwem ruchu oraz usług informacyjnych dotyczących bezpiecznych i chronionych miejsc parkingowych dla samochodów ciężarowych i pojazdów użytkowych (Rozporządzenie 885 i 886 z 2013 r.), certyfikowanych zgodnie z rozporządzeniem delegowanym Komisji (UE) 2022/1012 [2].

Wymieniona na wstępie niniejszego rozdziału Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/40/UE została znowelizowana w 2023 roku przez **Dyrektywę parlamentu europejskiego i rady (UE) 2023/2661** z dnia 22 listopada 2023 r. w ramach zmiany dyrektywy 2010/40/UE, w sprawie ram wdrażania inteligentnych systemów transportowych w obszarze transportu drogowego oraz interfejsów z innymi rodzajami transportu. Dyrektywa nie określa, czy należy tworzyć konkretne informacje o ruchu (np. tworzenie planów organizacji ruchu), ani w jakich okolicznościach należy wydawać ostrzeżenia dotyczące bezpieczeństwa (np. czy opady śniegu uruchamiają ostrzeżenie dla kierowców), ani jakie wartości powinny mieć parametry związane z przepisami ruchu drogowego (np. poziom ograniczenia prędkości) [3]. Wszystko to pozostaje w gestii właściwych organów, co oznacza, że w praktyce występują różnice (na przykład takie same opady śniegu mogą spowodować podjęcie decyzji o wystosowaniu ostrzeżenia dla ruchu w niektórych regionach, podczas kiedy w innych takie ostrzeżenie nie będzie zastosowane). Ponadto obowiązkowe świadczenie niektórych usług ITS oraz udostępnianie kluczowych danych w formacie cyfrowym, nadającym się do odczytu maszynowego, nie wymaga inwestycji w urządzenia drogowe sieci transportowej, w celu gromadzenia dodatkowych informacji. Rodzaje danych i usługi, których dostarczanie i świadczenie należy uczynić obowiązkowym na mocy niniejszej dyrektywy, powinny być zidentyfikowane na podstawie specyfikacji przyjętych przez Komisję w drodze aktów delegowanych uzupełniających dyrektywę 2010/40/UE, w szczególności rozporządzeń delegowanych (UE) nr 885/2013, (UE) nr 886/2013, (UE) 2017/1926 oraz (UE) 2022/670 i powinny odzwierciedlać rodzaje danych i usługi określone w tych aktach. Specyfikacje już przyjęte przez Komisję, w tym normy, o których mowa w tych specyfikacjach, pozostawiają możliwość wyboru treści cyfrowych informacji udostępnianych w formacie nadającym się do odczytu maszynowego. Aby zapewnić wspólne podejście do wdrażania, konieczne mogą być prace przygotowawcze, takie jak tworzenie profili norm. W takich przypadkach program roboczy ITS powinien opisywać prace przygotowawcze, które powinny być przeprowadzone, a w terminach dostarczania tych rodzajów danych i powiązanych usług, należy uwzględniać te dodatkowe prace.

3.2. Identyfikacja grup interesariuszy i ich potrzeb

Grupy potencjalnych interesariuszy

Zdefiniowanie grup interesariuszy powinno być zrealizowane przez Zamawiającego na etapie planowania systemu. Do głównych grup należą:

- pasażerowie transportu zbiorowego,
- kierowcy i piesi,
- zarządcy dróg,
- służby ratunkowe i porządkowe (pogotowie, straż pożarna, Policja),
- organizatorzy transportu zbiorowego,
- właściciel systemu (z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa i sprawności ruchu drogowego, zarządzania systemem i wykorzystania danych dla potrzeb planowania remontów i rozwoju infrastruktury drogowej).

Główne potrzeby poszczególnych grup interesariuszy

Kolejnym etapem planowania projektu ITS powinno być określenie wymagań i potrzeb poszczególnych grup interesariuszy. Potrzeby te będą wynikały z zadań statutowych należących do poszczególnych użytkowników systemu, ich oczekiwań i praktycznych procedur ich realizacji.

Mogą do nich należeć:

- zapewnienie sprawnego i bezpiecznego przemieszczania się użytkowników infrastruktury miejskiej – zarządca drogi,
- zarządzanie i symulacje dla potrzeb utrzymania i rozbudowy infrastruktury drogowej – zarządca drogi,
- zapewnienie sprawnej realizacji akcji ratowniczej, zabezpieczenia miejsca zdarzenia i powrotu do „stanu normalnego” – służby ratunkowe i porządkowe,
- zapewnienie priorytetu przejazdu dla pojazdów komunikacji zbiorowej – organizator transportu,
- analiza zdarzeń drogowych, na podstawie zarejestrowanego materiału wideo – Policja,
- wsparcie w zakresie poszukiwania skradzionych pojazdów – Policja,
- przekazywanie informacji o utrudnieniach i robotach drogowych – właściciel systemu,
- nadzór nad flotą pojazdów i gromadzenie danych dla potrzeb optymalizacji rozkładów jazdy – operator i organizator transportu zbiorowego.

Potrzeby poszczególnych grup interesariuszy mogą wynikać ze specyficznych uwarunkowań realizowanych przez nich zadań. Dlatego celowe może okazać się włączenie ich przedstawicieli do prac nad systemem, w celu sprecyzowania potrzeb.

3.3. Projekt systemu

Lista potrzeb użytkowników zmapowana na potrzeby wynikające z zastosowanej architektury

Określone wstępnie potrzeby użytkowników, nienazwane jeszcze na początkowym etapie prac, powinny być następnie zapisane formalnie, zgodnie z zasadami zgodnymi dla przyjętej architektury ITS. W przypadku, kiedy nie jest przewidywane zastosowanie jednej z dostępnych architektur ITS, w ramach projektu systemu warto wymienić i jednoznacznie zdefiniować, wszystkie zaplanowane funkcjonalności.

Architektura funkcjonalna (przejście z potrzeb na funkcje)

Zdefiniowane w jednoznaczny sposób funkcjonalności systemu ITS powinny być określone niezależnie od rozwiązań technicznych. Po ich zdefiniowaniu, w ramach kolejnego etapu prac, powinna być zaproponowana architektura funkcjonalna systemu uwzględniająca możliwość realizacji tych funkcjonalności i sposób połączenia poszczególnych elementów systemu. Zaproponowany system powinien umożliwiać realizację wszystkich, określonych wcześniej funkcjonalności. Preferowaną formą opisu architektury funkcjonalnej jest schemat graficzny przedstawiający poszczególne funkcjonalności i powiązania między nimi. Schemat graficzny może być uzupełniony o opisy precyzujące poszczególne funkcjonalności.

Architektura instytucjonalna i przepływy danych

Architektura instytucjonalna powinna przedstawiać (najlepiej w postaci graficznej) instytucje zaangażowane w funkcjonowanie systemu oraz sposób wymiany danych i informacji między nimi. W ramach opisów uzupełniających schemat graficzny, powinny być sprecyzowane role poszczególnych instytucji w funkcjonowaniu systemu.

Architektura fizyczna

Architektura fizyczna systemu stanowi techniczną reprezentację architektury funkcjonalnej. Zawiera ona poszczególne rozwiązania techniczne (podsystemy), które realizują wymagane, określone wcześniej, funkcjonalności systemu. W celu zapewnienia przejrzystości schematów graficznych

i opisów, powinny być zastosowane wielopoziomowe perspektywy (ang. points of view), generowane z podziałem na schemat ogólny (całość systemu) i schematy szczegółowe, przedstawiające poszczególne grupy funkcjonalne systemów i podsystemy.

4. Wymiana i wykorzystanie danych w ramach systemu ITS – komunikacja „wewnętrzna”

Dane są podstawą funkcjonowania systemów ITS. Gromadzone są m.in. dane o ruchu pojazdów (natężenie, średnia prędkość, długość kolejki pojazdów itp.), incydentach w sieci drogowej, wolnych miejscach parkingowych, robotach drogowych i innych utrudnieniach oraz warunkach pogodowych. Następnie tworzone są prognozy ruchu dla potrzeb podsystemu zarządzania ruchem i realizowany jest proces sterowania ruchem pojazdów. System udostępnia również szereg informacji użytkownikom, takich jak czasy przejazdu pojazdów komunikacji zbiorowej (informacja przystankowa), informacje o wolnych miejscach do parkowania, informacje pogodowe i ostrzeżenia oraz o utrudnieniach w ruchu itp. Wybrane dane są ostatecznie archiwizowane w celach dokumentacyjnych (w tym dowodowych – np. informacje w postępowaniach w sprawie kolizji pojazdów) i planistycznych.

Dane w rozwiązaniach z zakresu ITS mogą być wykorzystywane zarówno dla potrzeb funkcjonowania samego systemu ITS, jak również wymieniane z innymi systemami zewnętrznymi. W obu przypadkach korzystna jest standaryzacja zakresu i protokołów wymiany danych. W przypadku komunikacji wewnątrz systemu, zapewnienie standaryzacji ułatwi późniejszą rozbudowę i integrację z nowymi komponentami i samymi urządzeniami. W przypadku prac rozwojowych realizowanych przez innego wykonawcę niż ten, który wdrożył system, prace będą mogłyby być realizowane sprawniej, mniejszym nakładem pracy, a co za tym idzie – taniej.

Wymiana danych w ramach podsystemów (systemu ITS jako całości), powinna być realizowana zgodnie z zakresem (zestawem danych) opracowanym na etapie projektu systemu. W tym celu wykorzystywane powinny być standardowe (najlepiej otwarte – z powszechnie dostępną specyfikacją) standardy transmisji danych. Niezależnie od tego powinny być stosowane odpowiednie zabezpieczenia w postaci mechanizmów szyfrowania i uwierzytelniania (zabezpieczania i kontroli dostępu). Wymiana danych i ich późniejsze gromadzenie powinno być realizowane zgodnie z zasadami:

- celowości pozyskania – zgodnie z RODO nie mogą być pozyskiwane dane „na zapas” a jedynie te, które są potrzebne do realizacji założonego celu i przechowywane w okresie, nie dłuższym niż to jest wymagane,
- maksymalizacji efektywności, tj. raz pozyskaj – wielokrotnie wykorzystaj.

W przypadku, kiedy elementy systemów ITS podlegają normom technicznym lub/i regulacjom standaryzacyjnym i prawnym (jak np. w przypadku C-ITS), należy zastosować odpowiednie specyfikacje, które zazwyczaj zawierają zarówno zakres wymaganych danych, jak i opis standardu ich wymiany. Ułatwia to późniejszą integrację elementów systemu ITS z systemami „zewnętrznymi”.

5. Interoperacyjność – komunikacja między systemami ITS

Można zadać pytanie – „z jakiego powodu system ITS powinien się komunikować z systemami zewnętrznymi”. Występują dwa powody. Pierwszy z nich to komunikacja mająca na celu pozyskanie danych wymaganych do realizacji założonych funkcjonalności systemu ITS, a druga to współpraca z innymi systemami w celu poprawy funkcjonowania rozpatrywanego systemu lub systemów „zewnętrznych”. Przykładem pierwszego z rozwiązań są systemy, które komunikują się np.

z systemem CEPIK, w celu pozyskania danych o pojazdach i ich właścicielach, bez których to danych automatyczne funkcjonowanie systemu nie byłoby możliwe (np. odcinkowy pomiar prędkości, strefy czystego transportu itp.). Drugi z opisanych powyżej przypadków dotyczy współpracy sąsiadujących ze sobą terytorialnie systemów. Efektywne zarządzanie ruchem na przyległych terenach wymaga wymiany danych i informacji tak, aby zawczasu reagować na zmieniające się warunki drogowe i powstające zatory, dzięki np. przekazywaniu kierowcom informacji o zagrożeniach i możliwych trasach alternatywnych. Bez wymiany danych informacje o zdarzeniach pochodziłyby jedynie z obszaru objętego pojedynczym systemem.

W ramach każdego z systemów dane muszą być kodowane w identyczny sposób, przy czym „kodowanie” nie jest rozumiane (jak to jest spotykane w języku potocznym) jako szyfrowanie danych. Kodowanie należy rozumieć jako przypisywanie wartości określonym stanom, przy czym kody/wartości te powinny być identyczne w ramach każdego systemu ITS. Dopiero ujednolicenie sposobu zapisu danych w poszczególnych systemach, umożliwi ich późniejszą wymianę i wykorzystanie.

V. ARCHIWUM DANYCH

Jak wcześniej wspomniano, dane pozyskiwane w ramach systemu dotyczą zarówno informacji potrzebnych do jego efektywnego działania, tworzenia prognoz ruchu, jak też celów dowodowych.

W przypadku zdarzeń drogowych, w których występują sprzeczne relacje uczestników zdarzenia, możliwe jest wykorzystanie obiektywnych danych np. z monitoringu wizyjnego stanowiącego element systemu ITS. Zatem głównymi celami archiwizacji danych w systemach ITS jest ich późniejsze wykorzystanie dla celów statystycznych, prognozowania i dla celów dowodowych. W pierwszym przypadku dane mogą być częściowo zagregowane, co w zdecydowany sposób zmniejsza ich objętość. W przypadku danych z monitoringu wizyjnego, który jest bardzo zasobochłonny, zmniejszenie ilości danych jest możliwe głównie dzięki kompresji zgromadzonego materiału. Niezależnie od stopnia kompresji, dane te zajmują dużo miejsca na nośnikach danych. Ograniczenie zajmowanego przez nie miejsca jest możliwe głównie dzięki skróceniu okresu ich przechowywania.

VI. PRIORYTETY WDRAŻANIA

Poniżej przedstawiono, w syntetyczny sposób, kolejne etapy wdrażania systemu ITS.

1. Definicja architektury ITS

Architektura systemu ITS to sposób organizacji całego systemu, obejmujący:

- **struktury funkcjonalne** – czyli jakie procesy i usługi ma realizować system,
- **strukturę informacyjną** – co, w jaki sposób i gdzie jest przekazywane,
- **strukturę organizacyjną** – kto odpowiada za poszczególne role i procesy,
- **strukturę techniczną** – jakie technologie i elementy fizyczne są wykorzystywane.

Architektura powinna opisywać system w sposób **neutralny technologicznie** – definiować co ma robić, nie narzucając jeszcze szczegółów technicznych sposobu realizacji.

2. Podejście do budowy systemu ITS z użyciem architektury

Rekomenduje się **podejście etapowe**, którego kolejne kroki obejmują:

A. Identyfikację potrzeb lokalnych i oczekiwań interesariuszy:

- a. potrzeby zarządców dróg, służb miejskich, operatorów transportu zbiorowego i Policji,
- b. oczekiwania mieszkańców i przedsiębiorców,
- c. obowiązki prawne (np. w zakresie bezpieczeństwa czy dostępności danych publicznych).

B. Określenie celów strategicznych systemu:

- a. poprawa płynności ruchu,
- b. ograniczenie emisji,
- c. zwiększenie bezpieczeństwa,
- d. wsparcie polityki transportu zbiorowego.

C. Ustalenie architektury funkcjonalnej, która określi, jakie grupy funkcji są konieczne (np. monitorowanie, sterowanie, informowanie).

D. Priorytetyzację funkcji i elementów, zgodnie z lokalnym kontekstem i budżetem.

E. Tworzenie architektury fizycznej – wybór technologii i komponentów.

F. Planowanie integracji danych i mechanizmów wymiany informacji między podsystemami i zewnętrznymi usługami.

G. Definiowanie ram utrzymania i rozwoju systemu.

3. Kryteria ustalania priorytetów wdrażania elementów ITS

Kolejność i zakres wdrożeń powinny być uzależnione od:

- skali wyzwań transportowych (np. zatłoczenie w centrum miasta),
- występowania szczególnych obszarów ryzyka (szkoły, węzły komunikacyjne),
- dostępnych środków finansowych,
- możliwości rozbudowy i integracji w kolejnych etapach,
- gotowości organizacyjnej instytucji,
- dojrzałości technologicznej miasta i służb utrzymania,
- oczekiwanej akceptacji społecznej.

4. Proponowane etapy wdrożeń – hierarchia działań

Wdrożenie obejmuje opisane poniżej etapy.

Etap 1. Podstawowe monitorowanie i gromadzenie danych

- automatyczne rejestratory natężenia ruchu i klasy pojazdów,
- kamery monitoringu wizyjnego,
- zbieranie danych meteorologicznych,
- gromadzenie danych o ruchu transportu publicznego.

Cel: stworzenie bazy wiedzy i statystyk.

Etap 2. Budowa centrum zarządzania i infrastruktury komunikacyjnej

- sieci transmisji danych,
- serwery i zapasowe centra danych,
- stanowiska operatorskie,
- systemy bezpieczeństwa informatycznego.

Cel: stworzenie fundamentu do integracji usług.

Etap 3. Informacja i komunikacja z użytkownikami

- znaki o zmiennej treści,
- aplikacje dla mieszkańców, działające w czasie rzeczywistym,
- portale informacji o ruchu i parkingach.

Cel: dostarczanie danych i interakcja systemu z użytkownikami.

Etap 4. Sterowanie ruchem i priorytety

- adaptacyjne sterowniki sygnalizacji świetlnej,
- priorytety dla transportu zbiorowego,
- korytarze przejazdu służb ratunkowych.

Cel: poprawa płynności i bezpieczeństwa.

Etap 5. Zaawansowane usługi i kooperatywne ITS (C-ITS)

- systemy V2X (Vehicle-to-Everything – komunikacja pojazdów z otoczeniem),
- integracja z platformami MaaS,
- systemy predykcji ruchu.

Cel: przygotowanie na rozwój technologii.

5. Tworzenie statystyk jako priorytetowy element

W ramach pierwszego etapu warto skupić się na **budowie wiarygodnej bazy danych** obejmującej:

- natężenie ruchu w podziale na klasy pojazdów,
- dane o wypadkach i incydentach,
- obciążenie parkingów,
- dane meteorologiczne i środowiskowe.

Tego typu statystyki realizują następujące cele:

- wspierają decyzje o kolejnych etapach wdrożeń,
- umożliwiają ocenę efektów systemu,
- są argumentem przy pozyskiwaniu środków zewnętrznych.

6. Uczestnicy procesu tworzenia architektury

Należy zadbać, aby w procesie definiowania architektury byli reprezentowani:

- zarządcy dróg,
- organizatorzy transportu publicznego,
- służby ratunkowe i porządkowe,

- władze lokalne,
- użytkownicy końcowi (np. konsultacje społeczne).

Uwzględnienie opinii wszystkich grup pozwala uniknąć wdrożenia systemu nieużytecznego lub trudnego w utrzymaniu.

7. Rola integracji danych

Wdrażanie ITS może uwzględniać:

- integrację danych między podsystemami,
- możliwość wymiany danych z innymi miastami,
- otwarte API i standardowe formaty wymiany danych.

Brak integracji może prowadzić do izolowania systemów, które działają wyłącznie na podstawie własnych danych. Wykorzystanie danych z sąsiadujących terytorialnie systemów może powodować wzrost efektywności rozpatrywanego systemu ITS.

8. Ocena efektów i cykliczny rozwój

Każdy etap wdrożenia powinna zakończyć:

- **ocena efektów** (np. skrócenie czasu przejazdu, redukcja liczby zdarzeń drogowych),
- **raport z wykorzystania danych**,
- **aktualizacja architektury systemu** pod kątem kolejnych etapów.

Architektura ITS powinna być traktowana jako „**żywy**” **dokument**, który umożliwia rozwój usług ITS w miarę dojrzewania potrzeb i w zależności od możliwości finansowych.

9. Przykłady grup funkcji do rozważenia w projekcie

W zależności od lokalnych priorytetów, w ramach architektury, mogą być uwzględnione m.in.:

- sterowanie i monitorowanie sygnalizacji świetlnej,
- nadzór i rejestracja zdarzeń drogowych,
- dynamiczne informacje parkingowe,
- wsparcie dla transportu publicznego,
- automatyczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych,
- predykcja warunków ruchu i pogody,
- planowanie rozbudowy infrastruktury.

10. Uwagi końcowe

Podejście do wdrażania ITS powinno być **etapowe, oparte na analizie lokalnych priorytetów i potrzeb interesariuszy**. Kluczowe jest zachowanie elastyczności – tak, aby system mógł być rozwijany zgodnie z kolejnymi potrzebami oraz z uwzględnieniem integracji z nowymi technologiami.

Podejście do wdrażania ITS musi być **etapowe, świadome lokalnego kontekstu i ograniczeń budżetowych**. Kluczowe jest, aby proces był:

- oparty na analizie danych,
- zrozumiały dla wszystkich interesariuszy,

- otwarty na przyszłą rozbudowę i integrację z innymi systemami.

System ITS budowany w ten sposób stanie się nie tylko infrastrukturą techniczną, ale narzędziem realnego zarządzania mobilnością i rozwojem miasta.

VII. PODSUMOWANIE

Wdrożenie systemu ITS może być poprzedzone opracowaniem jego struktury, z wykorzystaniem dobrze znanej europejskiej ramowej architektury FRAME lub amerykańskiej ramowej architektury ITS. Trzeba jednak zaznaczyć, że takie podejście jest zalecane w przypadku dużych systemów ITS. W przypadku mniejszych systemów, nakład pracy, który trzeba będzie poświęcić na opracowanie architektury może być niewspółmiernie duży w stosunku do uzyskanych efektów. Stopień złożoności procesu opracowania architektury, jak również czas poświęcony na etapie przygotowań do tego procesu (w tym udziału w ewentualnych szkoleniach), może nie zrekompensować poniesionych nakładów.

Alternatywą jest zastosowanie uproszczonego podejścia, które nie uwzględnia sformalizowanego procesu opracowania architektury i stosowania narzędzi informatycznych wspomagających ten proces. Wówczas stosowane jest uproszczone podejście, jednak jest ono co do idei podobne do metod FRAME i architektury amerykańskiej. Punktem wyjścia jest identyfikacja interesariuszy systemu i ich rzeczywistych potrzeb. Następnie tworzona jest kolejno: architektura funkcjonalna (uwzględniająca elementy systemu i sposób połączenia) i architektura fizyczna (uwzględniająca techniczne rozwiązania poszczególnych funkcjonalności).

Uproszczone podejście może być stosowane zarówno w przypadku systemów miejskich, jak również pozamiejskich. Jego zaletą jest minimalizacja angażowanych zasobów na etapie projektowania systemu, jak również uproszczenie samego projektu, który zawiera tylko niezbędne elementy (wersja minimum).

Literatura

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/40/UE z dnia 7 lipca 2010 r. w sprawie ram wdrażania inteligentnych systemów transportowych w obszarze transportu drogowego oraz interfejsów z innymi rodzajami transportu.
2. Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2022/1012 z dnia 7 kwietnia 2022 r. uzupełniające rozporządzenie (WE) nr 561/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do ustanowienia norm zawierających szczegółowe wymogi dotyczące poziomu usług i bezpieczeństwa w odniesieniu do bezpiecznych i chronionych parkingów oraz procedur ich certyfikacji (Dz.U. L 170 z 28.6.2022, s. 27).
3. Dyrektywa parlamentu europejskiego i rady (UE) 2023/2661 z dnia 22 listopada 2023 r. w sprawie zmiany dyrektywy 2010/40/UE w sprawie ram wdrażania inteligentnych systemów transportowych w obszarze transportu drogowego oraz interfejsów z innymi rodzajami transportu.