

## WYKORZYSTANIE METODY FRAME DO OKREŚLENIA ARCHITEKTURY SYSTEMU ZARZĄDZANIA RUCHEM W WARSZAWSKIM WĘZLE DRÓG KRAJOWYCH

### I. WSTĘP

Europejska Ramowa Architektura ITS jest rezultatem prac prowadzonych w ramach projektu KAREN, zrealizowanego w roku 2000 w ramach V Programu Ramowego Komisji Europejskiej. W kolejnych latach metoda została rozwijana i utrzymywana w ramach europejskich projektów FRAME, a następnie E-FRAME i jest dziś powszechnie znana jako metoda FRAME [1] [2]. Metoda ta stanowi systematyczne podejście do planowania aplikacji ITS i pomaga zapewnić kompatybilność rozwiązań. Od czasu jej opublikowania, metodyka FRAME została zastosowana z powodzeniem w 9 krajach UE (m.in. Francja, Włochy, Austria, Finlandia). Kraje, które stworzyły wcześniej własne wersje architektury ITS, dziś starają się (często z dużym trudem) dostosować je do standardu FRAME. W tym sensie można mówić o „korzyściach późnego wejścia” dla Polski, która dopiero planuje stworzenie krajowej architektury ITS.

W Polsce metodę FRAME wykorzystano do zdefiniowania architektury Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawskim Węzle Dróg Krajowych (WWDK) [3]. Opracowanie było częścią „Koncepcji Systemu Zarządzania Ruchem w WWDK” [4], zrealizowanej w ramach projektu CONNECT – Koordynacja wdrażania Inteligentnego Systemu Transportu w krajach Europy Środkowo-Wschodniej, współfinansowanego przez Komisję Europejską. Koncepcja powstała na zlecenie GDDKiA, a projekt był koordynowany przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Projekt stanowił kontynuację działań GDDKiA, mających na celu wdrożenie zaawansowanych systemów zarządzania ruchem na drogach krajowych – w roku 2007 na zlecenie GDDKiA opracowana została koncepcja krajowego Systemu Zarządzania Ruchem na Drogach Krajowych (SZREK) [5].

Podstawowym celem niniejszego referatu jest przedstawienie zastosowania metody FRAME do zdefiniowania architektury systemu zarządzania ruchem na przykładzie Warszawskiego Węzła Dróg Krajowych. Projekt architektury obejmuje określenie struktury logicznej i podstawowych obszarów funkcjonalnych systemu oraz sposobu jego funkcjonowania w zakresie realizowanych funkcji, wymagań operacyjnych oraz narzędzi informatycznych.

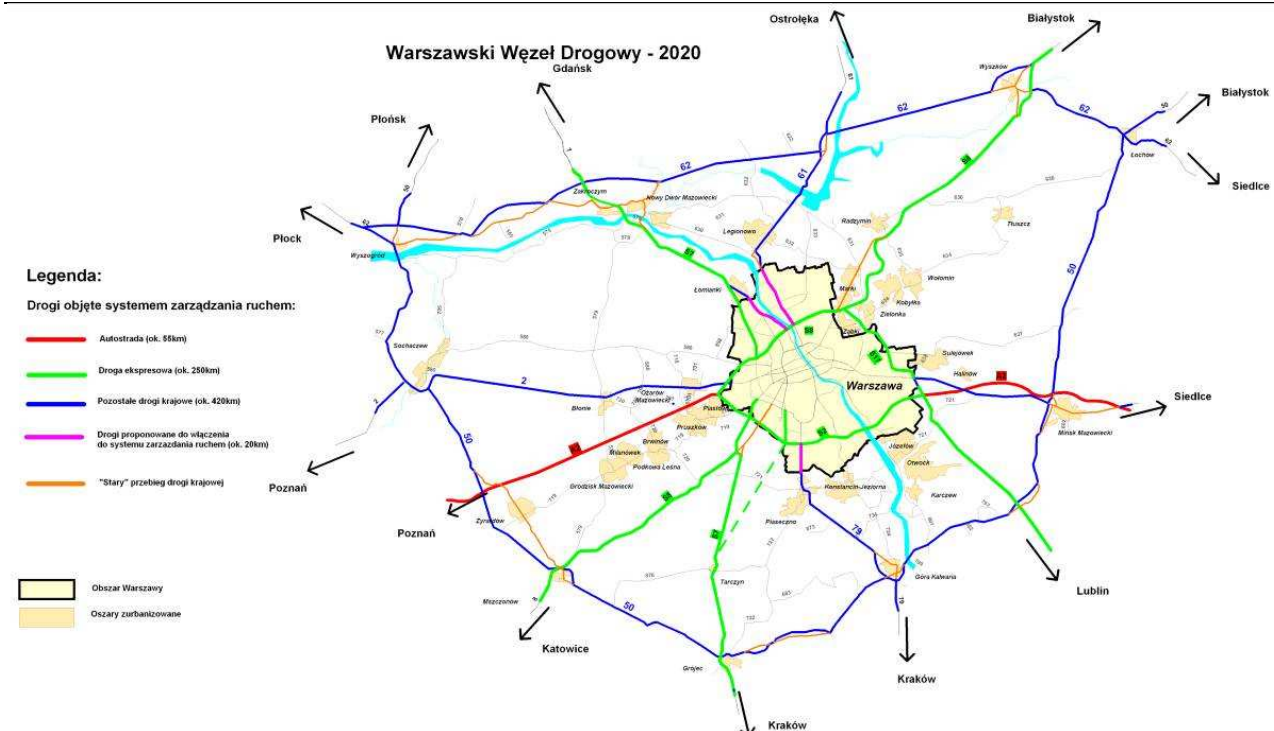
### 2. ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Założenia ogólne systemu, sformułowane w opracowaniu [4], obejmują cele i funkcje systemu, obszar i zakres działania oraz umiejscowienie instytucjonalne. Trzy podstawowe funkcje systemu to: (i) reagowanie na zdarzenia (wykrywanie zdarzeń oraz reakcja na nie), (ii) zarządzanie ruchem w sieci oraz (iii) informowanie podróżujących o warunkach ruchu przed rozpoczęciem i w trakcie podróży. Obszar działania systemu obejmuje Warszawski Węzeł Dróg Krajowych (rys. 1) w obrębie wielkiej obwodnicy Warszawy (drogi krajowe nr 50 i 62). Zgodnie z wieloletnim programem budowy dróg na Mazowszu [6], w roku 2020 WWKD powinien objąć ponad 700 km dróg krajowych, w tym około 300 km dróg ekspresowych i autostrad. Planowany system zarządzania ruchem dotyczy więc dróg zamiejskich i wylotowych oraz ekspresowej obwodnicy Warszawy. Umiejscowienie instytucjonalne jest pochodną przyjętej wcześniej dwustopniowej struktury krajowego systemu ZR [5]. Struktura ta zakłada utworzenie Krajowego Centrum ZR oraz centrów regionalnych, ulokowanych w wybranych wojewódzkich Oddziałach GDDKiA. Jednym z takich centrów regionalnych będzie projektowane Centrum SZR w WWDK.

---

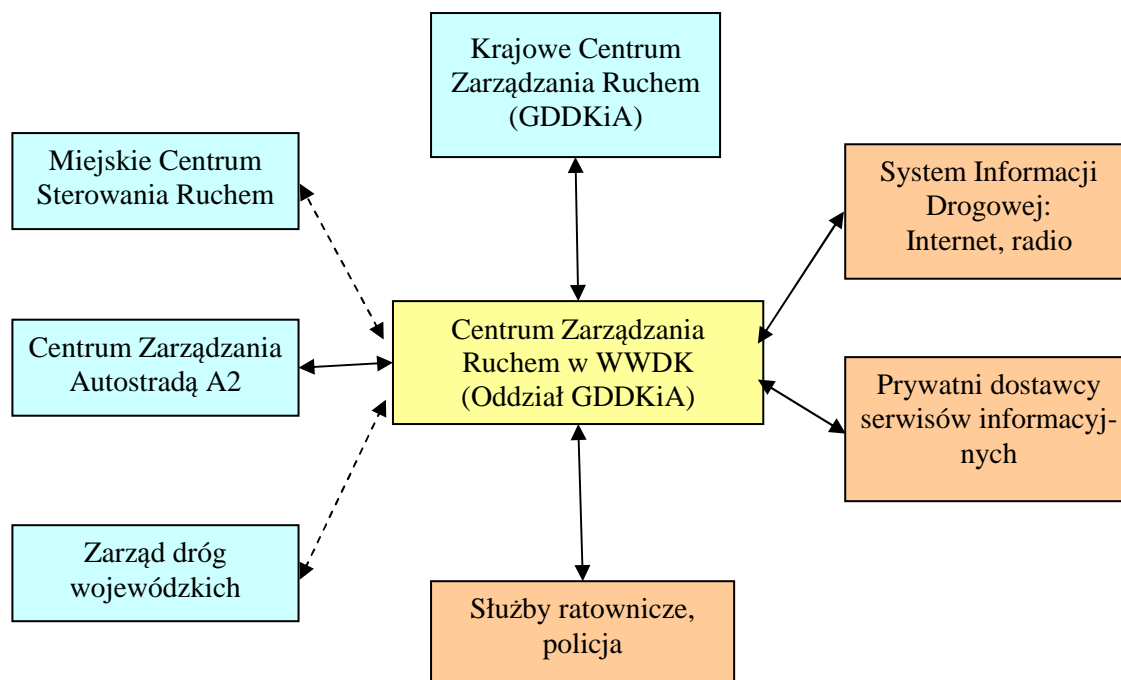
\* Instytut Dróg i Mostów, Politechnika Warszawska; profesor nadzwyczajny

\*\* Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, Politechnika Warszawska; profesor nadzwyczajny



Rys. 1 Warszawski Węzeł Dróg Krajowych – stan przewidywany na rok 2020

Powiązania instytucjonalne Centrum ZR w WWDK przedstawia rys. 2. Planowane centrum będzie podlegać przyszłemu Krajowemu Centrum ZR. Horyzontalnie powinno współpracować z Centrum Zarządzania Autostradą A2 oraz z miejskim centrum sterowania ruchem w Warszawie (Zintegrowany System Zarządzania Ruchem) oraz z Zarządem Dróg Wojewódzkich.



Rys. 2 System Zarządzania Ruchem dla WWDK – powiązania instytucjonalne

Zakres działania wynika zarówno przyjętych celów jak i przyporządkowania systemu do Mazowieckiego Oddziału GDDKiA. Oznacza to na przykład, że większość informacji o warunkach ruchu dla kierowców przekazywana będzie przez System Informacji Drogowej SID, który działa w skali krajowej. Zgodnie z obowiązującymi przepisami, koordynacja działań ratunkowych w sytu-

acjach kryzysowych nie leży w kompetencjach Oddziału GDDKiA i dlatego ta dziedzina jest wyłączona z funkcji systemu. Aczkolwiek proponowany system będzie miał możliwość wykrywania wykroczeń drogowych (przekroczenie prędkości, przekroczenie dozwolonej masy pojazdu, itd.), w funkcjach systemu nie przewidziano rejestrowania tożsamości i ścigania sprawców, jako że jest to domeną policji i Inspekcji Transportu Drogowego. Jeżeli w przyszłości zmieni się sytuacja organizacyjno-prawna, zawsze możliwe będzie rozszerzenie zakresu działania systemu o nowe funkcje.

### 3. STRUKTURA FUNKCJONALNA

Struktura funkcjonalna systemu ZR dla WWDK została utworzona zgodnie z powyższymi założeniami. Z listy 420 możliwych wymagań użytkownika (ang. user needs) obecnych w pełnym modelu FRAME wybrano 78 pozycji. W Tabeli 1 przedstawiono wybrane wymagania, zagregowane w grupy według klasyfikacji FRAME. Większość wybranych grup wymagań użytkownika dotyczy bezpośrednio zarządzania ruchem (dział 7), pięć grup ma związek z monitorowaniem warunków ruchu, trzy z dostarczaniem informacji a tylko jedna dotyczy sytuacji kryzysowych.

W kolejnym kroku dokonano wyboru funkcji służących realizacji wybranych wymagań użytkownika. Baza danych FRAME zawiera tabele referencyjne (ang. trace tables) pozwalające na śledzenie przyporządkowania funkcji do wymagań i vice versa. Posługując się tą metodą wybrano 28 funkcji, które dzielą się na pięć grup funkcjonalnych. Wybrane funkcje wraz z podziałem na grupy przedstawia Tabela 2. Z jednym wyjątkiem wszystkie wybrane funkcje pochodzą z działu funkcjonalnego „zarządzanie ruchem”. Z działu tego pominięto jednak grupę funkcji „zarządzanie popytem” (jest to istotne w warunkach miejskich) oraz „zarządzanie utrzymaniem dróg”.

Wszystkie funkcje posiadają stałe numeryczne identyfikatory, które są niezmiennie używane we wszystkich fazach projektowania systemu. Funkcje najniższego stopnia posiadają numerację 5-cio cyfrową.

Tabela 1 Zestawienie wybranych wymagań użytkownika systemu

<b>Id</b>	<b>Grupa wymagań</b>
2.1.1	System będzie pozyskiwać informacje o warunkach ruchu
2.1.2	System będzie wspierać planowanie transportu
2.1.3	System umożliwi ocenę strategii zarządzania ruchem
2.1.4	System będzie zbierać i archiwizować dane o ruchu na sieci
2.2.2	System będzie monitorować stan tuneli
5.1.0	System umożliwi pozyskiwanie zgłoszeń alarmowych
6.1.2	System będzie dostarczać informacje o warunkach ruchu
6.2.2	System będzie dostarczać operatorowi informacje o stanie sieci drogowej
6.2.3	System będzie dostarczać kierowcom informacje przy pomocy VMS
7.1.0	System będzie wspierać dynamiczne zarządzanie ruchem na sieci (strategie, plany operacyjne, wymiana informacji)
7.1.1	System będzie monitorować sieć, warunki ruchu, warunki pogodowe i środowiskowe
7.1.10	System umożliwi zarządzanie ruchem na pasach
7.1.2	System będzie wykonywać prognozy ruchu i prognozy warunków środowiskowych
7.1.3	System umożliwi operatorowi centrum ZR sterowanie ruchem przy pomocy sygnalizacji, VMS, itd.
7.2.0	System umożliwi wykrywanie i weryfikację zdarzeń oraz będzie wspierać strategię operacyjną odpowiednią do zdarzenia
7.2.2	System będzie zbierać dane o zdarzeniach i dostarczać informacje kierowcom

Tabela 2 Wybrane funkcje systemu

<b>Id</b>	<b>Grupa funkcji</b>	<b>Id</b>	<b>Funkcja szczegółowa</b>
2.1	Zarządzanie w sytuacjach kryzysowych	2.1.1	Pozyskiwanie zgłoszeń alarmowych
3.1.2	Świadczenie zarządzania ruchem na drogach krajowych	3.1.2.1	Zbieranie danych o ruchu
		3.1.2.2	Zbieranie danych o parkowaniu
		3.1.2.3	Przygotowanie prognoz ruchu i strategii operacyjnych
		3.1.2.4	Zarządzanie danymi o ruchu
		3.1.2.5.1	Świadczenie bieżącego zarządzania ruchem
		3.1.2.5.2	Świadczenie planowego zarządzania ruchem
		3.1.2.5.3	Określanie stanu napełnienia parkingów
		3.1.2.5.4	Świadczenie sterowania prędkością
		3.1.2.5.5	Dostarczanie sygnałów i informacji
		3.1.2.5.6	Świadczenie sterowania pasami
		3.1.2.5.7	Interfejs operatora w zarządzaniu ruchem
		3.1.2.5.8	Wykrywanie wykroczeń drogowych
3.1.2.5.9	Zarządzanie danymi o sieci drogowej		
3.1.3	Świadczenie zarządzania ruchem w tunelach	3.1.3.2	Ocena warunków i stanu tunelu
		3.1.3.3	Interfejs operatora w zarządzaniu tunelem
3.2	Świadczenie zarządzania zdarzeniami	3.2.1	Wykrywanie zdarzeń
		3.2.2	Identyfikacja i klasyfikacja zdarzeń
		3.2.3	Ocena zdarzeń i ustalenie planu działań
		3.2.4	Zarządzanie danymi o zdarzeniach
		3.2.5	Interfejs operatora w zarządzaniu zdarzeniami

Po określeniu i weryfikacji kompletności zbioru funkcji, program „FRAME Selection Tool” wygenerował automatycznie 117 funkcjonalnych przepływów danych wymaganych do realizacji wybranych funkcji. Na tym etapie istniała możliwość korekty: wyboru dodatkowych lub eliminacji zbędnych przepływów danych.

W następnym kroku dokonano wyboru baz danych potrzebnych do obsługi wybranych funkcji spośród możliwych 33 baz danych. W naszym przypadku potrzebne są następujące 4 bazy danych:

- Baza danych o ruchu na drogach krajowych;
- Baza danych o warunkach środowiskowych;
- Baza danych o zdarzeniach;
- Baza danych o sieci drogowej.

Zgodnie z procedurą FRAME, po określeniu wymagań użytkownika i funkcji systemu, następnym krokiem jest zdefiniowanie powiązań zewnętrznych systemu. Adresatami powiązań zewnętrznych są terminatory i aktorzy. Terminator (aktor) jest zdefiniowany jako podmiot będący częścią świata zewnętrznego, z którym proponowany system będzie mieć wzajemne oddziaływanie. Może to być osoba, inny system, z którym następuje wymiana danych lub też część świata fizycznego (np. środowisko naturalne), stan której można mierzyć. Aktor jest pojęciem bardziej szczegółowym niż terminator. Dla każdego aktora istnieje odpowiedni terminator – jego przodek. Wszystko to co odnosi się do terminatora-przodka jest także spełnione przez aktora, ale aktor może posiadać specyficzne dalsze własności.

Z punktu widzenia systemu, terminatorem jest każdy obiekt do lub od którego przesyłane mogą być dane. W szczególności terminatorami są użytkownicy systemu drogowego, tzn. kierowcy, piesi, rowerzyści, itd. Terminatorami są także instytucje, np. inne systemy zarządzania ruchem, dostawcy informacji dla podróżnych, inne systemy transportu, itd.

Przy definiowaniu terminatorów i aktorów nie ma dowolności (nie można na przykład wstawić podmiotów pokazanych na rys. 2) – kategorie terminatorów i aktorów są ściśle określone przez rodzaj danych, które będą z nimi wymieniane. Z dostępnych kategorii wybrano 15 terminatorów i aktorów. Z uczestników procesu ruchu na drogach terminatorami są: ruch, pojazdy, kierowcy oraz inni użytkownicy, tacy jak piesi, rowerzyści, pasażerowie komunikacji zbiorowej.

## 4. STRUKTURA FIZYCZNA SYSTEMU

### 4.1. Podział na podsystemy

Opisana struktura funkcjonalna może być realizowana na wiele sposobów – w zależności od przyporządkowania funkcji do różnych jednostek organizacyjnych. W metodzie FRAME faza ta nazywana jest analizą struktury fizycznej (ang. physical viewpoint), chociaż wydaje się że poprawnie byłoby mówić o strukturze organizacyjnej systemu. Ograniczeniem tej analizy jest warunek, że każda z 28 funkcji przedstawionych w Tabeli 2 może być przypisana tylko do jednej jednostki organizacyjnej systemu. Jednostkami organizacyjnymi mogą być podsystemy, które z kolei można podzielić na moduły.

Po wstępnej analizie różnych wariantów proponuje się podział systemu ZR w WWDK na trzy podsystemy i 9 modułów:

- Centralny podsystem ZR (zawiera 4 moduły)
- Lokalny podsystem ZR (zawiera 4 moduły)
- Podsystem ZR – tunele (1 moduł)

Proponowaną strukturę fizyczną czyli podział systemu na podsystemy i moduły przedstawia obrazowo rys. 3.

### 4.2. Podsystem centralny ZR

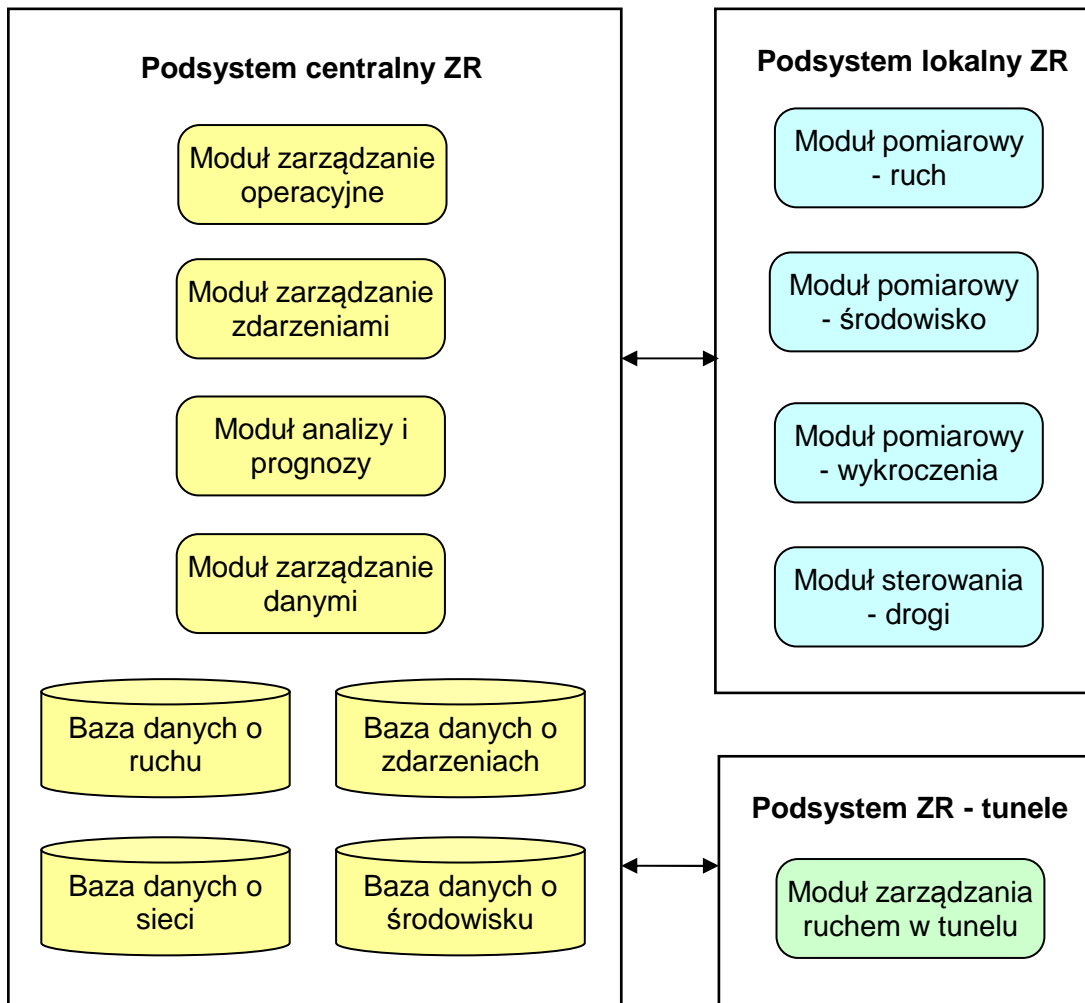
Podsystem centralny zarządzania ruchem zlokalizowany jest fizycznie w Centrum ZR i zakres jego działania pokrywa się z działaniem Centrum. Podsystem centralny zapewnia podstawowe funkcje zarządzania ruchem na sieci drogowej: monitorowanie warunków ruchu i warunków środowiskowych na sieci oraz wybór odpowiedniej strategii operacyjnej i jej wprowadzanie w życie poprzez sterowanie sygnalizacją, znakami zmiennej treści i przekazywanie informacji kierowcom. Podsystem centralny zapewnia też połączenia między systemem ZR dla WWDK a innymi systemami ZR (System Krajowy ZR, miejski System ZSZR w Warszawie) w celu koordynacji zarządzania ruchem na sąsiadujących obszarach.

Podsystem centralny podzielony jest na cztery moduły:

#### **Moduł analizy i prognozy**

W module tym umiejscowione jest przygotowanie prognoz ruchu i strategii operacyjnych. Moduł ten powinien zawierać matematyczny model ruchu na sieci objętej zarządzaniem aby umożliwić wykonywanie prognoz ruchu dla różnych danych wyjściowych i różnych wariantów sterowania. Analizy i przygotowywanie strategii operacyjnych powinno być wykonywane w trybie prac biurowych (ang. „offline”), to znaczy nie w czasie rzeczywistym. Podstawą tych analiz powinny być „statyczne” dane o sieci drogowej oraz historyczne dane o ruchu. Natomiast krótkoterminowe prognozy warunków ruchu, potrzebne do decyzji operacyjnych oraz do przekazywania kierowcom i innym centrom ZR, powinny być wykonywane na bieżąco, na podstawie bieżących pomiarów ruchu i danych historycznych.

Do zadań modułu analizy i prognozy należy też prognozowanie warunków środowiskowych i pogodowych, w szczególności powstawania mgły i gołoledzi. Takie prognozy, również wykonywane na bieżąco z wykorzystaniem prognoz uzyskanych od służb meteorologicznych, mogą w istotny sposób wpłynąć na decyzje dotyczące bieżącej strategii operacyjnej zarządzania ruchem.



Rys. 3 Struktura Systemu Zarządzania Ruchem dla WWDK zgodna z architekturą FRAME

### Moduł zarządzanie operacyjne

Moduł ten obejmuje świadczenie bieżącego zarządzania ruchem w warunkach typowych. Oznacza to wybór zgodnie z wcześniej ustalonymi kryteriami przygotowanych uprzednio planów operacyjnych sterowania sygnalizacją świetlną oraz informowania kierowców. Mogą to być proste kryteria czasowe (np. dzień tygodnia i pora dnia) lub też kryteria zależne od sytuacji ruchowej. Do zadań tego modułu należy też świadczenie zarządzania ruchem dla sytuacji planowych – to jest np. w sytuacjach zaplanowanych remontów i robót drogowych.

Częścią modułu zarządzanie operacyjne jest „interfejs operatora” czyli konsola przez którą operator może komunikować się z systemem i wprowadzać zmiany lub korekty w realizowanych planach operacyjnych zarządzania ruchem. Konsola pozwala na monitorowanie przez operatora sytuacji na sieci drogowej poprzez wyświetlanie na ekranach map i danych o aktualnej sytuacji (np. średnie prędkości na drogach), podgląd wizyjny obrazu drogi z kamer przemysłowych lub wydruki zestawień statystycznych. Konsola zapewnia też aktywny udział operatora w zarządzaniu ruchem umożliwiając wprowadzanie danych przez klawiaturę i inne urządzenia wejściowe. W podobny sposób zapewniony jest udział operatora w zarządzaniu tunelem, zarządzaniu zdarzeniami i w monitorowaniu warunków środowiskowych.

### Moduł zarządzanie danymi

Moduł ten obejmuje funkcje pozyskiwania, przetwarzania i archiwizowania danych różnych kategorii. Kategorie danych odpowiadają różnym bazom danych i obejmują: dane o ruchu i parkowaniu, dane o sieci drogowej, dane o zdarzeniach i dane o warunkach środowiskowych. Dane mogą być pozyskane z innych modułów (np. z modułów pomiarowych) lub od innych systemów ZR. Po pozyskaniu i sprawdzeniu, dane są przesyłane do innych modułów które z nich korzystają

oraz magazynowane czyli zapisywane w odpowiedniej bazie. Dane w bazach (z wyjątkiem danych o sieci) dzielą się na dane historyczne, bieżące i prognozy. Funkcją modułu jest też udostępnianie danych innym centrom ZR i użytkownikom w odpowiednich formatach.

#### **Moduł zarządzanie zdarzeniami**

Moduł ten obejmuje funkcje zarządzania ruchem w sytuacjach wyjątkowych i niespodziewanych. Za zdarzenie drogowe przyjmuje się wypadek, awarię lub pogorszenie warunków pogodowych powodujące czasowe ograniczenie przepustowości i mające wpływ na warunki ruchu. Sygnały o zdarzeniach wpływają do modułu z różnych źródeł – na przykład nagłe zmiany prędkości ruchu sygnalizujące potencjalne zdarzenia są automatycznie wykrywane na poziomie lokalnym przez moduł pomiarowy-ruch. W ramach modułu zarządzanie zdarzeniami powinno funkcjonować stanowisko operatora do pozyskiwania telefonicznych zgłoszeń alarmowych. Zgłoszenia i dane o zdarzeniu są weryfikowane i analizowane w celu sklasyfikowania typu zdarzenia według ustalonych kryteriów. Następnym krokiem jest ocena zdarzenia i ustalenie czy potrzebne są działania dla zminimalizowania jego skutków. System powinien reagować automatycznie to znaczy wyszukać plan operacyjny najbardziej odpowiedni do zaistniałej sytuacji. Przez wprowadzeniem w życie plan taki musi być zaakceptowany przez operatora. W ramach planu następuje rozesłanie ostrzeżenia o zdarzeniu poprzez kanały informacji dla kierowców a w przypadku zdarzenia, którego skutki mają zasięg ponad lokalny informacje o skutkach zdarzenia przekazywane są do innych systemów ZR. W miarę rozwoju sytuacji, plany operacyjne, wyświetlane ostrzeżenia i informacje są periodicznie aktualizowane aż do przywrócenia normalnych warunków ruchu.

### **4.3. Podsystem lokalny ZR**

Podsystem lokalny zarządzania ruchem obejmuje wszystkie urządzenia zlokalizowane w pasie drogowym: stacje pomiaru ruchu, stacje pogodowe, kamery przemysłowe, stacje ważenia pojazdów, urządzenia sygnalizacji świetlnej, znaki i tablice zmiennej treści, itp. Podsystem ten jest rozproszony to znaczy jego elementy znajdują się na całym obszarze WWDK objętym zarządzaniem ruchem. Podsystem lokalny ZR podzielony jest na cztery moduły.

#### **Moduł pomiarowy-ruch**

Podstawowym zadaniem modułu jest zbieranie danych o ruchu przy pomocy czujników (pętle indukcyjne, wideodetektory). Przetworzenie danych o wykrytej obecności i typach pojazdów stwarza możliwość określenia stanu ruchu na drodze, to znaczy natężenia, gęstości i prędkości ruchu. Parametry określające stan ruchu będą przekazywane do modułów podsystemu centralnego ZR do wykorzystania w zarządzaniu ruchem.

Specjalne znaczenie w module ma funkcja wykrywania potencjalnych zdarzeń drogowych. Zarówno dane o parametrach ruchu jak i obrazy wideo będą używane jako dane wyjściowe. Dane te będą analizowane w celu wykrycia wzorów (np. nagłe zmiany prędkości i natężenia ruchu) wskazujących na zdarzenie drogowe. Dane o potencjalnych zdarzeniach będą przesyłane do modułu zarządzania zdarzeniami w celu identyfikacji zdarzenia i jego klasyfikacji według typu. Elementem procedury weryfikacji zdarzenia będą obrazy z kamer do podglądu wizyjnego rozmieszczone na najbardziej zatłoczonych odcinkach oraz w strategicznych miejscach (np. tunele).

W zakresie działania modułu pomiarowego-ruch mieści się także zbieranie danych o parkowaniu na parkingach strategicznych, na przykład przy pomocy zliczania pojazdów wjeżdżających i wyjeżdżających.

#### **Moduł pomiarowy-środowisko**

Pod pojęciem „środowisko” rozumiany jest tu zespół warunków zewnętrznych w jakich odbywa się ruch na drogach. Do tych warunków zalicza się zarówno naturalne warunki pogodowe (temperatura, opady, mgła, wiatr) jak i warunki wywołane przez człowieka (zanieczyszczenie powietrza, hałas). Zgodnie z tą definicją, do zadań modułu należy monitorowanie zarówno warunków pogodowych jak również wykonywanie pomiarów poziomu zanieczyszczenia powietrza i poziomu hałasu w miejscach szczególnie na nie narażonych.

#### **Moduł pomiarowy-wykroczenia**

Jakkolwiek ściganie wykroczeń drogowych jest domeną policji i nie leży w kompetencjach zarządcy dróg krajowych, architektura systemu ZR umożliwia wykrywanie wykroczeń drogowych takich jak przekraczanie prędkości, łamanie światła czerwonego czy przekraczanie maksymalnej

masy pojazdu. W proponowanej konfiguracji system wykrywa wykroczenia jednak nie prowadzi identyfikacji kierowców. Identyfikacja taka i prowadzenie rejestru (bazy danych) kierowców łamiących przepisy może być uruchomiona w przyszłości w miarę potrzeb.

### **Moduł sterowania-drogi**

Moduł sterowania pełni najważniejszą dla działania całego systemu funkcję wykonawczą. Polega ona na realizacji planów operacyjnych poprzez sterowanie urządzeniami takimi jak znaki i tablice zmiennej treści oraz sygnalizacja świetlna, a tym samym dostarczenie kierowcom i innym użytkownikom dróg konkretnych sygnałów i informacji. Plany operacyjne mogą być wybierane na poziomie centralnym lub lokalnym. Stopień autonomii zależy będzie od lokalizacji a także od sytuacji ruchowej – w przypadku sygnalizacji świetlnej większy stopień autonomii jest możliwy na skrzyżowaniach izolowanych i w warunkach typowych.

Funkcją modułu jest także świadczenie sterowania prędkością czyli wyznaczanie i wyświetlanie na znakach zmiennej treści lokalnych wartości ograniczeń dozwolonej prędkości ruchu. Wartości te mogą być wyznaczane automatycznie przez system w zależności od warunków ruchu i warunków pogodowych (np. ograniczenie prędkości w przypadku mgły) lub też narzucane przez operatora. Moduł sterowania-drogi zapewni też możliwość sterowania ruchem na pasach poprzez wyświetlanie odpowiednich sygnałów LCS (zielona strzałka, czerwony krzyżyk), a w szczególności zamykania dla ruchu pasów na których znajdują się czasowe przeszkody.

Do modułu sterowania ruchem należy też funkcja określenia stanu napełnienia parkingów i wyświetlania tej informacji kierowcom.

## **4.4. Podsystem ZR – tunele**

Ostatni z podsystemów dotyczy tuneli. Jest on także zlokalizowany w terenie, jednakże ze względu na specyfikę tuneli są one potraktowane odrębnie. Zarządzanie ruchem w tunelu jest ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa ponieważ w sytuacjach awaryjnych tunel może stać się potencjalną pułapką ze względu na ograniczone możliwości ewakuacji. W podsystemie tunelowym zdefiniowano tylko jeden moduł.

### **Moduł zarządzania ruchem w tunelu**

Zadaniem tego modułu jest monitorowanie stanu tunelu oraz warunków w nim panujących. Chodzi tutaj o wczesne wykrywanie potencjalnych zagrożeń takich jak zalanie tunelu, pożar lub awaria systemu wentylacji powodująca zbyt dużą koncentrację zanieczyszczeń. Zagrożenie może być wykryte przez zespół czujników rozmieszczonych w tunelu lub przy pomocy kamer przemysłowych, które powinny objąć swym zasięgiem całość tunelu. Możliwe jest także wykrycie zagrożenia spowodowanego przez wypadek lub zator, które będą wykryte przez moduł pomiarowy ruch. W przypadku wykrycia i potwierdzenia zagrożenia, w zależności od powagi sytuacji, w centrum ZR może być podjęta decyzja o całkowitym zamknięciu tunelu lub o ograniczeniu ruchu na poszczególnych pasach. W takim wypadku, moduł zarządzania ruchem w tunelu odpowiada za dostarczenie kierowcom odpowiednich sygnałów i informacji o zamknięciu tunelu lub pasów.

## **4.5. Bazy danych**

Jak już wspomniano, cztery bazy danych zdefiniowane w fazie analizy funkcjonalnej zostały przydzielone do podsystemu centralnego ZR i do modułu zarządzania danymi. Tabela 5 przedstawia zestawienie baz danych, ich umiejscowienie oraz identyfikatory które będą zastosowane do opisu przepływów danych.

Bazy danych (z wyjątkiem bazy danych o sieci) dzielą się na trzy części, zawierające dane historyczne, bieżące i prognozy. Baza danych o zdarzeniach ma tylko dwie części: historyczną i bieżącą.

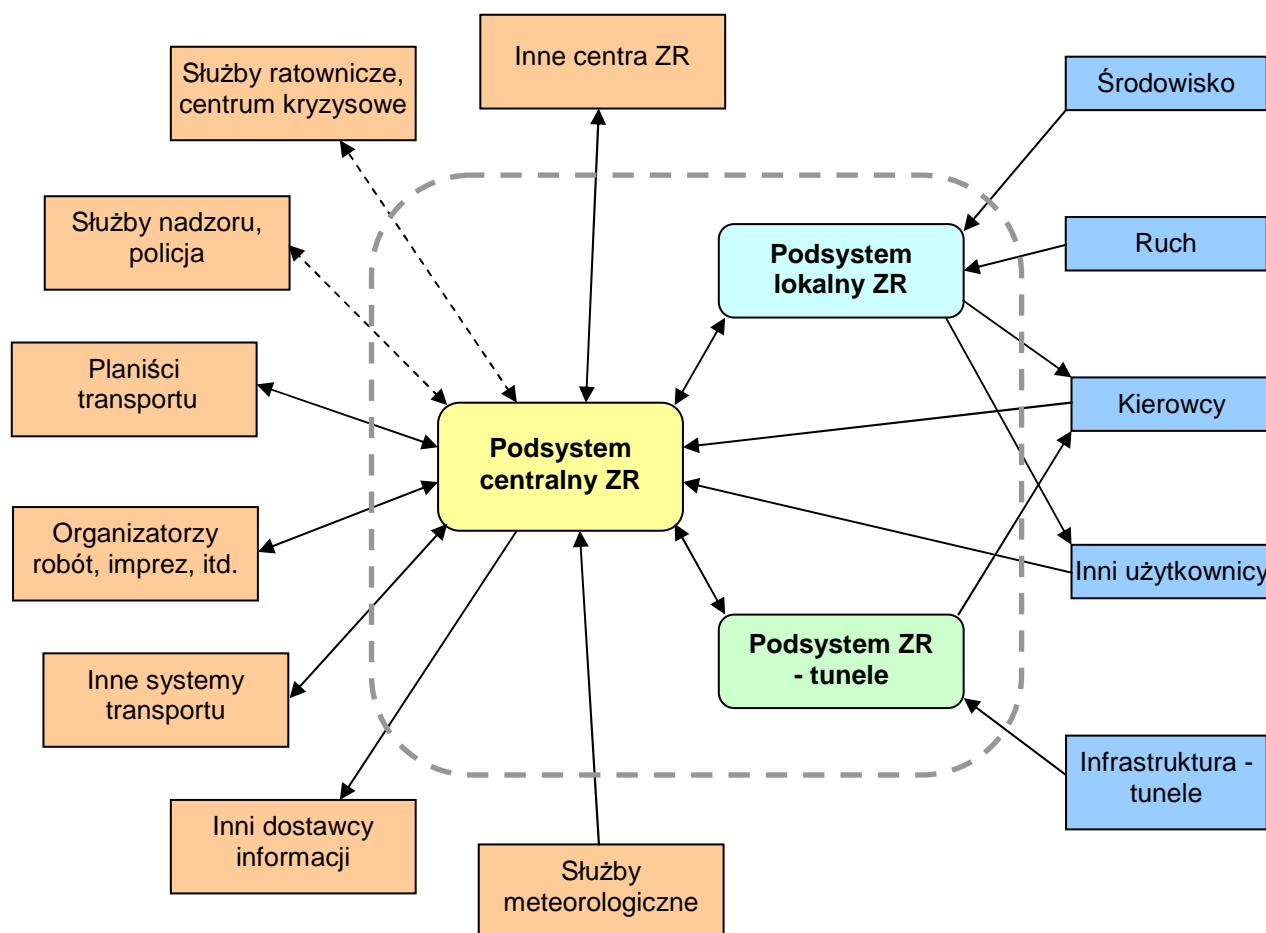
## **5. PRZEPIŁY DANYCH**

Na podstawie zadanej struktury fizycznej systemu, program „FRAME Selection Tool” wygenerował 86 fizycznych przepływów danych. Są to przepływy wzajemne między modułami systemu a także przepływy między modułami a terminatorami znajdującymi się na zewnątrz systemu. Dzięki agregacji funkcji tzn. przypisaniu kilku funkcji do tego samego modułu, liczba przepływów fizycznych jest niższa niż przepływów funkcjonalnych.



Rys. 4 przedstawia na tak zwanym diagramie kontekstowym przepływy danych między podsystemami a podmiotami zewnętrznymi (terminatorami). Jak widać wszystkie podmioty instytucjonalne kontaktują się bezpośrednio z podsystemem centralnym ZR, natomiast uczestnicy ruchu (kierowcy, pojazdy, inni użytkownicy) są w interakcji z podsystemem lokalnym ZR lub z podsystemem ZR-tunele. Wyjątkiem są tu zgłoszenia alarmowe od uczestników ruchu które napływają wprost do centrum. Powiązania podsystemu centralnego ZR ze służbami ratowniczymi oraz ze służbami nadzoru i policją oznaczono linią przerywaną gdyż nie wynikają one automatycznie z modelu przepływu danych – funkcje ścigania wykroczeń i organizacji akcji ratunkowych zostały wyłączone z zakresu kompetencji systemu ZR w WWKD.

Każdy przepływ fizyczny ma określony kierunek i może składać się z kilku przepływów funkcjonalnych (wg. terminologii stosowanej w metodzie FRAME).



Rys. 4 Diagram kontekstowy Systemu Zarządzania Ruchem dla WWKD

## 6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Do celu zaprojektowania systemu wykorzystano Europejską Ramową Architekturę ITS, znaną pod nazwą FRAME. Metoda ta, opracowana i doskonalona w ramach szeregu europejskich programów badawczych, zastosowana została do tworzenia systemów ITS w wielu krajach. Zgodnie z zalecanym w metodzie FRAME podejściem, projektowanie struktury SZR w WWKD przeprowadzono w następujących krokach:

- Określenie architektury funkcjonalnej systemu, polegające na wybraniu wymagań użytkownika oraz funkcji i zadań do realizacji;
- Określenie architektury fizycznej, polegające na zdefiniowaniu podsystemów i modułów oraz ich lokalizacji;
- Określenie architektury łączności między elementami systemu i podmiotami zewnętrznymi.

Ponieważ cała Europejska Ramowa Architektura FRAME obejmuje wiele dziedzin transportu i zastosowań ITS, wykorzystano tylko jej fragmenty dotyczące bezpośrednio tematu zarządzania ruchem na drogach zamiejskich. W szczególności, pominięto zagadnienia zarządzania transportem zbiorowym i flotą samochodów ciężarowych, elektronicznego poboru opłat oraz zaawansowanych systemów bezpośredniej łączności z/między pojazdami. Kwestie zarządzania kryzysowego i bezpieczeństwa, ścigania wykroczeń drogowych oraz informowania kierowców uwzględniono jedynie w ograniczonym stopniu, wynikającym z kompetencji i zakresu działań Oddziału GDDKiA w tych kwestiach.

### Literatura

1. Projekt FRAME – European ITS Framework Architecture (strona Internetowa: <http://www.frame-online.net/home.htm>)
2. Jesty P. i Bossom R. Using the FRAME Architecture for Planning Integrated Intelligent Transport Systems, EATIS, 2009.
3. Olszewski P. i Kasprzak W., Struktura funkcjonalna Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych, Temat II opracowania: Koncepcja monitoringu i zarządzania ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych z uwzględnieniem Wielkiej Obwodnicy Warszawy, Warszawa, 2008.
4. Ramowa koncepcja Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych, Temat I opracowania: Koncepcja monitoringu i zarządzania ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych z uwzględnieniem Wielkiej Obwodnicy Warszawy, Suchorzewski Konsulting, Warszawa, 2008.
5. Założenia Systemu Zarządzania Ruchem na Drogach Krajowych, Suchorzewski Konsulting, Warszawa, 2007.
6. Dąbrowski W. Rozwój sieci dróg krajowych na Mazowszu. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej SITK RP: „UEFA EURO 2012. Transport w Warszawie i na Mazowszu”. Warszawa, 16.04.2008