

Zbigniew Janik<sup>1</sup>

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

## Rola syntezy danych w zaawansowanym transportowym systemie informacji

### WPROWADZENIE

Właściwością ludzkiego umysłu jest łączenie informacji otrzymywanych od różnych zmysłów, a także różnych danych otrzymywanych od jednego zmysłu - na przykład pojedynczego oka i obydwu. Korzyścią z łączenia informacji z różnych zmysłów jest bardziej trafne ocenianie świata niż przy wykorzystaniu pojedynczego zmysłu. To samo dotyczy różnego rodzaju informacji w ramach jednego zmysłu, na przykład łączymy w jedno informację o odległości uzyskiwaną z perspektywy (do postrzegania której wystarcza jedno oko) z widzeniem stereoskopowym („3D”) które zasadza się na różnicy informacji z obojga oczu.

Dzieje się tak dlatego, że łączenie, uśrednianie danych dwojakiego rodzaju powoduje niemożność ich rozdzielenia, efekt taki, znany jest jako „fuzja sensoryczna”. Obrazy odbierane lewym i prawym okiem zlewają się w jeden.

Zalew danych i informacji stał się ostatnio jednym z największych wyzwań dla ludzkości. Guru zarządzania, prof. Henry Mintzberg z Uniwersytetu w Montrealu, podkreśla, że więcej informacji nie prowadzi do podejmowania lepszych decyzji. Co więcej twierdzi, że umiejętność dobrego kierowania dowolną funkcją firmy to w coraz większym stopniu umiejętność wyróżniania ważnych informacji w nieustannym „hałasie informacyjnym”. Tak zwany *information overload* – przeładowanie informacyjne stwarza szczególnie rodzaj problemów dla menedżerów, którzy muszą teraz nawigować po niekończących się oceanach danych. Według Henry’ego Mintzberga, zarządzanie jest w naszych czasach „pracą polegającą fundamentalnie na przetwarzaniu danych”; ale ich nadmiar sprawia, że utrudnia to syntezę informacji, a to właśnie ona – nie zaś analiza – jest podstawą dobrego zarządzania.

Zbyt wiele danych, informacji, analiz i modeli komputerowych paraliżuje zdolność do trzeźwej oceny sytuacji.

Droga na skróty przez nadmiar danych, czy analiz, nie zastąpi uważnej oceny sytuacji. W świecie nadmiaru informacji synteza informacji staje się czymś cennym i rzadkim. Jeśli zalew informacji negatywnie wpływa na kondycję intelektualną pracowników, zdolność do oceny ryzyka czy procesy decyzyjne to już zapewne czas, by zacząć modyfikować procesy zarządzania informacją i szukać pomocy w nowych technologiach. Zaś sama obfitość informacji, choć pożyteczna dla firm, nie przeradza się spontanicznie w głęboką wiedzę o naturze rynku, na którym działamy.

Szeroki zbiór różnorodnych narzędzi bazujących na technologii informatycznej, komunikacji bezprzewodowej i elektronice pojazdowej, umożliwi sprawne i efektywne zarządzanie infrastrukturą transportową oraz sprawną obsługę podróżnych. W takich systemach funkcjonowanie transportu jest w wysokim stopniu wspierane zintegrowanymi rozwiązaniami pomiarowymi (czujniki, sensory), telekomunikacyjnymi, informatycznymi i informacyjnymi, a także automatycznego sterowania.

Według przeprowadzonych empirycznych badań, dzięki inteligentnym systemom transportowym (ITS), jest możliwe zmniejszenie o 40-80% ryzyka wypadków związanych z ruchem pojazdów samochodowych, obniżenie o 5-10% wielkości szkodliwych emisji silnikowych do atmosfery, obniżenie o 15-20% jednostkowego zużycia bezpośredniego energii w transporcie z czym wiąże się adekwatna obniżka jednostkowych kosztów eksploatacji środków transportu, zwiększenie o 20-30% przepustowości istniejących elementów transportowej infrastruktury liniowej i punktowej (bez inwestowania w dodatkowe pasy ruchu), zmniejszenie o 40-70% strat czasu w przejazdach na obszarach wysoko zurbanizowanych [1].

<sup>1</sup> zbig@it.pw.edu.pl

W tak zaawansowanych systemach transportowych, aby efektywnie wykorzystać niezliczoną ilość danych i odpowiednich informacji musimy dążyć do ich zmniejszenia wykorzystując odpowiednie metody, teorie i algorytmy syntezy informacji znane z innych mniej lub bardziej pokrewnych dziedzin nauki.

Definicja syntezy informacji dla celów transportowych dotychczas nie została jednoznacznie zdefiniowana. Aktualnie rozumiana jest dość ogólnie.

**Synteza** (*słownik języka polskiego*) - wiązanie wielu różnych elementów w całość; całościowe ujęcie zjawiska jednoczące wyniki badań i obserwacji cząstkowych; formułowanie uogólnień na podstawie twierdzeń szczegółowych.

**Synteza informacji** to metoda, która polega na integracji danych pochodzących z różnych źródeł w celu osiągnięcia lepszych wyników klasyfikacji aniżeli było by to możliwe z wykorzystaniem pojedynczego niezależnego źródła informacji.

**Synteza informacji** [2] to proces integracji danych lub informacji w celu określenia bieżącego lub przyszłego stanu obiektu.

## 1. ZAAWANSOWANY TRANSPORTOWY SYSTEM INFORMACJI

Zaawansowany Transportowy System Informacji (ZTSI) jest jednym z kilku inteligentnych systemów transportowych (ITS) – jest to technologia, która udostępnia użytkownikom informacje dotyczące warunków podróży przed jej rozpoczęciem lub w trakcie, zapewniając szeroki wybór informacji przygotowanych na podstawie indywidualnych potrzeb i zainteresowań użytkowników. Jednym z głównych powodów zainteresowania zaawansowanym transportowym systemem informacji jest to, że został on stworzony z uwzględnieniem różnicy pomiędzy wzrostem wymagań dla transportu przy jednoczesnym stosunkowo małym wzrostem jego wydajności. Powoduje to znaczny wzrost strumienia regionalnego ruchu drogowego, utrudnienia w obliczaniu czasu podróży oraz zwiększenie kosztów bezpieczeństwa i wydajności. Skoro na większości terenów silnie zaludnionych rozbudowa sieci drogowej jest utrudniona ze względów społecznych i środowiskowych jedynym rozwiązaniem jest sprawniejsze zarządzanie istniejącymi zasobami.

Aby działać wydajnie zaawansowany transportowy system informacji musi być zasilany szerokim zestawem danych oraz informacji, w związku z powyższym jednym z komponentów tego złożonego procesu jest synteza danych.

Celem syntezy informacji w zaawansowanym transportowym systemie informacji jest połączenie danych pochodzących z różnych źródeł w celu oszacowania lub przewidywania stanu wybranych aspektów ruchu kołowego. Te oszacowania mogą dotyczyć np. obecnej i przyszłej szybkości ruchu kołowego, klasyfikacji transportu oraz jego rozmiaru na wybranych rodzajach szlaków, informacje ekologiczne i pogodowe, wydajność systemu transportowego i wiele innych aspektów coraz częściej znajdujących się w kręgu zainteresowań podróżnych.

Całkowita efektywność syntezy danych musi być oceniona w kontekście całego systemu, biorąc pod uwagę cel systemu, architekturę, możliwości przetwarzania danych, walidację i weryfikację danych, interfejs system-człowiek.

Prowadzone aktualnie badania mające ustalić podwaliny dla zaawansowanego transportowego systemu informacji są trójkierunkowe:

- Po pierwsze analiza literaturowa dotycząca obecnych trendów w systemach typu ITS oraz syntezie danych. Działania te obejmują także analizę podobnych przypadków oraz dyskusje z wybranymi docelowymi użytkownikami ZTSI w celu określenia zasięgu oraz kierunku ich zainteresowań synteżą danych.
- Po drugie opracowanie odpowiedniego modelu syntezy danych dla ZTSI. Przewiduje się, model ten opierać się będzie na pięciu poziomach funkcjonalnych.
- Po trzecie ustalane są identyfikowane metryki pozwalające opisać ilościowo i jakościowo w jaki sposób jakość przetwarzanych danym może być weryfikowana aby informacje wynikowe ZTSI były bardziej wiarygodne i użyteczne.

W celu stworzenie efektywnego i wartościowego serwisu zaawansowanego transportowego systemu informacji konieczna jest współpraca wielu organizacji, technologii i procesów oraz zestaw właściwych źródeł danych. Niezbędne jest także porozumienie na poziomie prywatno - publicznym pozwalające na zastosowanie uzgodnionych standardów i protokołów.

## 2. KONCEPCJA SYNTEZY DANYCH

Ogólnie mówiąc celem syntezy danych w zaawansowanym transportowym systemie informacji jest połączenie i przetworzenie uzyskanych informacji w celu określenia obecnych i przewidywania przyszłych stanów niektórych aspektów dotyczących transportu drogowego.

Podstawowe funkcje syntezy danych obejmują:

- Zbieranie danych pierwotnych – transmisja i odbiór bezbłędnych danych z czujników i innych źródeł;
- Identyfikacja danych – łączenie zwrotnych danych ze źródłem;
- Uzgadnianie danych – przetwarzanie zidentyfikowanych danych w celu m.in. transformacji danych do bardziej uniwersalnej postaci (np. dokumenty XML);
- Ocena stanu – ocena kinetycznej (czas i/lub przestrzeń) wydajności obiektu zainteresowania;
- Ocena jakości – zastosowanie różnorodnych technik do oceny jakości danych syntetycznych;

Całkowita efektywność syntezy danych powinna być oceniona w kontekście całego systemu - biorąc pod uwagę cel systemu, architekturę, możliwości przetwarzania danych, walidację i weryfikację danych, interfejs system-człowiek oraz szereg regulacji społecznych i instytucjonalnych.

## 3. KLUCZOWE FUNKCJE WYMAGAJĄCE IMPLEMENTACJI W PROCESIE SYNTEZY DANYCH

W ramach projektu zaawansowanego transportowego systemu informacji powstały różne pomysły na prowadzenie syntezy danych. Z jednej strony istnieje relatywnie prosty centralny model danych – pierwotny proces uzgadniania danych odbywa się z pomocą szablonów lub znanych metod referencyjnych z ograniczoną analizą danych. Inne podejście jest bardziej wyrafinowane i zakłada model oparty na połączeniu danych z różnych źródeł informacji oraz zastosowaniu technik oceny co do zapewnienia możliwości pełniejszego zaspokojenia potrzeb użytkowników.

Synteza danych jest wykorzystywana tu do przeprowadzania przestrzennego lub czasowego uzgodnienia danych wejściowych. Uzgodnienie to oraz działania związane z transformacją danych może być wykonywane za pośrednictwem właściwego systemu i zestawu zaakceptowanych technik. Niektórzy publiczni dostawcy serwisów zaawansowanego transportowego systemu informacji są zainteresowani rozwojem metody syntezy danych jednak nie postrzegają ich obecnie jako kluczowe.

Niektóre wyzwania związane z rozwojem syntezy informacji w zaawansowanym transportowym systemie informacji to:

- Dostęp do danych źródłowych;
- Słabe pokrycie czujnikami oraz ich zawodność nie pozwalają na bardziej skomplikowane metody przewidywania czasów podróży oraz stanu sieci transportowych, co staje się podstawowym wymaganiem użytkowników;
- Niektóre algorytmy wymagają probabilistycznych lub innych równie skomplikowanych metod obliczeniowych, które muszą być wykonywane przy udziale ludzi. Rozwiązaniem najczęściej stosowanym jest pozostawienie w systemie człowieka jako kluczowego ogniwa podejmującego decyzje;
- Techniki syntezy danych są obecnie szeroko rozwijane ale wymagają adaptacji do potrzeb zaawansowanego transportowego systemu informacji;
- Systemy zaawansowanego transportowego systemu informacji nie są systemami jednorodnymi co oznacza że współdziałają i jednocześnie są zależne od innych systemów. W konsekwencji ich wydajność i wiarygodność jest w dużym stopniu zależna od innych architektur.

#### 4. TEORIE WYKORZYSTYWANE W SYNTEZIE INFORMACJI

Synteza informacji jest nauką interdyscyplinarną. Skupia i wykorzystuje metody, teorie i algorytmy znane z innych mniej lub bardziej pokrewnych dziedzin nauki. Dokonując próby podziału teorii wykorzystywanych w syntezie informacji można wymienić następujące kategorie [3]:

- **techniki bazujące na wnioskowaniu** na podstawie cech charakterystycznych,
  - *metody probabilistyczne (statystyczne)*
    - wnioskowanie klasyczne,
    - wnioskowanie bayesowskie
    - metoda Dempstera-Shafera
  - *metody teorii informacji*
    - sztuczne sieci neuronowe,
    - zastosowaniu algorytmów klasteryzujących (grupowania),
    - zastosowaniu różnych wariantów głosowania
    - rozpoznawaniu wzorców parametrycznych,
    - metody entropii,
    - miary korelacyjne,
    - metody funkcji celu.
- **metody fizyczne** (techniki bazujące na modelu fizycznym), stworzenie modelu fizycznego, czyli formalnego opisu cech określających obiekt łatwych do zaobserwowania i wyliczenia.
  - metody symulacyjne,
  - estymacja (filtracja Kalmana, maksymalizacja prawdopodobieństwa oraz aproksymacja metodą najmniejszych kwadratów)
  - metody syntaktyczne (składniowe)
- **modele poznawcze** (techniki bazujące na analizie wiedzy).
  - systemy ekspertowe,
  - metody bazujące na analizie wzorców logicznych,
  - metody bazujące na teorii zbiorów rozmytych.

#### 5. ARCHITEKTURY SYSTEMÓW SYNTEZY INFORMACJI

Zasadniczo wyróżnia się trzy podstawowe architektury systemów syntezy informacji [2].

##### *Architektura systemu z bezpośrednią synteżą informacji*

Dane pochodzące z sensorów poddawane są bezpośrednio syntezie. W kolejnym kroku następuje dopiero ekstrakcja cech charakterystycznych i generacja deklaracji dotyczącej klasy obserwowanego obiektu. Rozwiązanie takie jest wygodne w sytuacji, gdy dane pochodzące z sensorów są podobnej natury fizycznej to znaczy np. używane są tylko sensory wizyjne lub tylko akustyczne. W takiej sytuacji syntezie może podlegać pierwotny strumień danych pochodzących z sensorów. Do przetwarzania danych stosuje się np. filtrację Kalmana. Jeżeli dane nie mają podobnego charakteru, wskazane lub nawet konieczne okazuje się zastosowanie systemów syntezy informacji na poziomie wektora cech lub na poziomie decyzji (czyli niezbędne jest zaawansowane przetworzenie danych uzyskiwanych z sensorów).

##### *Architektura systemu z synteżą informacji na poziomie wektorów cech charakterystycznych*

Dane pochodzące z sensorów poddawane są przetwarzaniu, w wyniku którego uzyskuje się wektory cech charakterystycznych podlegające w dalszym ciągu procesowi syntezy informacji. Najczęściej

uzyskany w wyniku syntezy informacji wynikowy wektor cech charakterystycznych jest przetwarzany przy pomocy sztucznych sieci neuronowych lub algorytmów klasteryzujących.

### **Architektura systemu z syntezą na poziomie deklaracji (decyzji)**

Każdy z sensorów zaopatrzony jest w swój własny tor przetwarzania sygnałów, w którym dochodzi do wypracowania elementarnej deklaracji dotyczącej w ogólnym przypadku lokalizacji, klasy i cech obserwowanego obiektu. Deklaracje te są następnie poddawane procesowi syntezy informacji. Jako przykłady tej metody syntezy służyć mogą metody wnioskowania klasycznego, wnioskowania bayesowskiego i algorytm Dempstera-Shafera.

Architektura odnosi się do struktury komponentów, ich relacji oraz zasad i wytycznych rządzących ich projektowaniem, implementacją i ewaluacją w czasie. Architektura syntezy danych dotyczy czterech podstawowych komponentów i ich wzajemnych relacji [6]:

- źródła danych,
- algorytmów syntezy danych oraz bazy danych,
- sieci komunikacyjnej,
- interfejsu HCI.

Konfiguracja architektury syntezy danych jest złożonym procesem projektowym obejmującym połączenie pomiędzy komponentami pozwalającymi w rezultacie osiągnąć cele systemu ZTSI dotyczące funkcjonalności i wydajności. Ze względu na różnorodność dostępnych komponentów w ZTSI nie jest możliwe dostarczenie ostatecznej i szczegółowej definicji jakie komponenty i techniki syntezy są najlepsze. Poniższe opisy sugerują wytyczne dla czterech komponentów architektury syntezy danych w ramach projektu ZTSI.

#### **Źródła danych**

Źródła danych mogą występować w różnych konfiguracjach i łączyć się przez różnorodne kanały komunikacji. Trzy podstawowe sposoby przetwarzania danych uzyskane przez wielosensorowe źródła danych: bezpośrednia synteza danych na poziomie czujników, reprezentacja danych czujników przy użyciu aspektów informacyjnych, przetwarzanie danych z każdego czujnika w celu uzyskania wysokopoziomowych wniosków / decyzji związanych z obiektem.

Pierwsza konfiguracja dotyczy bezpośredniej syntezy danych na poziomie czujnika. Z taką sytuacją mamy do czynienia, kiedy czujnik jest w stanie wykonać znaczną ilość podstawowych funkcji syntezy, przykładowo - szeregowanie danych, kojarzenie obiektów i inne. Co więcej jeśli ten sam zestaw czujników mierzy to samo zjawisko fizyczne wtedy dane czujników mogą być bezpośrednio porównywane. Techniki syntezy danych na tym poziomie odnoszą się do klasycznych metod oceny takich jak filtrowanie Kalman'a. Jeśli dane z czujników nie są takie same lub nie są porównywalne wtedy dane powinny być syntezywane przy użyciu aspektów informacyjnych.

Druga konfiguracja wykorzystuje syntezę na poziomie cech charakterystycznych. Cechy te są wyborem reprezentacyjnych cech z danych pochodzących z czujników takich jak zestaw współczynników regresji czy współczynniki transformaty Fourier'a. Cechy są uzyskiwane na podstawie wieloczujnikowych obserwacji i łączone w wektory cech reprezentatywnych które są zazwyczaj obrabiane przy zastosowaniu technik rozpoznawania na podstawie wzoru (metody szablonowe, algorytmy klastrowe). Przykładem jest podejście oparte na monitoringu telewizyjnym i czujnikach akustycznych wykorzystywanych do identyfikacji i oceny ruchu drogowego w kluczowych segmentach autostrad.

Trzecia konfiguracja łączy informacje z czujników jeżeli każdy czujnik wykonał wstępne eliminacje identyfikacji i lokalizacji obiektu. Techniki związane z syntezą na poziomie decyzji obejmują techniki głosowania czy też metody wnioskowanie parametrycznego.

Nie ma konkretnych przesłanek mówiących, które podejście należy wykorzystać. Tak naprawdę większość architektur syntezy danych jest hybrydą jednej lub więcej z tych technik.

## Algorytmy syntezy danych i bazy danych

Z perspektywy architektury heurystyczne i numeryczne techniki używane do syntezy danych będą zależą znacznie od środowiska w jaki zostaną zastosowane w połączeniu z dostępnymi funkcjami i źródłem danych. Algorytmy wymagają znacznych ilości obliczeń w celu skojarzenia, korelacji, oszacowania i klasyfikacji obiektów. W celu wykonania tych obliczeń i oszacowań, algorytmy syntezy danych wykonują działania na lub z parametrami modelowymi, danymi z baz danych i innymi przy zastosowaniu technik takich jak wnioskowanie Bayesowskie. Operacje te zazwyczaj wymagają użycia bazy danych dla danych wejściowych, przechowywania, wyszukiwania informacji, archiwizacji i innych funkcjonalności. Dlatego też zarządzanie bazą danych jest kluczem do sprawności (wydajności) w architekturach systemów syntezy danych.

Większość baz danych dostępnych dla syntezy danych są to albo bazy relacyjne lub obiektowe. Ze względu na wydajność w funkcji kosztów i wydajności przetwarzania znacznie bardziej prawdopodobne jest zaimplementowanie serwisu ZTSI na relacyjnej bazie danych. Jednakże bazy te nie są tak wydajne w wielowymiarowej analizie jak bazy obiektowe. Ta funkcjonalność przemawia za tym aby ZTSI opierać na bazie obiektowej gdy elastyczność przetwarzania i wyrafinowane cele syntezy będą podstawowym kryterium. Istnieje także możliwość zastosowania modelu hybrydowego łączącego najlepsze cechy relacyjnych i obiektowych baz danych jednakże wymagają wysoko wykwalifikowanego zespołu administratorów więc stosowane są jedynie w wąskim zakresie przedsięwzięć.

Kolejnym aspektem jaki należy wziąć pod uwagę jako klucz do wydajności systemu syntezy jest wybór pomiędzy bazą centralną a rozproszoną. Większość ZTSI będzie wykorzystywała w swojej architekturze bazy rozproszone ze względu na trzy powody. Po pierwsze jedna instytucja nie będzie w stanie przechowywać wszelkich danych jakie są konieczne do spełnienia wymagań wszystkich użytkowników. Po drugie rozproszone bazy danych pozwalają na zastosowanie rozproszonego systemu komputerowego, bardziej efektywne współdzielenie danych, wydajna kosztowo specjalizacje a także w pewnych sytuacjach redundancje systemu. Po trzecie łączność i wydajność sieci komunikacyjnej (szybkość, niezawodność, bezpieczeństwo) i inne powiązane koszty są mało znaczące w porównaniu z korzyściami płynącymi z zastosowania architektury rozproszonej.

Architektura rozproszona i systemy klient-serwer znacznie przybrały na znaczeniu w świetle rozwoju sieci WWW opartych na protokole TCP/IP przy jednoczesnym wzroście problemów z zarządzaniem danymi. Przykładowo zarządzanie rozproszonymi bazami danych używanych w syntezie danych może wymagać połączenia pomiędzy homogenicznymi jak i heterogenicznymi bazami danych.

W ramach ZTSI wykorzystane zostały dwie metody zarządzania bazami danych - Common Object Request Broker Architecture (CORBA) i Distributed Common Object Model (DCOM).

### Sieci komunikacyjne

Architektura NTCIP (National Transportation Communications for ITS Protocol) jest preferowanym rozwiązaniem dla aplikacji ITS. Do syntezy danych wymagane są trzy typy komunikacji: transfer plików, C2F oraz C2C. Końcowa wydajność pełniej sieci komunikacyjnej będzie zależą od ostatecznej definicji połączenia wszystkich komponentów, pozwalając na ocenę wydajności systemu za pomocą takich kluczowych kryteriów jak prędkość, niezawodność, bezpieczeństwo, dostępność, skalowalność / elastyczność, zgodność ze standardami, koszt wdrożenia i utrzymania. Narzędzia symulacyjne takie jak OPNET są najczęściej wykorzystywane do oceny różnych sieci komunikacyjnych dlatego też mogą być wykorzystane w ZTSI.

Pierwszy zestaw protokołów warstwy aplikacji NTCIP dotyczy transferu plików. Transfer danych jest prowadzony za pośrednictwem powszechnych i dobrze udokumentowanych protokołów takich jak FTP (File Transfer Protocol) czy też TFTP (Trivial File Transfer Protocols). Wybór rozwiązania jest zależny od wymaganego typu połączenia warstwy transportowej (połączeniowe lub bezpołączeniowe usługi sieciowe). Usługi połączeniowe zapewniają większą gwarancję i kontrolę transmisji. Wybór zależy od krytyczności informacji jakie będą wymieniane, kosztów oraz prędkości.

Drugi zestaw protokołów warstwy aplikacji NTCIP dotyczy komunikacji C2F, która jest zazwyczaj związana z komunikacją pomiędzy centralą zarządzania ruchem lub tranzytem i sprzętem umieszczonym

w terenie. NTCIP pozwala na zastosowanie relatywnie bezpośrednich protokołów komunikacyjnych do wymiany obiektów danych. Może to być wykonane za pośrednictwem dobrze skonfigurowanego protokołu SNMP, który jest właściwy przy założeniach wysokiej przepustowości i małej ilości przesyłanych informacji. Protokół ten jest wykorzystywany przykładowo w telefonii komórkowej do zarządzania pakietową transmisją danych i monitorowania określonych funkcji sieci. Podobnie protokół STMP został rozwinięty w ramach NTCP i jest właściwy gdy wymagana jest niska przepustowość przy wysokim transferze danych (przykładowo system sygnalizacji świetlnej).

Trzeci zestaw protokołów warstwy aplikacji NTCIP dotyczy wymiany danych C2C, która jest zarządzana za pomocą DATEX-ASN.1 czy też CORBA. DATEX-ASN.1 wykorzystuje relatywnie prostą procedurę wymiany danych i jest rozwiązaniem kosztowo efektywnym dla nisko przepustowych małych systemów. Nie jest to jednak protokół obiektowy. Natomiast CORBA jest w stanie wymieniać dane, także obiekty oraz aktywować metody wbudowane w zdalne obiekty - to znaczy inicjować procesy zdalne. CORBA zapewnia szeroki wybór funkcjonalności do wymiany danych (danych i obiektów) ale jest związany z wysokimi wymaganiami jeśli chodzi o zasoby implementacyjne (poziom umiejętności technicznych jak i koszty utrzymania). Tak więc CORBA jest wybierany w przypadkach gdy centra zarządzania wymagają komunikacji o wysokiej przepustowości dla dużych ilości danych a dane i metody przetwarzania danych są podstawą działania centrum.

### Interfejs człowiek – komputer HCI

HCI jest koniecznym elementem architektury syntezy danych. Najbardziej oczywistym powodem projektu HCI jest współpraca ATIS z użytkownikiem. Podstawy technologiczne w urządzeniach HCI pochodzą z doświadczeń z innych obszarów takich jak prace dostawców PDA, przemysłu telefonów bezprzewodowych, dostawców komputerów, dostawców sprzętu rozpoznawania i komercyjnych środków masowego przekazu. Preferencje użytkowników ZTSI i ich wpływ na projekt interfejsu HCI są wciąż elementami podlegającym ewolucji. Przykładowo poziom akceptacji konsumentów dla systemu interaktywnego rozpoznawania głosu (IVR) wykorzystywanego w podróżowaniu, bankach i usługach telekomunikacyjnych są wciąż źródłem debaty społecznej.

Inne aspekty architektoniczne interfejsu HCI dotyczą rzeczywistego interfejsu człowieka z funkcjonalnymi punktami modelu syntezy danych. To dotyczy standardowego interfejsu opartego na komputerze, który pozwala na kontrolowanie i aktualizacje danych. Główne algorytmy syntezy danych nie są całkowicie autonomiczne dlatego też mogą wymagać ludzkich ocen w konkretnych punktach obliczeń i analizy.

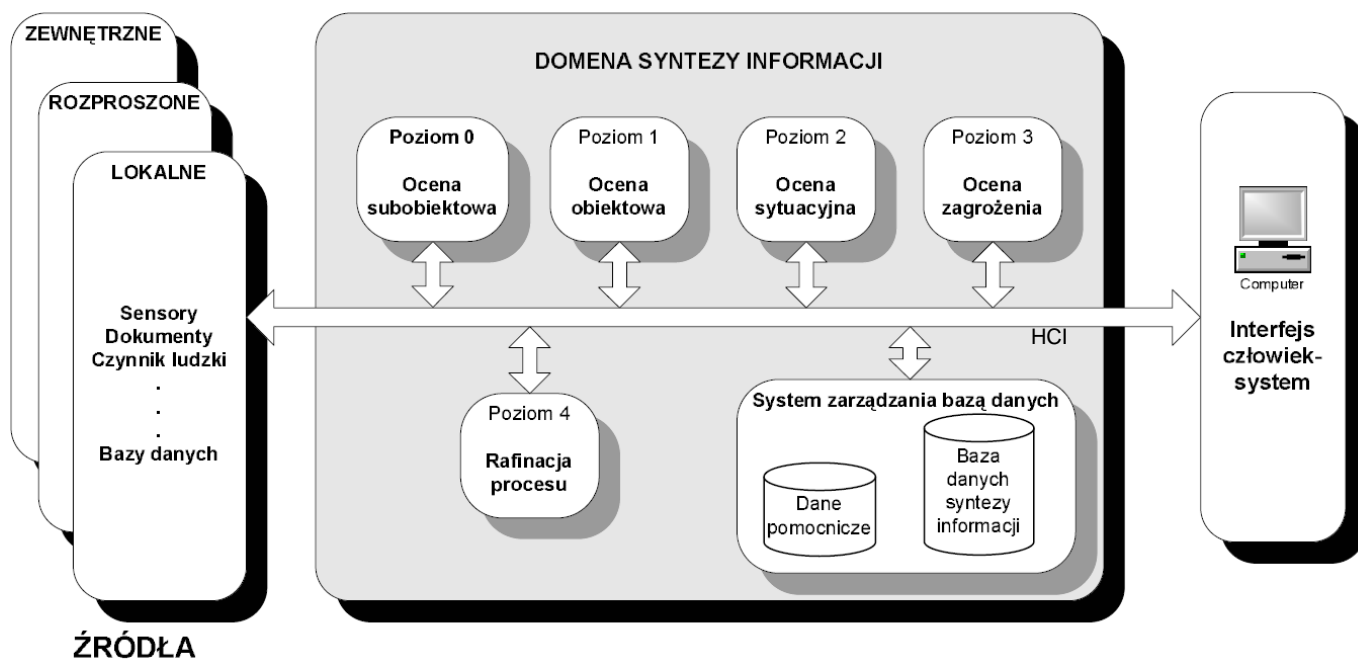
## 6. MODEL SYNTEZY DANYCH PROPONOWANY W ZTSI

W dalszej części pracy zaprezentowane zostaną problemy syntezy algorytmów przetwarzania informacji wielosensorowej w modelu JDL (*Joint Directors of Laboratories Data Fusion Process Model*). Prace Halla i Llinasa [4] oraz Steinberga i Bowmana [2] pokazują podstawowe założenia modelu JDL syntezy informacji, omawiają ustandaryzowane nazewnictwo i metodologię związaną z syntezą informacji.

Model JDL syntezy informacji jest najbardziej pełnym i uznanym modelem funkcjonalnym używanym przez różnorodne grupy badawcze zaangażowane w dziedzinie syntezy informacji.

Klasyczny model stworzony przez JDL (*Joint Directors of Laboratories*) został wybrany jako podstawa projektu zaawansowanego transportowego systemu informacji ponieważ zadecydowały o tym dwie rzeczy. Po pierwsze jego opis funkcjonalny, który jest zgodny z wytycznymi i dobrymi praktykami stosowanymi dla National and Regional ITS Architecture. Po drugie jest to najczęściej stosowany model w badaniach nad syntezą danych.

Rysunek 1 ilustruje model syntezy danych ZTSI z uwzględnieniem kluczowych elementów charakterystycznych dla ZTSI.



Rys. 1. Model syntezy danych zastosowany w ZTSI

Źródło: [5].

Po lewej stronie modelu przedstawione są dane wejściowe pobierane z różnorodnych źródeł. Standardowe źródła informacji to czujniki drogowe (kamery, detektory podczerwieni i mikrofal, itp.), systemy kontroli ruchu czy też dane historyczne. Informacje pomocnicze to przede wszystkim dane dotyczące warunków atmosferycznych i środowiskowych (warunki pogodowe, dane topologiczne, itp.), informacje dotyczące sieci drogowej (dane konstrukcyjne i wykonawcze), dane historyczne dotyczące preferencji użytkowników systemu ZTSI oraz inne informacje jak planowe prace drogowe, raporty kierowców. Skala i zakres tych informacji może być lokalny, regionalny, krajowy lub nawet ogólnosiwiatowy.

Model cechuje struktura warstwowa. Generalnie w modelu proponuje się 5 poziomów opisujących główne działania wykonywane w ramach syntezy danych ZTSI. Są to:

- Poziom 0**    **Wstępne przetwarzanie danych:** ujednolicenie oraz ocena dostrzegalnych stanów lub sygnałów (zmiany np. w częstotliwości detektorów węzłowych, zmiany pikseli w danych z kamer nadzoru [CCTV], itp.),
- Poziom 1**    **Ocena obiektów:** ocena i przewidywanie stanów obiektów (pojazdy, budynki, przechodnie, temperatura, wiatr, prędkość, itp.) na podstawie obserwacji oraz danych źródłowych pochodzących z **Poziomu 0** oraz wspierających baz danych. Wszelkie brakujące dane są adresowane na tym poziomie.
- Poziom 2**    **Ocena sytuacji:** ocena i przewidywanie złożonych stanów na podstawie relacji między obiektami z **Poziomu 1**.
- Poziom 3**    **Ocena wpływu:** ocena i przewidywanie efektów działań.
- Poziom 4**    **Proces rafinacji:** akwizycja, przetwarzanie oraz zarządzanie danymi zgodnie z głównymi celami systemu syntezy danych.

Po prawej stronie modelu widzimy zewnętrzne interfejsy łączące człowieka i komputer (HCI – Human-computer interface) pozwalają one na rozpowszechnianie wyników syntezy danych. Rozpowszechnianie tych danych może być przeprowadzane za pośrednictwem systemów informacji publicznej, środków masowego przekazu, internetu, systemów komunikacji pojazdu oraz urządzeń osobistych takich jak telefony, PDA i inne. Interfejs HCI pozwala także na generowanie kwerend opartych na danych wyjściowych syntezy i analizy danych działającej w trybie off-line.



Model w założeniach powinien w sposób generalny, na wysokim poziomie abstrakcji opisywać syntezę informacji i stanowić podstawę do modelowania systemów syntezy informacji w konkretnych zastosowaniach.

Model JDL umożliwia współpracę i koordynację działań pomiędzy różnymi zespołami, ułatwia rozpracowanie wspólnych problemów i ich rozwiązań. Zasadnicze korzyści wynikające ze stosowania modelu JDL można zawrzeć w następujących punktach:

- ułatwienie komunikacji i koordynacji pomiędzy teoretykami, projektantami i użytkownikami dzięki wprowadzeniu jednolitego szablonu opisu problemów i rozwiązań,
- ułatwienie badań dzięki rozłożeniu problemu zasadniczego na składowe podproblemy, badacze powinni koordynować swoje działania mające na celu rozwiązanie zadania oraz integrować wyniki badań prowadzonych w różnych dziedzinach,
- ułatwienie projektowania i rozwoju systemów poprzez wskazanie problemów inżynierskich jako elementów nadrzędnej klasy problemów,
- ułatwienie integracji i testowania systemów poprzez tworzenie modeli wydajnościowych oraz porównanie uzyskanych wyników z innymi podobnymi projektami,
- ułatwienia w wykorzystaniu systemu polegające na lepszym określeniu wymagań wydajnościowych bazujących na całej klasie podobnych systemów; pozwala to na określenie przez użytkowników wydajności systemów z większym prawdopodobieństwem.

## 7. PODSUMOWANIE

Aby działać wydajnie zaawansowany transportowy system informacji musi być zasilany szerokim zestawem danych oraz informacji, w związku z powyższym jednym z komponentów tego złożonego procesu jest synteza danych.

Całkowita efektywność syntezy danych powinna być oceniona w kontekście całego systemu - biorąc pod uwagę cel systemu, architekturę, możliwości przetwarzania danych, walidację i weryfikację danych, interfejs system-człowiek oraz szereg regulacji społecznych i instytucjonalnych.

Niektórzy publiczni dostawcy serwisów zaawansowanego transportowego systemu informacji są zainteresowani rozwojem metody syntezy danych jednak nie postrzegają ich obecnie jako kluczowe. W celu stworzenie efektywnego i wartościowego serwisu zaawansowanego transportowego systemu informacji konieczna jest współpraca wielu organizacji, technologii i procesów oraz zestaw właściwych źródeł danych. Niezbędne jest także porozumienie na poziomie prywatno - publicznym pozwalające na zastosowanie zaakceptowanych standardów i protokołów.

## Streszczenie

W zaawansowanych systemach transportowych, aby efektywnie wykorzystać niezliczoną ilość danych i odpowiednich informacji musimy dążyć do ich zmniejszenia wykorzystując odpowiednie metody, teorie i algorytmy syntezy informacji znane z innych mniej lub bardziej pokrewnych dziedzin nauki. Szeroki zbiór różnorodnych narzędzi bazujących na technologii informatycznej, komunikacji bezprzewodowej i elektronice pojazdowej, umożliwia sprawne i efektywne zarządzanie infrastrukturą transportową oraz sprawną obsługę podróżnych. W takich systemach funkcjonowanie transportu jest w wysokim stopniu wspierane zintegrowanymi rozwiązaniami pomiarowymi (czujniki, sensory), telekomunikacyjnymi, informatycznymi i informacyjnymi, a także automatycznego sterowania. Aby działać wydajnie zaawansowany transportowy system informacji musi być zasilany szerokim zestawem danych oraz informacji, w związku z powyższym jednym z komponentów tego założonego procesu jest synteza danych.

Słowa kluczowe: synteza informacji, systemy ITS, model JDL.

## Essence of data fusion in the advanced transport systems

### Abstract

In advanced transport systems in order to effectively use innumerable amount of data and appropriate information we must try to reduce them using appropriate methods, theories and data fusion algorithms well-known from other more or less related fields of science. Wide set of diverse tools being based on computer technology, wireless communication and vehicle electronics, enable efficient and effective managing of the transport infrastructure and the efficient service of passengers. In such systems functioning of the transport is to a high degree supported by integrated solutions from measuring (i.e. sensors), telecommunications, computer science and information technology, as well as by automatic guidance. In order to act productively the advanced transport information system must be fed with the huge dataset and information, therefore data fusion is one of components of this assumed process.

Key words: data fusion, ITS systems, model JDL.

## LITERATURA

- [1] Ministerstwo Infrastruktury.: Słownik pojęć transportowych SRT, Załącznik 2 do Strategii Rozwoju Transportu, Warszawa, 30 marca 2011.
- [2] Alan N. Steinberg, Christopher L. Bowman. Revisions to the JDL Data Fusion Model, The Electrical Engineering and Applied Signal Processing, rozdział 2, strony 2–1 do 2–19. CRC Press, 2001.
- [3] Baron G.: Metoda rozpoznawania obiektów z wykorzystaniem syntezy informacji z kilku czujników obrazu, Rozprawa doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2005.
- [4] Hall D. L, Llinas J. Multisensor Data Fusion, Handbook of Multisensor Data Fusion, The Electrical Engineering and Applied Signal Processing, rozdział 1, strony 1–1 do 1–10. CRC Press, 2001.
- [5] Data Fusion For Delivering Advanced Traveler Information Services – U. S. Department of Intelligent Transportation Systems Joint Program Office May 2003.
- [6] Klein L. A.: Sensor and Data Fusion Concepts and Applications. SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, Washington 1999.