

ŹRÓDŁA I BAZY DANYCH ZWIĄZANE Z NADZOREM W ITS SYSTEMACH

Krzysztof ŁAKOTA

Efektywnie funkcjonująca warstwa nadzoru w hierarchicznym systemie ITS istotnie zwiększa szeroko rozumianą wydajność systemu transportowego. Wykorzystanie zakresu baz danych generowanych przez wszelkiego rodzaju detekcję, pozwala na efektywne podejście do optymalizacji układów sterowania w procesie transportowym. Artykuł przedstawia zastosowanie źródeł i baz danych jako elementu pracującego w oparciu o wiedzę w warstwie nadzoru w systemach ITS.

1. WPROWADZENIE

Funkcjonowanie zintegrowanego systemu transportowego ma za zadanie wpływać na środowisko i otoczenie poprzez wykorzystanie przepływu informacji będącego kluczowym elementem systemowym. Wykorzystanie danych z otoczenia jest podstawowym elementem wprowadzającym w ruch proces transportowy. W zależności od otrzymywanych informacji, źródła danych stwarzają system elastyczny i funkcjonalny. Pozyskiwanie informacji z otoczenia ma za zadanie wpływać na sytuację panującą w określonym obszarze i natychmiast reagować na zakłócenia. Takiego typu danymi mogą być wszelakiego rodzaju informacje o danych ruchowych (pomiar natężenia ruchu, wykrywanie zdarzeń drogowych, informacja dla pasażerów itp.). Na podstawie informacji system przetwarza dane i optymalizuje tworząc proces transportowy. Każdy system archiwizuje informacje uzyskiwane ze środowiska w postaci baz danych, które wykorzystuje się w procesach związanych z dostrajaniem systemu, celach statystycznych oraz generowaniu korzyści wynikających z zastosowania *ITS*. Jakość, dokładność i integralność danych ma wpływ na końcową jakość procesu transportowego.

Podstawowym źródłem informacji i danych o ruchu są detektory ruchu. Technologie, które pojawiają się obecnie, wykorzystują najnowsze typy czujników ruchu. Wideodetekcja jako urządzenie bezinwazyjne, bazując na obrazie przekazywanym w czasie rzeczywistym, może pełnić rolę zarówno detektora, jak również może być wykorzystana do monitoringu. W wielu systemach transportowych, charakteryzujących się takimi właściwościami, jak: zapewnienie priorytetu dla transportu publicznego, zarządzanie parkingami i zmienne w czasie zapotrzebowanie na usługi transportowe czy informacja o lokalizacji pojazdu staje się elementem coraz bardziej pożądanym. Lokalizacja może również dotyczyć pojazdu indywidualnego, który chce wiedzieć gdzie jest, aby móc kształtować swoją podróż lub otrzymywać dokładne dane o swej lokalizacji od dyspozytora, który śledzi jego położenie w procesie zarządzania podróżą. Uzyskana w procesie automatycznej identyfikacji pojazdów (*AVL + GPS*) informacja, jest również podstawą dla bieżącego informowania pasażerów na przystankach autobusowych i w węzłach komunikacyjnych.

Źródłem danych wykorzystywanych w systemach transportowych są [1]:

- detektory i czujniki ruchu drogowego,
- pokładowe urządzenia nadawczo-odbiorcze i komputery pokładowe,
- systemy identyfikacji i lokalizacji pojazdów (*AVL, AVI, GPS*),
- systemy pobierania opłat za przejazdy i za parkowanie pojazdów,
- detektory do pomiaru emisji i zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego pochodzących od ruchu drogowego,
- detektory stanu nawierzchni dróg i warunków jazdy.

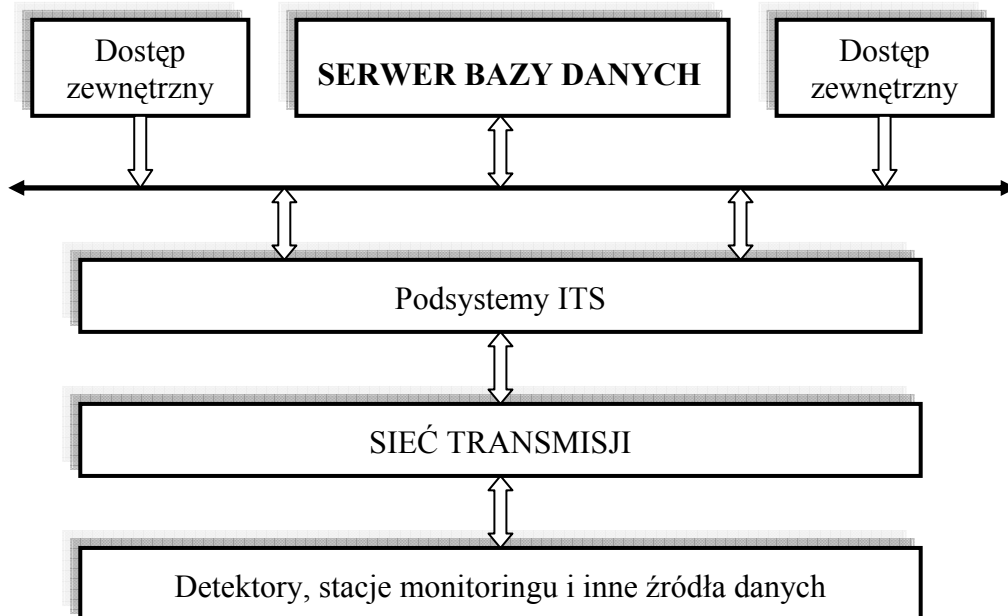
System pomiarowy winien zapewniać automatyczny i bardzo dokładny pomiar, posiadając przy tym efektywny system transmisji danych. Ze względu na ruch drogowy, pomiary ruchu powinny obejmować: natężenia ruchu, gęstości, prędkości strumieni ruchu, długości kolejek pojazdów, stopnie nasycenia, strukturę kierunkową i rodzajową strumieni pojazdów, czasy podróży oraz czasy oczekiwania w kolejkach i zatorach. Dla potrzeb monitoringu wystarczające są pomiary w przekrojach miarodajnych w sieciach miejskich i drogach pozamiejskich, odnoszone do przedziałów obserwacji 15, 30, 60 minutowych.

W systemach realizujących zadania wielokryterialne reprezentowane w zbiorze kompromisów nie może zabraknąć również pomiarów meteorologicznych odpowiedzialnych za emisję zanieczyszczeń powietrza i zużycie paliwa. Oprócz danych otrzymywanych bezpośrednio z pomiarów, w aktualizowanej bazie danych muszą znajdować się specyficzne dla danego systemu nadzoru dane m.in. o aktualnych charakterystykach przemieszczania się pojazdów, charakterystyki dobowe, miesięczne i roczne, wzorce podróży i zatłoczenia oraz obowiązujące normy dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń.

Aby systemy *ITS* mogły między sobą wymieniać i aktualizować dane potrzebny jest system gromadzenia danych i ich transmisji, który obejmuje:

- organizację pozyskiwania i wymiany danych,
- zarządzanie danymi,
- organizację gromadzenia danych (tabele, wykresy, statystyki),
- archiwizację danych w celu późniejszej analizy,
- technologie klient – serwer.

Na rys. 1. przedstawiono architekturę podsystemu gromadzenia danych dla *ITS* systemów.



Rys. 1. Architektura systemu gromadzenia i transmisji danych

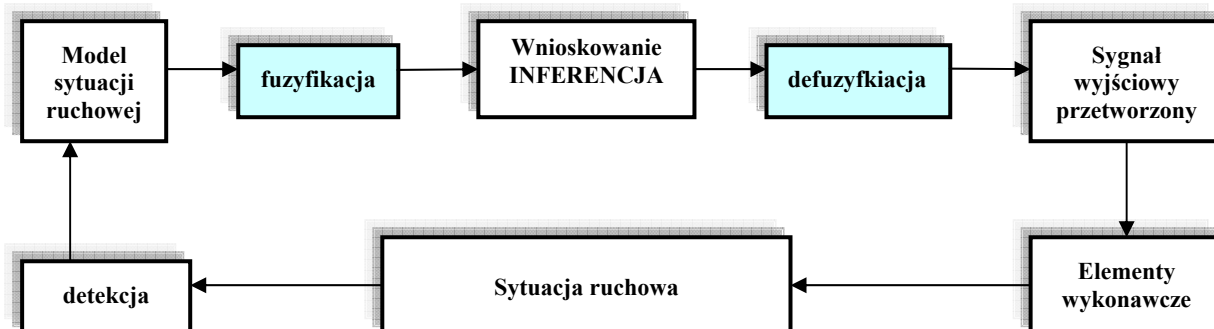
2. SYSTEMY NADZORU PRACUJĄCE W OPARCIU O WIEDZĘ

W związku z coraz to bardziej nowoczesnymi technologiami opartymi na wykorzystywaniu wiedzy w systemach, należy zwrócić uwagę na jeden z najważniejszych elementów systemu *ITS*, mający na celu wykorzystanie odpowiednio przygotowanych danych do podejmowania decyzji. Rozwiązania tego typu to przede wszystkim wysoko wyspecjalizowane narzędzia do inteligentnego klasyfikowania i wnioskowania, takie jak: algorytmy genetyczne (*Genetic algorithms – GA*), sztuczne sieci neuronowe (*Artificial*

Neural Networks – ANN), logika rozmyta (*Fuzzy Logic – FL*), platformy agentowe (*Multiagents Systems – MAS*) oraz systemy ekspertowe dla harmonogramowania i diagnostyki, pracujące w czasie rzeczywistym, stanowiące podstawę dla efektywnych narzędzi wspomaganie decyzji. Pomędzy tymi podstawowymi gałęziami zachodzą bardzo ściśle zależności (np. modele rozmyte). Zastosowanie narzędzi z jednej gałęzi jest niezbędnym elementem składowym metody z innej. Algorytmy genetyczne przydatne są do rozwiązywania złożonych zadań optymalizacyjnych, za pomocą sieci neuronowych można modelować skomplikowane obiekty inżynierskie, które są bardzo trudne do opisanie przez dotychczasowe teorie, stosowanie zaś reguł i systemów rozmytych pozwala oddać niepewny charakter wielkości występujących w modelach. Wnioskowanie rozmyte nie zakłada konkretnych wartości określonych wielkości ale podaje je w sposób bardzo ogólny. Rozmyty i niepewny charakter zaczyna być coraz bardziej popularny w zagadnieniach transportowych. Jest to wynikiem uwzględnienia postrzegania człowieka i nastawiania analiz na ludzką percepcję. Z punktu widzenia użytkownika nie mają znaczenia nierozmyte wartości natężenia ruchu, a raczej ich zakres – różny w zależności od indywidualnych cech użytkownika. Systemy rozmyte są bardzo popularne w zagadnieniach sterowania ruchem drogowym za pomocą sygnalizacji. Takie podejście pozwala uwzględnić różne aspekty w optymalizacji sterowania, takie jak: płynność ruchu, wpływ na środowisko czy też bezpieczeństwo ruchu. Jak zasygnalizowano wcześniej, wnioskowanie rozmyte użyteczne jest także do rozwiązywania zagadnień: optymalizacji wyboru tras, podziału na środki transportu (priorytety) czy przydziału pojazdów i kierowców do tras [2]. Jednak metody heurystyczne można zastosować głównie jako nośnik nadzoru w systemach *ITS*.

Logika rozmyta pozwala na łatwe manipulowanie danymi rozmytymi w sposób bardzo użyteczny w narzędziach inżynierii ruchu. Za pomocą instrukcji $IF \Rightarrow THEN \Rightarrow ELSE$ w algorytmie sterowania można zamodelować żadaną strategię sterowania. Logika rozmyta ma zdolność do rozumienia wyrażen lingwistycznych (np. pomiar natężenia ruchu: mały, duży, zatłoczenie, zator drogowy) i na ich podstawie tworzenia strategii sterowania. Motywacją do tworzenia sterowników rozmytych jest to, że istnieje bezpośredni związek pomiędzy nieprecyzyjnymi wyrażeniami a strategią sterowania. Sterowanie rozmyte staje się być wysoko wyspecjalizowanym narzędziem do rozwiązywania złożonych problemów z wielokryterialnymi decyzjami. Sterowanie ruchem to wzajemne współzawodnictwo potoków ruchu w tym samym czasie i różnym priorytetem [3]. Optymalizacja sterowania zawiera kilka jednoczesnych kryteriów, m.in.: średnie straty czasu, maksymalna długość kolejki, procentowy udział w zatrzymaniach pojazdów. W rzeczywistości, wejścia z detektorów ruchu są nieprecyzyjne. Dlatego też nie można ich ocenić jakościowo. Maksymalizacja bezpieczeństwa, minimalizacja opóźnień, zmniejszenie szkodliwych emisji spalin do środowiska staje się celem sterowania. Zapewnienie tych podstawowych celów na tym samym poziomie jest niemożliwe do wykonania tradycyjnymi sposobami i matematyką konwencjonalną.

Proces sterowania rozmytego w systemach *ITS* składa się z siedmiu funkcjonalnych części składowych: aktualna sytuacja ruchowa, moduł detekcyjny (wykonane pomiary), model sytuacji ruchu, fuzyfikacja, moduł wnioskujący, defuzyfikacja oraz sygnał wyjściowy wysyłający żądania do elementów wykonawczych (rys. 2.) [4].



Rys. 2. Struktura sterowania rozmytego

3. INTELIGENTNE ŚRODOWISKO BAZUJĄCE NA WIEDZY

Systemy oparte na wiedzy, jako część systemowa sztucznej inteligencji, wykazuje korzyści pozyskiwania wiedzy i inteligencji jako rozwiązania bardzo złożonych problemów *ITS*. Potęgą tych systemów polega na wykorzystaniu wiedzy do zmniejszenia liczby rozwiązywanych problemów transportowych. Cechą charakteryzującą *K-B* systemów (*Knowledge-based Systems*) jest oddzielenie wiedzy od procesu, który ten problem rozwiązuje. Wyraźne oddzielenie bazy wiedzy od sterowania ma wpływ na łatwiejsze manipulowanie pozyskiwaniem, bądź w razie konieczności, usuwaniem istniejącej. Inne cechy takich systemów, to: przezroczystość procesu wnioskującego, czytelna baza danych oraz zdolność do wykonywania operacji na danych niepewnych.

W ostatnich latachłożono nacisk na rozwijanie w pełni niezależnych *K-B* systemów i integrowanie ich z innymi podsystemami składowymi, tj. Geograficznymi Systemami Informacyjnymi (*GIS – Geographical Information System*), obiektowymi bazami danych *SQL* i sztucznymi sieciami neuronowymi *ANN*. Wiedza składowa składa się z zestawu niezależnych elementów w formie reguł, układów i obiektów. Wybór jednej z tych form zależy w wielkiej mierze od problemu, który ma być rozwiązany i jego narzędzi użytych w tym procesie.

Przesłanki dla inteligencji *ITS* wynikają z potrzeby stosowania w systemach transportowych inteligentnego zarządzania, nadzoru i sterowania *K-B* systemów. Potrzeba ich zastosowania wynika między innymi z faktu, że zadania nadzoru i sterowania ruchem drogowym są na ogół niezbyt podatne na sformułowania i rozwiązywania na drodze czysto algorytmicznych podejść, takich jak różnego rodzaju *AI* – techniki. Stwarza to bardzo wysokie wymagania w zakresie pozyskiwania danych ruchowych w czasie rzeczywistym z wielu dostępnych źródeł informacji oraz wydobywania z tych danych wiedzy dla potrzeb sterowania i nadzoru procesami transportowymi. Jest to niezbędne w sytuacji występowania w systemie dużej nieokreśloności (zachowania podróżnych) lub nieprzewidywalnych zdarzeń ruchowych (incydenty ruchowe). Obecnie dostępnych jest kilka środowisk *K-B* systemów wyposażonych w metody rozwiązywania zagadnień transportowych, mechanizmów pracujących z określonymi zadaniami, zbierania i udostępniania wiedzy. Typowy spotykany model wiedzy zawiera narzędzia stosowane przez metodę, specyfikację jego działania oraz zakładanych dopuszczalnych przez konkretny model relacji. Model taki jest zwykle wspomagany przez odpowiednie operacyjne środowisko programowe. Model wiedzy ma hierarchiczną wielowarstwową i wielopoziomową strukturę obszarów wiedzy, tzn. w najniższej warstwie dysponuje wiedzą szczegółową a w najwyższej warstwie wykorzystuje wiedzę ogólną, która jest zintegrowana z zorientowaną problemowo i dynamicznie zmieniającą się hierarchiczną strukturą bazy wiedzy [4].

4. NADZÓR SYSTEMOWY (SYSTEM EKSPERTKI)

Nadzór systemowy nadzoruje całą pracę systemu. Dzięki zaawansowanym technologiom kontroli działania poszczególnych podsystemów składowych, każdy przypadek niesprawności oprogramowania (zarządzającego) lub sprzętu (elementy wykonawcze) jest wykrywany i podejmowane są natychmiastowe działania mające na celu przywrócenie ich poprawnego działania. Wszystkie informacje dostępne w systemie nadzoru wypracowywane są na podstawie komunikatów napływających drogą łącz internetowych, radiową, telefonów komórkowych i auto-komputerów zainstalowanych w pojazdach.

Wykorzystanie systemów ekspertowych pełniących nadzór systemowy nad złożonymi zagadnieniami sterowania, m.in. sterowania i zarządzania systemami transportowymi, jest odmienną nieco dziedziną nauki w stosunku do innych przedstawionych w tej pracy zaawansowanych propozycji metod heurystycznych. Z pomocą przychodzi nam systemy ekspertowe do wykonywania złożonych zadań o znacznych wymaganiach intelektualnych w sposób zbliżony do rozumowania człowieka, będącego ekspertem w danej dziedzinie. Program komputerowy, na podstawie szczegółowej, specyficznej wiedzy z danej dziedziny, przechowywanej w systemie komputerowym, może podejmować decyzje i wyciągać wnioski. Ważnym faktem jest, że system taki, wykorzystując niekompletne lub nieprecyzyjne informacje, przeprowadza wnioskowanie przy wykorzystaniu zmagazynowanej wiedzy oraz potrafi postawić diagnozę lub sporządzić prognozę, ewentualnie doradzić w danej sytuacji drogowej.

System taki funkcjonuje porównywalnie z najlepszymi specjalistami, czyli działa tak jak ekspert i posiada następujące zdolności:

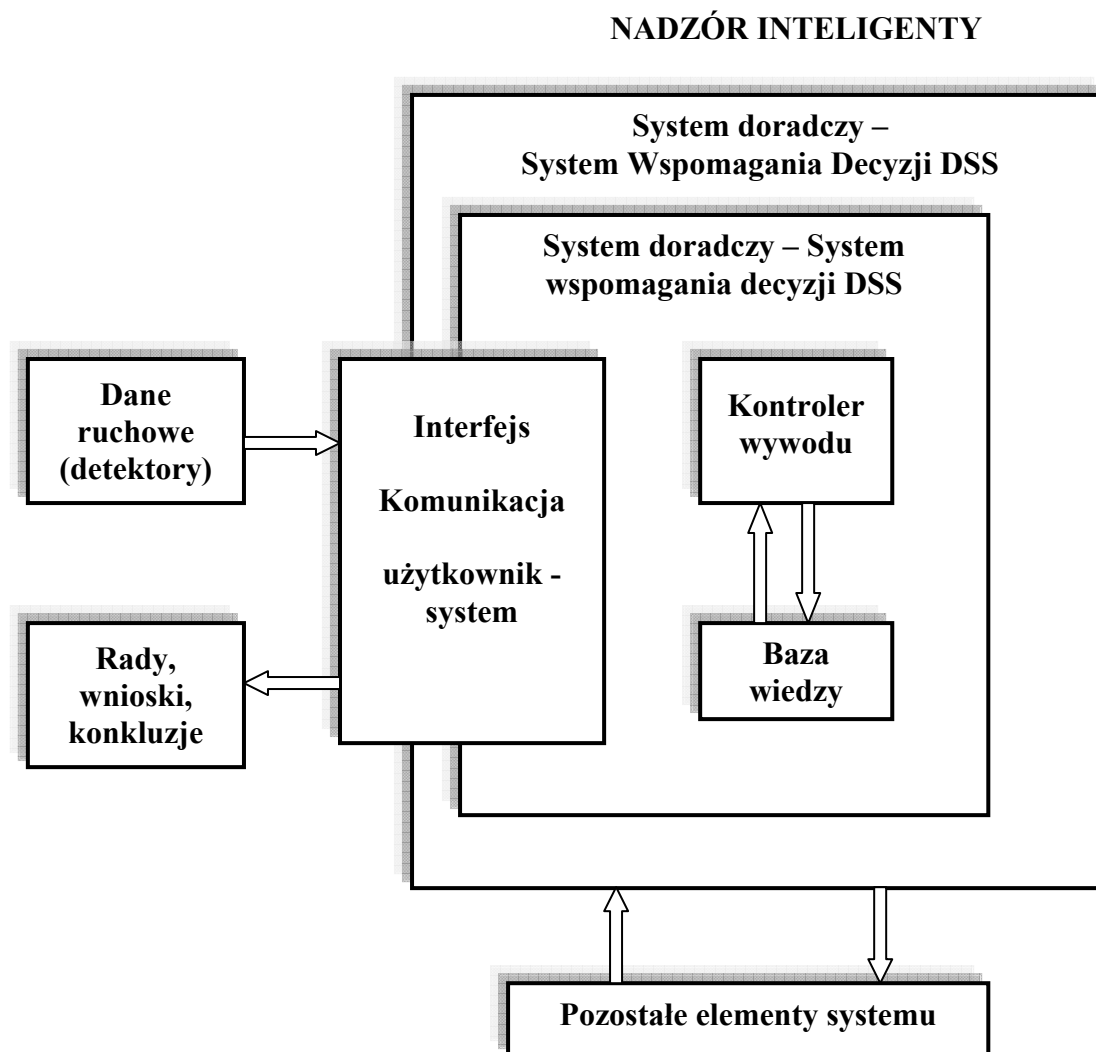
- wyjaśnienia drogi rozumowania na żądanie użytkownika (strategia sterowania),
- wydobycia od użytkownika odpowiednich informacji (kolejki, zatory, zdarzenia drogowe),
- uzasadnienia przeprowadzonych obliczeń (wyniki statystyczne i wysłanie informacji do elementów wykonawczych),
- modyfikacji sposobu wykonywania działań (w razie wystąpienia lepszego rozwiązania, wprowadzenie zastępczego przynoszącego lepsze rezultaty).

W zależności od realizowanych zadań system ekspertowy może dedukować opisy sytuacji z obserwacji lub danych z czujników (detektorów, obrazów, struktur danych), wnioskować prognozy ruchu na podstawie danej sytuacji (wynikłe zdarzenia drogowe i dalej idące za tym konsekwencje), monitorować poprzez porównanie obserwacji z dużymi ograniczeniami (zatory drogowe w ruchu ulicznym) oraz kierować zachowaniem systemu uwzględniając interpretację, predykcję i reakcję obiektu w systemie. Bardzo duża złożoność problematyki systemów transportowych wymusza zastosowanie podejmowania bardzo skomplikowanych zadań w czasie rzeczywistym. Systemy ekspertowe dopuszczają połączenie wiedzy kilku ekspertów, co sprawia, że system ekspertowy będzie działał lepiej. Wszechstronność ekspertyz powoduje uzyskanie możliwości kilku alternatywnych rozwiązań (wybór alternatywnej trasy w razie zdarzenia drogowego). System ekspertowy powinien zapewnić wysoki poziom wydawanych ekspertyz. W tym sensie możemy mówić o poprawności systemu, jeśli daje on dobre rezultaty i dysponuje strategiami sterowania umożliwiającymi imitowanie wiedzy i intuicji eksperta, uzyskanej w wyniku wieloletniego doświadczenia. System ekspertowy, jeśli ma być efektywny, powinien umożliwiać ciągłe rozszerzanie wiedzy o nowe fakty i prawa (reguły wnioskowania).

System ekspertowy, zgodnie z jego właściwościami, składa się z następujących modułów:

- **Moduł pozyskiwania wiedzy** – umożliwia zdobywanie oraz modyfikowanie wiedzy z danej dziedziny. Danych do modułu wiedzy dostarczają bezpośrednio eksperci zajmujący się tą dyscypliną. Wywiad wstępny z ekspertami jest jednym z bardziej istotnych etapów tworzenia systemu. Od jego jakości zależy przydatność i funkcjonalność całego projektu.
- **Baza wiedzy (Knowledge Base)** – część systemu zawierająca wiedzę o dziedzinie i o podejmowaniu decyzji przez eksperta. Wiedza ta musi być niesprzeczna i spójna. Sprzeczność i niespójność mogą pojawić się w sytuacji modyfikacji bazy wiedzy lub też wprowadzania nowych reguł. Dlatego system ekspertowy powinien zawierać mechanizmy kontrolujące niesprzeczność i spójność.

Na rys. 3. przedstawiono budowę systemu ekspertowego w roli nadzorca systemowego, wykorzystanego do pracy w systemie zarządzania ruchem ulicznym w mieście.

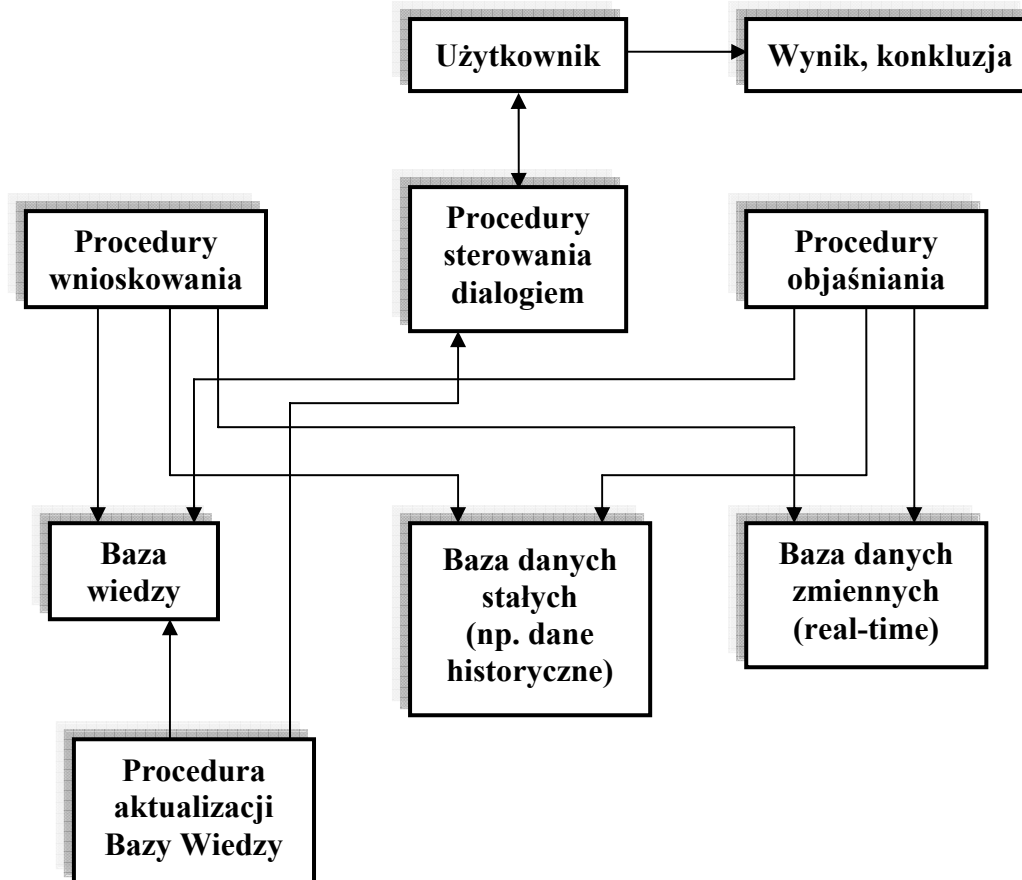


Rys. 3. Uproszczony schemat systemu ekspertowego zarządzającego ruchem ulicznym w mieście

Najcenniejszym zastosowaniem wśród systemów ekspertowych w ITS mają systemy doradcze. Systemy doradcze wykorzystują różne metody prezentacji wiedzy: reguły, ramy, sieci semantyczne, rachunek predykatów, scenariusze. Najbardziej powszechną metodą jest prezentacja wiedzy w formie reguł i przeważnie wielkość systemu określa ich liczba.

Aby zbudować inteligentny program nadzorujący pracę systemu, będący systemem ekspertowym, należy go wyposażyć w dużą ilość prawdziwej i dokładnej informacji na temat sytuacji ruchowej w otaczającym go środowisku. Ogólnie mówiąc, wiedza jest informacją,

która umożliwiła ekspertowi podjęcie decyzji. Zasadniczym celem przy realizacji systemu ekspertowego jest pozyskanie wiedzy od ekspertów, jej strukturalizacja i przetwarzanie. Łącząc te elementy można przedstawić system jako skomplikowaną strukturę (rys. 4).



Rys. 4. Elementy systemu sprawującego nadzór inteligentny nad systemem ITS

5. PODSUMOWANIE

Pozyskiwanie danych o ruchu drogowym, związanych z inteligentnym nadzorem w warstwie wejściowej, jest jednym z najważniejszych elementów systemu ITS w fazie budowania bazy wiedzy. Wykorzystanie wszelkiego rodzaju detekcji pojazdów ma na celu dostarczenie niezbędnych danych służących poprawnemu modelowaniu sterowania. Przedstawione w artykule podejście do wykorzystania bazy wiedzy w systemach ekspertowych stwarza nowe możliwości w algorytmach podejmowania decyzji w procesach transportowych, które charakteryzują się następującymi właściwościami:

- dotyczą wąskiej dziedziny wiedzy (dane związane z pomiarem ruchu w sieci ulic),
- modułarna budowa pozwala na rozbudowę systemu (wpięcie dodatkowych podsystemów związanych z transportem, np. wykrywanie incydentów),
- możliwość wnioskowania z niepełnej wiedzy (ruch uliczny jako losowe rozmyte dane),
- możliwość prezentowania łańcucha wnioskowania w sposób zrozumiały dla użytkownika.

LITERATURA

- [1] Adamski A.: Inteligentne systemy transportowe – sterowanie, nadzór i zarządzanie. Wydawnictwo AGH, Kraków 2003.
- [2] Adamski A., Łakota K.: Intelligent supervisor for urban traffic. Konferencja ITS-ILS, Kraków 2007.
- [3] Piegat A.: Sterowanie i modelowanie rozmyte. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 1998.
- [4] Adamski A., S. Habdank-Wojewódzki: Traffic congestion and incident detector realized by fuzzy discrete dynamic system. The Archives of Transport, Polish Academy of Science. Vol.1, issue 2, (pp.5-13), 2005.

DATA SOURCES RELATED WITH SUPERVISION IN ITS SYSTEMS

The functionality of Intelligent Transportation System affect on environment across information flow as a key system element. Depending on received information, data sources create the system flexible and functional. On the ground of information, system processes data and optimizes to create the transportation process. Every system archives the information obtained from the environment in the form of databases which one are used in to calibrate systems and statistical aims. The paper presents data sources related with supervision in ITS systems as well knowledge-based expert systems to solve problem connected with in traffic area.