

## KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROCESU DORADCZO – DECYZYJNEGO W OPARCIU O SYSTEM EKSPERTOWY

ZBIGNIEW BUCHALSKI  
Politechnika Wroclawska

### Streszczenie

*W pracy przedstawiono pewną koncepcję systemu ekspertowego o nazwie AUDIOEXPERT wspomagającego proces doboru, konfiguracji i montażu urządzeń audio w pojazdach samochodowych. Podano podstawowe założenia budowy tego systemu, jego strukturę oraz opis funkcjonowania systemu ekspertowego. Zaprezentowano mechanizm akwizycji wiedzy do bazy wiedzy. Wiedza zgromadzona w bazie wiedzy systemu ekspertowego reprezentowana jest przez reguły i fakty. Pozyskiwanie wiedzy do bazy wiedzy odbywa się na bieżąco w trakcie pracy tego systemu. Zrealizowana została implementacja komputerowa zaprezentowanego systemu. Przedstawiono proces wnioskowania przebiegający w taki sposób, aby wspomaganie procesu decyzyjnego spełniało oczekiwania użytkowników systemu.*

**Słowa kluczowe:** komputerowe wspomaganie procesu doradczo-decyzyjnego, systemy ekspertowe, zarządzanie wiedzą, metody sztucznej inteligencji.

### 1. Wprowadzenie

W erze informacji i wiedzy, kiedy istnieje nieograniczony dostęp do różnorodnych elektronicznych zasobów informacyjnych podejmowanie decyzji, wbrew pozorom, stało się jeszcze bardziej złożone. Niezwykle przydatnym okazało się wykorzystanie taniej i szeroko dostępnej techniki komputerowej do rozwiązywania złożonych problemów decyzyjnych.

Podejmowanie decyzji oznacza akt wyboru jednej możliwości (kierunku) działania spośród pewnego ich zestawu. Wybór ten może być wykonywany na podstawie określonej sekwencji działań, które prowadzą do wyselekcjonowania najkorzystniejszej (optymalnej) alternatywy. Istotną rolę we wspomaganiu procesu decyzyjnego odgrywają inteligentne systemy informatyczne – jakimi są systemy ekspertowe [1, 2, 5, 7, 8, 10, 11].

System ekspertowy jest programem komputerowym, przy pomocy którego wykonywane są skomplikowane zadania o dużych wymaganiach intelektualnych. Wykorzystanie systemów ekspertowych umożliwia zwiększenie wydajności pracy, zmniejszenie kosztów produkcji oraz polepszenie jakości wytwarzanych produktów. Pomocne są wszędzie tam, gdzie istnieje duży zasób wiedzy, w oparciu o którą trzeba podejmować wiele decyzji.

Systemy ekspertowe zajmują bardzo ważną pozycję w informatyce i mają szerokie zastosowanie niemal w każdej dziedzinie. Są one z powodzeniem stosowane w roli systemów diagnostycznych, doradczych, prognozujących, klasyfikujących i monitorujących. Najważniejszą zaletą systemów ekspertowych jest to, że mogą one z powodzeniem wspomagać lub nawet zastępować eksperta z danej dziedziny dzięki wiedzy, która została im przekazana. Mają także możliwość rozwiązywania problemów, do których trudne, a czasem nawet niemożliwe byłoby tradycyjne podejście typu proceduralnego [3, 4, 9, 12, 13].

Zalety systemów ekspertowych stały się inspiracją do zaprojektowania i implementacji systemu ekspertowego o nazwie AUDIOEXPERT, jako narzędzia wspomagającego proces decyzyjny w zakresie doboru i parametryzacji urządzeń audio w pojazdach samochodowych. W niniejszej pracy podano strukturę tego systemu oraz opisano każdy z pięciu modułów wchodzących w skład systemu AUDIOEXPERT. Zaprezentowano implementację komputerową tego systemu oraz opis procesu wnioskowania przebiegającego w wyniku wykorzystania systemu AUDIOEXPERT.

## 2. Przykłady implementacji systemów audio w pojazdach samochodowych

W zasadzie pierwszym i najważniejszym elementem, od którego należy zacząć montaż systemu audio w pojeździe samochodowym jest radio z odtwarzaczem CD. Obecnie coraz więcej urządzeń tego typu potrafi czytać płyty z nagranych utworami MP3 czy WMA. Przykładami są Panasonic CQ-DFX983 i Kenwood Z-838W. Oba mają moc 4x50 W, radio z RDS'em, czytają płyty CD Audio, jak również MP3 i WMA, mają duży, wyraźny wyświetlacz, zdejmowany panel przedni i dołączany pilot. Przykładem zasilacza idealnie pasującego do wspomnianych odtwarzaczy może być Kenwood KAC-PS650D, który posiada maksymalną moc 4 x 120W + 400W i dobre parametry akustyczne (pasmo 5-70000 Hz (-3dB), S/N 105dB, stabilność do 2 omów).

Na koniec nie można zapomnieć o zestawie właściwych głośników. Przykładowo może to być komplet Kenwooda KFC-1787 (lewy+prawy kanał). Są to 3-drożne, współosiowe głośniki o średnicy 170 mm, mocy 55/220W, paśmie 28-30000 Hz i czułości 92 dB. Dodać do tego można drugi taki zestaw (na kolejne 2 kanały) i odpowiedni subwoofer (np. Kenwood KFC-W1205DB), a będziemy mieli zestaw, który po zamontowaniu zawstydzi niejednego domowego audiofila.

Firma Delphi wprowadziła na rynek trzy nowe produkty do oferowanej przez siebie elektroniki użytkowej instalowanej wewnątrz samochodu. Są to łatwe w użyciu systemy audio zapewniające wysoką jakość odtwarzania: modele CL230, X440 DVD oraz CD503. Model CL230 produkcji Delphi jest jednym z pierwszych urządzeń na rynku radioodtwarzaczy samochodowych z opcją „NAVI Link” – podłączeniem „plug-and-play” do przenośnego urządzenia nawigacyjnego, które niezawodnie pomoże kierowcy usłyszeć komunikat o konieczności zmiany kierunku ruchu.

Model X440 DVD to najnowszy produkt z serii X-line systemów audio będący nowatorskim projektem w formacie 1DIN. X440 DVD ma wbudowany odtwarzacz DVD, tuner RDS, przednie gniazdo AUX IN oraz wiele opcji podłączenia urządzeń zewnętrznych i zapewnioną kompatybilność z plikami multimedialnymi. Dzięki interfejsowi sterowania głośnikiem niskotonowym oraz 7-zakresowemu korektorowi dźwięku, system nagłośnienia można perfekcyjnie dostosować do indywidualnych potrzeb użytkowników. W modelu CD503 przyciski odtwarzacza oraz funkcje menu są intuicyjne, co pozwala użytkownikowi na łatwą obsługę podczas prowadzenia pojazdu.

Aby zmontować multimedialny zestaw samochodowy firmy SONY należy zaopatrzyć się w radioodtwarzacz DVD, monitory LCD. Możemy ułatwić sobie życie także zmieniarką DVD. Jeżeli nie chcemy ciągnąć dodatkowych kabli, Sony oferuje wyświetlacz z bezprzewodową transmisją sygnału audio i video. Większość monitorów ma bezprzewodową transmisję dźwięku do słuchawek. Innym ciekawym rozwiązaniem jest zintegrowany radiomagnetofon JVC DVD z wysuwającym wyświetlaczem, chowającym się w standardową kieszeń samochodową radioodtwarzacza.

Kolejną możliwością jest zainstalowanie w samochodzie przenośnego odtwarzacza DVD (DVD Walkman) lub stacji DVD. I w tym zakresie rynek oferuje wiele możliwości, np. odtwarzacze Sony posiadają specjalne zestawy z uchwytem do zamocowania w zagłówku fotela pasażera i ładowarkę samochodową. Niektóre modele posiadają czytnik kart pamięci, dzięki czemu można

oglądać zdjęcia z aparatu lub film z kamery cyfrowej. Do przenośnych odtwarzaczy DVD istnieje często możliwość podłączenia innych źródeł obrazu (aparat lub kamera), dzięki czemu w trakcie podróży można oglądać swoją produkcję foto-video z wakacji. Zaletą walkmanów DVD są niewielkie rozmiary, niewielki koszt zakupu w porównaniu z systemem Car Entertainment, możliwość wyciągnięcia sprzętu z samochodu, brak konieczności ciągnięcia jakichkolwiek kabli, jeżeli korzystamy z baterii. Wadą będzie kłopot z zamocowaniem na środku samochodu tak, żeby wszyscy trzej pasażerowie na tylnym siedzeniu mogli oglądać film. Przenośne stacje DVD można montować w suficie samochodu, mają najczęściej obrotowy, składany ekran. Zawierają one w komplecie odtwarzacz DVD, ekran i często głośniki.

Czasy kasetowych radioodtwarzaczy skończyły się dawno i bezpowrotnie. Teraz modne są samochodowe centra multimedialne. Dzięki nim za kierownicą można nie tylko słuchać i oglądać, ale też znaleźć drogę do celu, szybko przejrzeć zdjęcia z własnego aparatu cyfrowego lub porozmawiać przez telefon bez słuchawki w uchu i oddzielnego zestawu głośnomówiącego.

Odtwarzacz muzyczny i wideo, a do tego solidna baza danych i kontaktów, dysk do przechowywania każdego rodzaju plików, minikonsola do gier – nikogo chyba nie dziwi, że iPody (i ich odmiana z wbudowanym telefonem komórkowym, GPS i Wi-Fi), czyli superplayery firmy Apple, zrewolucjonizowały rynek osobistych urządzeń multimedialnych. Ich lawinowo rosnąca popularność została oczywiście zauważona przez producentów car audio. Z oczywistego i logicznego powodu – skoro prawie każdy ma już iPod (lub iPhone), a wielu ich posiadaczy jeździ przecież samochodami, to warto inwestować w sprzęt, który z playerem Apple'a będzie kompatybilny.

iPody podłącza się do radioodtwarzacza zazwyczaj za pomocą przewodu, a potem wkłada do schowka w desce rozdzielczej lub po prostu rzuca na fotel. Sony proponuje bardziej funkcjonalne rozwiązanie: najnowsze radioodtwarzacze DSX-S100, DSX-S200X i DSX-S300BTX są wyposażone w specjalną kieszeń Tune Tray, w której da się umieścić nie tylko iPod, ale też każde z osobistych urządzeń peryferyjnych (pamięć typu pendrive, "empetrójkę", telefon). Po zasłonięciu panelem przednim żadne kable już nie pływają się na fotelu, mamy w aucie porządek, nie kusimy też potencjalnych amatorów cudzej własności.

Pod względem obsługi nowa seria odtwarzaczy car audio przypomina Walkmany i komputery VAIO. Wybieranie utworów ułatwiają funkcje SensMe i Zappin oraz wyszukiwarka QuickBrowZer (SensMe automatycznie dzieli zgromadzoną muzykę na różne klimaty brzmieniowe, dopasowując utwory do jazdy, np. po autostradzie, nocą; Zappin rozpoczyna odtwarzanie krótkich fragmentów utworów i pozwala na znalezienie nagrania najlepiej pasującego do aktualnego nastroju; QuickBrowZer sprawia, że można korzystać z różnych kryteriów wyszukiwania, a więc nie tylko według wykonawcy, albumu, ale też gatunku muzycznego, playlisty, pliku czy folderu).

Radioodtwarzacz Sony DSX-S300BTX ma moduł Bluetooth, a więc łączy się bezprzewodowo z innymi urządzeniami. Do jego pamięci bez kabla można przesłać nie tylko muzykę, ale i 500 wpisów z książki telefonu komórkowego. Te kontakty da się później przeglądać na wyświetlaczu i z deski rozdzielczej inicjować połączenia telefoniczne. Większość samochodów ma wprawdzie kieszenie pojedyncze do montowania radioodtwarzaczy, ale wszystko wskazuje na to, że nadchodzi moda na rozmiar XXL, czyli urządzenia w formacie tzw. 2-DIN. Taką politykę prowadzi m.in. JVC – przedstawiciele tej firmy twierdzą, że ich hitem są właśnie odtwarzacze grubsze (modele KW-XR811, KW-XR611, KD-R811 czy KD-R511). Prócz rozmiarów wyróżnia je możliwość zmiany koloru podświetlenia. Firma JVC wprowadziła do sprzedaży jeszcze jedno "dwudinowe" urządzenie – odtwarzacz KW-AVX830. Wyróżnia go 7-calowy, zdejmowany ekran dotykowy, który włącza się, kiedy czujnik wykryje ruch zbliżającej się ręki, a także wyjątkowo proste menu –

wystarczy dotknąć odpowiedniej ikonki na ekranie, żeby uzyskać dostęp do tunera radiowego (w opcji można odbierać sygnał satelitarny!), odtwarzacza płyt, modułu Bluetooth czy zawartości wewnętrznego dysku iPoda.

Najbardziej złożone są wielofunkcyjne konsole multimedialne. Przykładem jest Alpine iXA-W407BT. Konsola kryje cyfrowe radio z pamięcią 30 stacji, wzmacniacz 4x50 W, odtwarzacz płyt DVD (radzi sobie z plikami MP3, WMA, AAC), mikrofon i można do niej podłączyć kamerę cofania. Urządzenie ma 7-calowy, kolorowy ekran dotykowy w rozdzielczości QVGA (interfejs reaguje nie tylko na krótkie puknięcia, ale też ruch palcem po powierzchni), steruje zmieniarką płyt i współpracuje z zewnętrznym (montowanym oddzielnie) procesorem dźwięku Imprint. Jeśli go zamontujemy, zyskamy na jakości dźwięku. Procesor dostraja bowiem automatycznie poziom, aby uzyskać wysoką jakość i wierność brzmienia, ale można też dopasować dźwięk ręcznie (za pomocą 5-pasmowego korektora parametrycznego lub 7-pasmowego graficznego).

Można również zamontować model z nawigacją. Na przykład Pioneer AVIC-F20BT, którego obsługę ułatwia interfejs trójwymiarowy i sterowanie głosem funkcjami audio. Odtwarzacz Pionera czyta, prócz typowych formatów plików, "diwiksy" (format popularnych filmów z komputera, bazuje na MPEG-4) i jest wyjątkowo sprytny, bo umie podzielić dźwięk na strefy (pasażerowie z przodu mogą słuchać muzyki z innego źródła niż siedzący z tyłu). Ciekawostka to specjalne oprogramowanie NavGate Feeds PC, które pozwala samodzielnie dodawać do oprogramowania nawigacji punkty POI (lokalizacje stacji benzynowych, bankomatów, restauracji itp.) za pomocą Google Maps oraz Text-to-Speech (TTS) – urządzenie podaje głosem informacje dotyczące ruchu drogowego, ostrzegając o wydarzeniach na trasie i sugerując alternatywne objazdy.

Ekran nad głową i basy w bagażniku. W co warto inwestować, kiedy naprawdę lubimy słuchać muzyki za kierownicą? W dobrej klasy głośniki, bo sam radioodtwarzacz, nawet wysokiej jakości, nie wystarczy, żeby "grało, jak się należy". Nie wystarcza basów – trzeba mieć subwoofer (np. Rockford Fosgate – amerykańskiej firmy, przodującej w produkcji komponentów do nagłośnienia samochodu), a jeśli chcecie muzyki naprawdę głośnej – także zewnętrzny wzmacniacz.

Filmy w podróży? Nic prostszego, bo można skorzystać z przenośnych odtwarzaczy DVD (w rodzaju rozkładanych Philipsów PD7040) lub do car audio z DVD dokupić specjalny podwieszany monitor (np. Alpine PKG-1000: 10-calowy, z odchylanym ekranem LCD).

Jeżeli chodzi o masowego użytkownika samochodu, którego nie stać na duży wydatek na urządzenia audio to można zamontować bardzo dobrej jakości Clariona CZ500E, który – podobnie jak bardzo drogie urządzenia – ma możliwość podłączania pamięci i urządzeń peryferyjnych. Dzięki 4-kanalowemu wyjściu RCA audio Clariona można łatwo rozbudować, np. o wzmacniacz. Jest też wyjście na subwoofer i pilot zdalnego sterowania.

Bardziej złożony jest cyfrowy Pioneer MVH-8200BT z 3-calowym ekranem TFT. Odtwarzacz ma ciekawą funkcję Sonic Center Control, która pozwala precyzyjnie skalibrować sygnał dźwiękowy optymalnie do zajmowanego miejsca w samochodzie, a jego elektronika (technologia ASR - Advanced Sound Retriever) przywraca jakość płyt CD utraconą w procesie kompresji pliku dźwiękowego podczas jego tworzenia. Do tego 8-pasmowy korektor graficzny, a dla wygody użytkownika czytnik kart SD na panelu przednim.

Co w takim razie zamontować w samochodzie? To trudne pytanie. Wszystko zależy od tego, czego oczekuje się od systemu car audio – prostoty obsługi, wysokiej jakości dźwięku i obrazu, a może dużej liczby funkcji i gadżetów. Prawdą jest, że dzisiejsze car audio przypomina świat elektroniki domowej. Coraz bardziej modny jest tzw. high and car audio, czyli systemy samochodowego nagłośnienia dla audiofilów. Takie urządzenia są bardzo drogie, dedykowane konkretnym

użytkownikom i montowane na specjalne zamówienie. Wśród firm "hajendowych" warto wymienić duńskiego Bang&Olufsen oraz amerykańskie firmy Bose i Mark Levinson.

### **3. Cel budowy systemu AUDIOEXPERT**

Dobór i konfiguracja sprzętu audio w samochodach jest dziedziną, która do niedawna była skierowana do bardzo wąskiego grona ludzi, jednak sytuacja ta zmieniła się i cieszy się ona stale rosnącą popularnością. System AUDIOEXPERT jest budowany z myślą zarówno o osobach, które po raz pierwszy zajmują się instalacją sprzętu audio w pojazdach samochodowych jak i tych, którzy profesjonalnie się tym zajmują. Przy budowie tego systemu przyjęto takie rozwiązania, które pozwolą zaspokoić merytoryczne potrzeby każdej z wymienionych powyżej grup odbiorców.

Funkcjonalność systemu powinna być wielopłaszczyznowa oraz uwzględniać wszystkie fazy, które składają się na proces tworzenia wyposażenia audio i jego późniejszą eksploatację. Dzięki takiemu rozwiązaniu uzyskane narzędzie informatyczne poprowadzi użytkownika z punktu początkowego, którym jest dobór poszczególnych komponentów toru elektroakustycznego do punktu finalnego, którym jest usuwanie zakłóceń pojawiających się w sprzęcie audio.

Podstawową funkcją systemu AUDIOEXPERT jest wspomaganie w zakresie podejmowania decyzji związanych z doбором elementów toru audio oraz jego parametryzacją. System na podstawie informacji podanych przez użytkownika dokonuje niezbędnych obliczeń, bez których stworzenie dobrego brzmienia audio w samochodzie nie jest możliwe. Funkcjonalność ta jest dodatkowym atutem systemu, podwyższającym jego znaczenie oraz utwierdzającym w przekonaniu o profesjonalizmie narzędzia informatycznego.

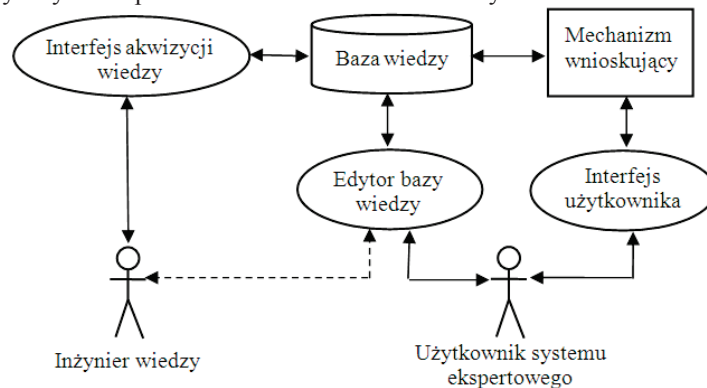
Technologie wykorzystane do budowy systemu AUDIOEXPERT umożliwiają zbudowanie narzędzia informatycznego, które może być eksploatowane bez konieczności posiadania specjalistycznego i trudno dostępnego oprogramowania. Dzięki temu rozwiązaniu system może być rozpowszechniany bez większych ograniczeń. Korzystanie z niego jest możliwe na każdym osobistym komputerze, będącym w posiadaniu przyszłego, potencjalnego użytkownika. Ze względu na dużą popularność pakietu Microsoft Office zdecydowano się na wykorzystanie jego elementów w celu implementacji systemu ekspertowego AUDIOEXPERT. Microsoft Access i język Visual Basic for Applications, będące składnikami wspomnianego powyżej oprogramowania, zostaną zastosowane do zrealizowania systemu AUDIOEXPERT.

Nawigacja w systemie powinna być intuicyjna. Sposób organizacji poszczególnych jego modułów pozwoli na szybką identyfikację składników, które będą w stanie wesprzeć działania w zakresie wybranego zagadnienia. Dzięki temu sposób korzystania z AUDIOEXPERT już po kilku chwilach stanie się zrozumiały i nie będzie wymagał od użytkownika zagłębiania się w wielostronicowe instrukcje. System AUDIOEXPERT integruje wiedzę dotyczącą wielu zagadnień z dziedziny wyposażenia samochodów w sprzęt audio w jednym miejscu prezentując ją w przejrzystej i ciekawej formie.



#### 4. Struktura systemu AUDIOEXPERT

Na poniższym rysunku przedstawione została struktura systemu AUDIOEXPERT:



Rys. 1. Struktura systemu ekspertowego AUDIOEXPERT

Źródło: Opracowanie własne.

Podstawowe cele i zadania poszczególnych elementów wchodzących w skład systemu AUDIOEXPERT są następujące:

- **interfejs akwizycji wiedzy** służy *inżynierowi wiedzy* do wprowadzania wiedzy w strukturalizowanej postaci do *bazy wiedzy*,
- **edytor bazy wiedzy** służy *użytkownikowi systemu ekspertowego* do modyfikacji wiedzy zawartej w *bazie wiedzy*,
- **interfejs użytkownika** pełni funkcję komunikacyjną pomiędzy systemem AUDIOEXPERT a użytkownikiem podczas przeprowadzania procesu wnioskowania. Umożliwia systemowi ekspertowemu zadawanie użytkownikowi pytań i przedstawianie mu rezultatów procesu wnioskowania, natomiast użytkownikowi umożliwia wpływanie na proces wnioskowania poprzez udzielanie odpowiedzi,
- **baza wiedzy** zawiera wiedzę ekspercką z zakresu projektowania i budowy instalacji audio w pojazdach samochodowych i stanowi podstawowy komponent systemu AUDIOEXPERT. Jest ona zbiorem definicji, faktów, pojęć i relacji między nimi oraz reguł wnioskowania. Budowa bazy wiedzy polegała na sformalizowaniu wiedzy zebranej od wielu ekspertów i przetworzeniu jej na kod interpretowany przez system ekspertowy,
- **mechanizm wnioskujący** stanowi zespół rozkazów, które wykorzystują, przetwarzają i prezentują zawarte w bazie wiedzy systemu AUDIOEXPERT reguły i fakty. Zadaniem tego mechanizmu jest sformułowanie na podstawie połączenia reguł i faktów odpowiedzi dla użytkownika systemu.

## **5. Opis modułów systemu AUDIOEXPERT**

AUDIOEXPERT jest systemem wielomodulowym, w którym poszczególne elementy działają niezależnie od siebie. Każdy z pięciu modułów pełni określoną rolę istotną na poszczególnych etapach wykonywania instalacji audio. Moduły te są następujące:

- Wybór Miejsc Montażowych,
- Dobór Konfiguracji Instalacji Audio,
- Parametry Komponentów Instalacji Audio,
- Strojenie Instalacji Audio,
- Eliminacja Zakłóceń.

### **5.1. Wybór miejsc montażowych**

Jednym z podstawowych pytań jakie należy sobie zadać przed przystąpieniem do projektowania instalacji audio jest kwestia wyboru miejsc montażowych dla głośników. System AUDIOEXPERT jest narzędziem, które dostarcza wiedzę na temat lokalizacji głośników w wielu różnych markach samochodów. Dzięki obszernej bazie wiedzy istnieje możliwość pozyskania informacji niezbędnej na etapie projektowania instalacji audio.

System umożliwia również akwizycję wiedzy poprzez dodanie nowych modeli samochodów. Dodanie nowego rekordu do bazy wiedzy polega na wprowadzeniu kilku niezbędnych danych takich, jak: marka, model, rocznik, miejsca montażowe czy średnica głośnika. Dzięki zastosowanemu rozwiązaniu AUDIOEXPERT jest systemem, który może być na bieżąco aktualizowany w miarę pojawiania się coraz to nowych modeli samochodów. Funkcja ta pozwoli systemowi rozwiązać się tak dynamicznie, jak będzie tego wymagał rynek motoryzacyjny.

### **5.2. Dobór konfiguracji instalacji audio**

Tor elektroakustyczny składa się z urządzeń elektronicznych mających na celu przetworzenie fali akustycznej na sygnał elektryczny, poddanie go wstępnemu wzmocnieniu oraz korekcji częstotliwościowej. Istnieje wiele urządzeń, które wpływają w różnym stopniu na jakość odtwarzanego dźwięku. Ich zastosowanie w dużej mierze zależy od warunków z jakimi zetknie się projektant systemu. Stopień skomplikowania zależy od modelu samochodu, oczekiwań brzmieniowych i możliwości finansowych klienta. Charakterystyka komponentów mających wpływ na tor elektroakustyczny wygląda następująco:

- radioodtwarzacz – jest to jeden z najistotniejszych elementów toru elektroakustycznego w instalacji nagłaśniającej samochodu. Dobierając model radioodtwarzacza należy określić jakie parametry i funkcje powinien posiadać oraz z jakimi urządzeniami zewnętrznymi powinien współpracować,
- głośnik – jednym z kryteriów podziału głośników jest pasmo przenoszonych częstotliwości. Wyróżnia się głośniki: nisko-, średnio- i wysokotonowe [6],
- wzmacniacze mocy – są to urządzenia, które wzmacniają sygnał pochodzący ze źródła dźwięku. Wykorzystanie wzmacniacza w instalacji audio umożliwia uzyskanie lepszego brzmienia oraz dźwięku o wyższym poziomie głośności,
- zwrotnica – jest to zestaw filtrów wykorzystywany do podziału pasma częstotliwości. Pojedynczy głośnik nie jest w stanie przetworzyć całego zakresu częstotliwości, należy zatem zastosować zwrotnicę do jego podziału.

Korzystając z modułu Dobór Konfiguracji Instalacji Audio określa się własności opisanych powyżej urządzeń toru elektroakustycznego. Dostępność poszczególnych typów komponentów zależna jest od wyboru dokonywanego przez użytkownika. Ostatnim etapem w pracy z modulem Dobór Konfiguracji Instalacji Audio jest określenie sposobu podziału pasma częstotliwości na podział pasywny lub aktywny.

### 5.3. Parametry komponentów instalacji audio

Wszystkie urządzenia audio są połączone przewodami. Dbając o bezpieczeństwo pasażerów podróżujących w samochodzie oraz o sam pojazd należy podjąć wszelkie możliwe kroki, które zabezpieczą przed pożarem spowodowanym zwarcie w instalacji. Ważnym elementem jest również gwarancja dostarczenia odpowiedniej ilości prądu do wzmacniaczy w przypadku, gdy akumulator nie będzie w stanie podołać temu zadaniu. Rozwiązanie opisanych powyżej zagadnień możliwe jest dzięki modułowi Parametry Komponentów Instalacji Audio.

### 5.4. Strojenie instalacji audio

Ostatecznym etapem realizowanym po zamontowaniu wszystkich komponentów instalacji audio jest strojenie systemu. Etap ten ma ogromne znaczenie, gdyż nawet najlepszej jakości urządzenia niepoprawnie zestrojone nie pozwolą cieszyć się doskonałą jakością brzmienia. W zależności od konfiguracji i możliwości komponentów instalacji proces ten dzieli się na trzy etapy:

- ustawienie podziału pasma częstotliwości,
- regulacja poziomów sygnału,
- ustawienie opóźnień czasowych.

### 5.5. Eliminacja zakłóceń

Instalacja wykonana zgodnie z założeniami nawet najdoskonalszego projektu nie gwarantuje perfekcyjnego brzmienia wolnego od zakłóceń. Istnieje wiele sposobów zabezpieczenia się przed ryzykiem pojawienia się niepożądanych dźwięków w torze akustycznym. Ochronę systemu można zapewnić poprzez dobór komponentów odpornych na zakłócenia, takich jak ekranowane przewody czy zbalansowane przewody sygnałowe. Bardzo ważna jest również regulacja poziomów sygnału oraz rozmieszczanie okablowania zgodnie z obowiązującymi regułami. System AUDIO-EXPERT umożliwia rozwiązywanie problemów związanych ze zniekształceniami sygnału.

## 6. Implementacja komputerowa systemu AUDIOEXPERT

System ekspertowy AUDIOEXPERT zaimplementowano w postaci programu w Microsoft Access z wykorzystaniem języka Visual Basic for Applications (VBA). Access jest jednym z elementów pakietu Microsoft Office, przeznaczonym do zarządzania relacyjnymi bazami danych. Umożliwia projektowanie i zarządzanie uporządkowanymi strukturami danych.

W systemie AUDIOEXPERT zastosowano dwa obiekty: tabele i formularze. Pierwszym z nich są dwie tabele o nazwach: marka i samochody. Zawarte w nich dane wykorzystywane są do wskazania miejsc montażowych oraz średnic montowanych głośników, zależnie od marki samochodu. Drugim rodzajem obiektów wykorzystanych w systemie AUDIOEXPERT są formularze. To właśnie na tych obiektach pojawiają się pytania dla użytkownika i dostępne opcje wyboru.

Na formularzach umieszczono elementy, które umożliwiają obsługę systemu. Należą do nich: przyciski poleceń, pola wyboru, etykiety oraz pola tekstowe. Dostęp do danych, zawartych w opi-



sanych powyżej obiektach, możliwy jest dzięki wykorzystaniu metody ActiveX Data Objects (ADO). Technologia ta jest pewnego rodzaju interfejsem dostępu do danych, który zawiera sześć obiektów i dwie kolekcje. W systemie AUDIOEXPERT wykorzystane zostały dwa najważniejsze obiekty: Connection i Recordset. Pierwszy z nich definiuje sesję aplikacji ze źródłem, kolejny wykorzystywany jest do reprezentacji pełnego zestawu rekordów zwróconych z tabeli bazy danych.

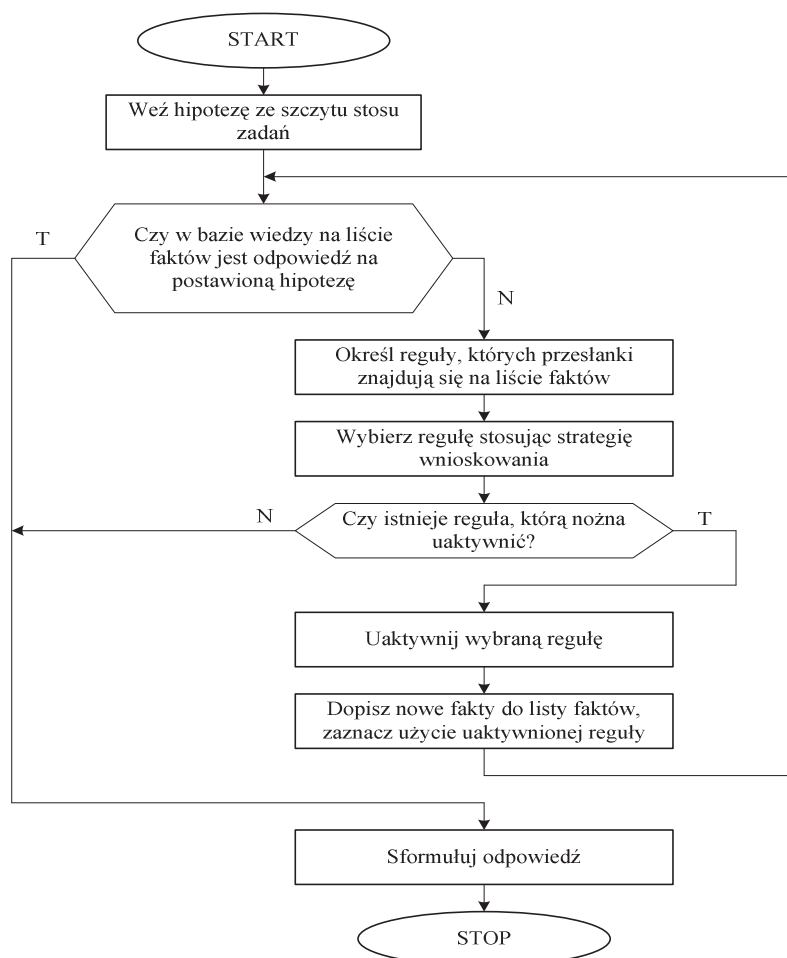
W kodzie programu oprócz wymienionych powyżej obiektów zastosowano dodatkowo okna typu MsgBox, które wykorzystywane są do udzielania informacji dla użytkownika systemu. Ich rola polega na wyświetlaniu różnego typu komunikatów w trakcie operacji wnioskowania oraz na informowaniu o jego wynikach.

Podstawowym elementem służącym do manipulowania danymi w MS Access, znajdującymi się w tabelach są kwerendy. Umożliwiają one wyświetlanie danych według określonych kryteriów, które w dowolny sposób są definiowane. Z powodu skomplikowanej procedury pozyskiwania danych z tabel w systemie AUDIOEXPERT konieczne było wykorzystanie innej technologii. Doskonałym rozwiązaniem tego problemu było zastosowanie języka Structured Query Language (SQL). Język SQL według American National Standard Institute jest standardowym językiem komputerowym przeznaczonym do dostępu do danych oraz do manipulacji danymi zgromadzonymi w relacyjnych bazach danych. Wyrażenia SQL wykorzystywane są do pobierania i aktualizacji danych w tabelach systemu AUDIOEXPERT. Technologia ta została wykorzystana głównie w module Wybór Miejsc Montażowych.

Wykorzystanie wszystkich powyższych technologii pozwoliło na zbudowanie systemu AUDIOEXPERT, który pomimo zastosowania kilku różnych rozwiązań informatycznych tworzy dobrze współpracującą całość. Technologie te pozwoliły na zbudowanie systemu o przyjaznej szacie graficznej oraz łatwej obsłudze. Dzięki temu udało się spełnić określone wcześniej założenia budowy systemu AUDIOEXPERT.

## **7. Przebieg procesu wnioskowania**

Wnioskowanie w systemie AUDIOEXPERT odbywa się w przód. Algorytm wnioskowania w przód rozpoczyna się od umieszczenia hipotezy na stosie zadań. Następnie system przegląda listę faktów w bazie wiedzy, sprawdzając czy nie ma tam odpowiedzi na postawioną hipotezę. Jeżeli znajduje się tam już fakt, który daje się dopasować do hipotezy, to następuje zakończenie procesu wnioskowania i jest generowany odpowiedni komunikat.



Rys. 2. Schemat algorytmu wnioskowania w przód

Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku, gdy po przejrzaniu całej bazy faktów system nie może dać odpowiedzi na postawioną hipotezę, podejmowane są kroki w wyniku których generowane są nowe fakty. Uruchamiane są reguły, których przesłanki są prawdziwe. Wyznacza się zbiór reguł możliwych do zastosowania w danym etapie wnioskowania. Wybierana i uaktywniana jest jedna z reguł. Proces wnioskowania jest kontynuowany tak długo, aż zostanie osiągnięty cel lub gdy nie można uaktywnić więcej reguł. Algorytm wnioskowania w przód przedstawiony został na schemacie z rys. 2.

Na pierwszym etapie procesu wnioskowania prowadzonego przy wykorzystaniu systemu AUDIOEXPERT następuje wybór odpowiedniego modułu systemu, który należy zaprojektować. Wybrane zostają różne możliwe komponenty służące do budowy wybranego modułu. Następnie

algorytm wnioskowania w systemie AUDIOEXPERT dąży do umieszczenia pierwszego faktu na stosie zadań. Później system sprawdza, czy istnieje reguła, która może zostać uaktywniona na podstawie faktu z bazy wiedzy. Jeśli nie można dopasować żadnej reguły, to system AUDIOEXPERT zadaje kolejne pytania dotyczące instancji sprzętu audio, aż do momentu trafienia na odpowiednią. Jeżeli system otrzyma wszystkie informacje o poprawnej regule, to kończy pracę i formułuje odpowiedź. Natomiast, jeśli system nie dostał wszystkich odpowiedzi dotyczących danej reguły, to zadaje kolejne pytania. Każdy proces zadawania pytań kończy się odpowiedzią i informacją, w jaki sposób wykonać instalację urządzeń audio w pojeździe samochodowym, czyli odpowiednim wnioskowaniem.

## 8. Podsumowanie

Przedstawiony w niniejszej pracy system AUDIOEXPERT jest potwierdzeniem możliwości wykorzystania metod sztucznej inteligencji do zastosowań praktycznych. Wszystkie opisane w pracy moduły wchodzące w skład tego systemu pozwalają na przeprowadzenie procesu, którego finalnym produktem jest realizacja od podstaw instalacji audio w pojazdach samochodowych. Uzyskane porady mogą być wykorzystywane przez profesjonalne zakłady montażowe, jak i osoby amatorsko zajmujące się wyposażaniem pojazdów samochodowych w sprzęt audio.

Technologie wykorzystane do budowy systemu AUDIOEXPERT umożliwiły zbudowanie narzędzia informatycznego, które może być eksploatowane bez konieczności posiadania specjalistycznego i trudno dostępnego oprogramowania. Dzięki temu rozwiązaniu system może być rozpowszechniany bez większych ograniczeń.

### Bibliografia

- [1] Buchalski Z., *Zarządzanie wiedzą w podejmowaniu decyzji przy wykorzystaniu systemu ekspertowego*. W: Bazy danych. Struktury, algorytmy, metody, WKiŁ, Warszawa 2006, str. 471–478.
- [2] Buchalski Z., *The Role of Symbolic Representation of Natural Language Sentences in Knowledge Acquisition for Expert System*. Polish Journal of Environmental Studies, Vol.16, No.4A, 2007, pp. 40–43.
- [3] Buchalski Z., *Analysis of expert system application possibilities for the needs of doctors decision in various disease diagnostics*. In: Information Systems Architecture and Technology, J. Świątek, L. Borzemski, A. Grzech, Z. Wilimowska (eds.), Oficyna Wydawnicza Po-litechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009, pp. 49–58.
- [4] Buchalski Z., *Computer Advisory-Decision System for the Logistics Services Support*. Polish Journal of Environmental Studies, Vol.18, No.3B, 2009, pp. 53–57.
- [5] Chromiec J., Strzemieczna E., *Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1994.
- [6] Krajewski J., *Głośniki i zestawy głośnikowe*, WKiŁ, Warszawa 2003.
- [7] Niederliński A., *Regulowo-modelowe systemy ekspertowe*, Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2006.
- [8] Owoc M., *Elementy systemów ekspertowych, cz.1: Sztuczna inteligencja i systemy eksperto-we*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław 2006.
- [9] Radzikowski W., *Komputerowe systemy wspomaganie decyzji*, PWE, Warszawa 1990.
- [10] Rutkowski L., *Metody i techniki sztucznej inteligencji*, PWN, Warszawa 2006.
- [11] Stefanowicz B., *Systemy eksperckie. Przewodnik*, PWN, Warszawa 2003.

- [12] Twardowski Z., *Inteligentne systemy wspomaganie decyzji w strategicznym zarządzaniu organizacją gospodarczą*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice 2007.
- [13] Zieliński J., *Inteligentne systemy w zarządzaniu. Teoria i praktyka*, PWN, Warszawa 2000.

### EXPERT SYSTEM FOR COMPUTER-ASSISTED DECISION-MAKING PROCESS

#### Summary

*In the paper a concept of system expert called AUDIOEXPERT supporting choosing, configuration and assembling audio appliances in cars is presented. Fundamentals of system construction, structure and functional description is presented. Mechanism of knowledge acquisition to knowledge base is shown. Knowledge gathered in knowledge base system is formed as rules and facts. Knowledge acquisition to knowledge base is systems ad hoc operation. Implementation of presented system was accomplished. This paper describes also inference pro-cess, whose main construction idea is to fulfill all expert systems users' expectations.*

**Keywords:** computer decision-making process assist, expert systems, knowledge management, artificial intelligence methods.

Zbigniew Buchalski  
Instytut Informatyki, Automatyki i Robotyki  
Wydział Elektroniki  
Politechnika Wroclawska  
ul. Janiszewskiego 11/17, 50-372 Wrocław  
e-mail: zbigniew.buchalski@pwr.wroc.pl