



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

EXPERTNÍ SYSTÉM NPS

Expert system NPS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

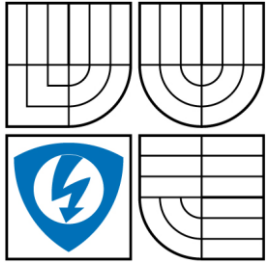
MIROSLAV PLCH

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. VÁCLAV JIRSÍK, CSc.

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Miroslav Plch
Ročník: 3

ID: 98532
Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Expertní systém NSP

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s expertním systémem NPS32 - syntaxe báze znalostí, inferenční mechanismus.
2. Vyberte vhodnou oblast pro aplikaci expertního systému.
3. Pro tuto oblast navrhnete a odladíte bázi znalostí.
4. Pro odladěnou bázi znalosti vytvořte úlohu do laboratorních cvičení předmětu BMPA.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Berka P. a kol.: Expertní systémy. Skripta, VŠE Praha, 1998
Giarratano J., Riley G.: Expert Systems, Principles and programming, PWS Publishing Company, Boston, 1998, ISBN 0-534-95053-1
Olej V., Petr P.: Expertní systémy. Univerzita Pardubice, 1997, ISBN 80-7194-095-X.
Vojta P.: Expertní systém NPS 32. Diplomová práce VUT FEI Brno, 2001.

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 31.5.2010

Vedoucí práce: Doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku c.40/2009 Sb.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá návrhem a odladěním báze znalostí pro expertní systém. Báze znalostí je vytvořena na problematiku týkající se vibrací a zvuků v automobilu. Toto je řešeno pomocí diagnostického expertního systému NPS32. Vytvořená báze může být využita pro identifikaci nejčastějších závad v automobilu.

Klíčová slova: expertní systém, báze znalostí, báze dat, vibrace a zvuk

Abstract:

The bachelor thesis deals with the suggestion to set a knowledge base for an expert system. Knowledge base is made for the topic of vibrations and sounds inside an automobile. The solution is based on a diagnostic expert system NPS32. The base that is produced can be used to identify the most frequent automobile defects.

Key words: expert system, knowledge basis, data basis, vibrations and sounds

Bibliografická citace:

PLCH, M. *Expertní systém NPS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 65 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Expertní systém NSP jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: 31. května 2010

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Václavu Jirsíkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: 31. května 2010

.....
podpis autora

OBSAH:

1. ÚVOD	9
2. EXPERTNÍ SYSTÉMY	10
2.1 Historie.....	12
2.2 Hlavní znaky expertních systémů	13
2.2.1 Oddělení znalostí a mechanismu jejich využívání.....	14
2.2.2 Schopnost rozhodování za neurčitosti	14
2.2.3 Dialogový režim	15
2.2.4 Modularita a transparentnost báze znalostí.....	15
2.2.5 Vysvětlovací mechanismus	15
2.3 Struktura expertních systémů.....	15
2.4 Typy expertních úloh	18
2.5 Typy architektur	19
2.5.1 Diagnostické expertní systémy	19
2.5.2 Plánovací expertní systémy	21
2.5.3 Hybridní systémy	21
2.5.4 Prázdné expertní systémy.....	21
3. REPREZENTACE ZNALOSTÍ	22
3.1 Deklarační schémata	24
3.1.1 Predikátová logika	25
3.1.2 Sémantické sítě	26
3.1.3 Stavový prostor	27
3.1.4 Procedurální schémata.....	28
3.2 Rámcová schémata.....	29
4. EXPERTNÍ SYSTÉM NPS32	31
4.1 Historie.....	31
4.2 Struktura NPS32	31
4.3 Matematický aparát.....	33
4.4 Základní pojmy	37
4.5 Báze znalostí	38

4.6 Inferenční mechanismus	39
4.7 Báze dat.....	40
5. TVORBA BÁZE ZNALOSTÍ	42
5.1 Všeobecné předpoklady	42
5.2 Vlastní tvorba báze znalostí	43
5.2.1 Výběr expertízy	43
5.2.2 Volba cílových hypotéz	45
5.2.3 Tvorba otázek	46
5.2.4 Vytvořené otázky.....	47
6. ZÁVĚR.....	57
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
8. PŘÍLOHY:	59

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled expertních systémů dle oblasti využití.....	13
Tabulka 2: Příklad rámců	30
Tabulka 3: Hodnoty pravděpodobností implicitně nabízených odpovědí a jejich značení.....	39
Tabulka 4: Odpověď - z přední části.....	48
Tabulka 5: Odpověď - ze strany.....	48
Tabulka 6: Odpověď - z prostřední části.....	49
Tabulka 7: Odpověď - ze zadní části	49
Tabulka 8: Odpověď - pravidelné	50
Tabulka 9: Odpověď - jen za určitých okolností	51
Tabulka 10: Odpověď - ze zadní části	51

Seznam obrázků

Obrázek 1: Zjednodušená činnost expertního systému.....	16
Obrázek 2 : Procento aplikací	19

Obrázek 3: Schéma diagnostického expertního systému	20
Obrázek 4: Struktura expertního systému NSP32.....	33
Obrázek 5: Vývojový diagram činnosti inferenčního mechanismu.....	40

1. ÚVOD

Ve své bakalářské práci se zabývám tématem problematiky expertních systémů a návrhem báze znalostí pro identifikaci závad automobilu projevující se charakteristickými vlastnostmi vibrací a zvuků.

V první kapitole je popsán ucelený přehled principů, architektur a historie expertních systémů. Jsou zde vysvětleny základní pojmy, požadavky a typy těchto systémů.

V druhé kapitole se bakalářská práce zaměřuje na reprezentaci znalostí, která je považována za klíčovou oblast umělé inteligence. Způsob reprezentace znalostí významně ovlivňuje schopnost systému řešit úlohy.

V následující kapitole se seznamuji s funkcemi a syntaxí tvorby báze znalostí v expertním systému NPS32, který byl vyvinut na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií na VUT v Brně v roce 2001.

Poslední část práce se zabývá vlastní tvorbou báze znalostí. V této kapitole jsou popsány požadavky na tvorbu. Dále je zde popisován výběr problematiky řešené expertním systémem, která bude vybrána z dvou hlavních hledisek. Z hlediska velkého rozsahu potenciálních uživatelů a z hlediska názornosti pracovat s heuristikami.

Cílem mé práce je vytvořit a odladit bázi znalostí pro expertní systém NPS32. Tato báze obsahuje otázky, které se budou pokládat budoucímu uživateli. Otázky jsou složeny ze specifických vlastností vibrací a zvuků v automobilu.

2. EXPERTNÍ SYSTÉMY

Intelligence je vlastností některých živých organismů. Vznikla a vyvíjela se v průběhu dlouhého časového intervalu a dnes umožňuje některým živým organismům efektivně reagovat na složité projevy prostředí a aktivně je využívat ve svůj prospěch a k dosažení svých cílů.

Umělá inteligence je vědní disciplína, která se zabývá počítačovým řešením tak složitých úloh, že pokud tyto úlohy řeší člověk, považuje se toto za projev jeho inteligence. V posledních čtyřiceti letech se postupně formuje jako průsečík několika disciplín, jakými jsou např. psychologie, neurologie, kybernetika, matematická logika, teorie rozhodování, informatika, teorie her, lingvistika atd. Její vývoj není zdaleka ukončen a její přesné a všeobecně přijaté vymezení nebylo dosud předloženo. Je to důsledek nejednotnosti názorů a neexistence přesných definic pro výrazy „inteligence“, „znalost“, „myšlení“ a dalších pojmů, které se oboru umělé inteligence bytostně týkají. Dnes jí však již nikdo neupírá právo na samostatnou existenci.

Závratný růst tohoto oboru ovlivňovalo mnoho faktorů jako např. zvyšování požadavků v oblastech automatizovaného řízení, průzkumu nedosažitelných míst a řada dalších činností, kde je přítomnost člověka z technických či zdravotních důvodů vyloučena.

Pro systémy umělé inteligence je typické, že pracují se symbolickou reprezentací a odvozováním, vycházejí z hledání cest v rozsáhlém stavovém prostoru. Při tomto hledání nám pomáhají tzv. heuristiky - neobvyklý způsob, při kterém je rychle z velkého množství řešení vybráno to nejlepší možné na základě zkušeností.

Základním problémem není odhalení několika obecných principů prohledávání stavového prostoru, ale to, jak reprezentovat velké množství znalostí a jak je zapsat do tvaru, který by dovoľoval jejich efektivní využívání a interakci. V poslední době vznikají systémy, jejichž síla spočívá především v rozsahu a kvalitně reprezentovaných znalostí – expertní systémy. Jsou praktickou aplikací metod umělé inteligence.

Člověk je tím větším odborníkem, čím má dokonalejší soubor znalostí. [3] Stává se tak expertem, který pomocí specifikovaných otázek řeší určitý problém. Tyto otázky mají často podobu dialogu s klientem. Klient klade otázky a expert na jejich základě upřesňuje svoje představy o konkrétním problému. Využitím svých znalostí dokáže tento problém řešit. Tuto činnost se snaží napodobit i expertní systémy. Rozhodujícím zdrojem kvality expertízy jsou znalosti, které má expert při řešení k dispozici. [6]

Expertní systémy jsou založeny na myšlence převzetí znalostí od experta a jejich vhodné reprezentaci tak, aby je mohl využívat program podobným způsobem jako expert, a zejména s podobným výsledkem. [7]

Tyto znalosti mají zčásti povahu formální a zčásti jsou tvořené heuristikami. Většina znalostí má charakter heuristik, protože většinu problémů reálného světa nelze řešit matematickými exaktními metodami, proto jsou heuristické znalosti významným pomocníkem, a často i jediným dostupným prostředkem. [6] Jsou vhodné pro řešení takových úloh, jejichž řešení je považováno za obtížné, časově náročné nebo jej může provést pouze specialista v daném oboru. [2]

Expertní systémy jsou tedy praktickou aplikací metod umělé inteligence a důkazem toho, že kvalita systémů s umělou inteligencí závisí daleko více na kvalitě znalostí, než na mechanismu jejich využívání.

Jak již bylo dříve zmíněno, expertní systém využívá znalostí od experta, a to jak objektivních, tak i subjektivních. Subjektivní znalosti představují zkušenosti získané za dobu praxe, a právě tyto znalosti dělají experta expertem. Objektivními znalostmi rozumíme prostá fakta. [4]

2.1 HISTORIE

Za předchůdce umělé inteligence považujeme (rok 1833) Angličana Charlese Babbage. Poprvé se zde objevuje myšlenka počítače sestaveného ze dvou základních částí a to paměti a procesoru. Za zrod umělé inteligence je však považován až rok 1950, kdy britský matematik položil otázku, zda mohou stroje myslet. Inteligence stroje je dána na základě dialogu s člověkem.

Expertní systémy se nacházely v počáteční fázi vývoje v letech 1965 až 1970. V 60. letech vznikly dva expertní systémy a to DENDRAL, který je určen k odvození chemických látek a je nejdéle používán v praxi, a MACSYMA, který je využíván pro řešení matematických rovnic, protože obsahuje nástroje pro manipulaci s matematickými výrazy a vzorci.

V dalším období (1970 – 1975), které je nazýváno etapou výzkumných prototypů. Vznikly dva diagnostické expertní systémy MYCIN a PROSPECTOR, které pracují i s neurčitostí při posuzování. MYCIN se používal v medicíně při diagnostice onemocnění krve a PROSPECTOR sloužil k odhalení ložisek rudy z dostupných geologických dat a také se tím proslavil. V prvních týdnech svého provozu odhalil velké ložisko rudy, dosahující hodnoty sta milionů dolarů.

Další obdobím ve vývoji byla etapa experimentálního nasazování (1975 – 1981). Vzniklo zde mnoho systémů jako např.: PUFF – sloužící v medicíně při potížích dýchacích cest (byl realizován pomocí EMYCIN, prázdného systému MYCIN); SACON sloužil uživatelům softwaru MARC a využíval architekturu MYCIN; INTERNIST (později CADECEUS sloužil k internímu lékařství, je používán dodnes a považován za jeden z nejrozsáhlejších systémů).[1]

Oblast využití	Příklad systémů
Genetika	MOLGEN
Mechanika	NECHANO, SACON
Chemie	SECS, SYNCHEM, DENDRAL
Geologie	PROSPECTOR
Matematika	MASCYMA, AN
Právo	LRS, MATRIM, LEGOL, TAXMAN,
Pedagogika	SOPHIE, WHY, BLAH GUIDON,
Medicína	CASNET (GLAUCOMA), ONCOCIN PUFF, NEDICO, PROTIS, HEADMED, NEUREX, EEG, MYCIN, PIP

Tabulka 1: Přehled expertních systémů dle oblasti využití

Zdroj: Částečka M.: Expertní systémy

2.2 HLAVNÍ ZNAKY EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ

Expertní systémy používají různého způsobu prezentace a i různých metod využití znalostí k řešení. Některé charakteristiky však mají společné:

- oddělení znalostí a mechanismu jejich využívání (řídícího, nebo-li inferenčního mechanismu),
- schopnost rozhodování za neurčitosti - způsobeno heuristikami, subjektivními pocity experta, atd.,
- dialogový režim - konzultace uživatele s expertním systémem,
- modularita uložení znalostí tak, aby bylo možné jednoduše zahrnovat přírůstky nových znalostí,
- vysvětlovací mechanismus.

První dva znaky by jsme mohli považovat za charakteristické, neboť jsou pro expertní systém zcela stěžejní, ostatní jsou spíše doporučující. Některé z těchto znaků popíšeme v následující části.

2.2.1 Oddělení znalostí a mechanismu jejich využívání

Řídící (interferenční) mechanismus je oddělen od báze znalostí, a to umožňuje vytvářet takové expertní systémy, které se dokáží úzce zaměřit na určité problémy zvláště - dokáže pracovat s různými bázemi znalostí. Vzniká tak problémově nezávislý expertní systém.

2.2.2 Schopnost rozhodování za neurčitosti

Důležitou schopností inferenčního mechanismu je zpracovávat neurčitosti báze znalostí a báze dat. Neurčitost v systému má mnohé příčiny, se kterými je potřeba pracovat např. nepřesnost měřících přístrojů, chybná jazyková formulace, nebo subjektivní dojem, se všemi je potřeba pracovat. Právě zpracování neurčitosti je jednou z nejpodstatnějších složek expertních systémů. Mohou to být různé váhy, míry, stupně důvěry nazývané a formulované subjektivní pravděpodobnosti. Neurčitost v konkrétních datech o daném případě bývají zatížena nepřesně určenými hodnotami nebo subjektivním pohledem uživatele. Proto se objevují pojmy jako „spíše ano“ nebo „nevím“ až k „spíše ne“. Často bývá neurčitost způsobena i náhodnou chybou, dvojnázností, nekompletností, nekorektností, systematickou chybou.

2.2.3 Dialogový režim

Expertní systémy jsou nejčastěji konstruovány jako tzv. *konzultační systémy*. Komunikace uživatele probíhá stylem „otázka – odpověď“. Obdobně jako s lidským expertem.

2.2.4 Modularita a transparentnost báze znalostí

Kvalita báze znalostí je pro expertní systém rozhodující pro jeho schopnost určovat správnou hypotézu. Báze znalostí by měla být srozumitelná a čitelná s možností se aktualizovat. Ladění báze znalostí probíhá většinou interaktivně mezi expertem a uživatelem (nebo tvůrcem aplikace).

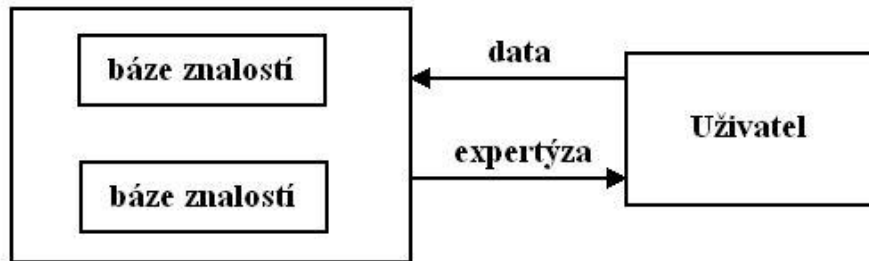
2.2.5 Vysvětlovací mechanismus

Je to určité hledání kompromisu mezi jazykem laického uživatele a složitostí systému (modulu). Expertní systém by měl svému uživateli usnadnit sledování procesu formování svých hypotéz a svoje závěry zdůvodnit a osvětlit. V určité fázi může i expertovi pomoci při „ladění“ báze znalostí. Uživatel tak získá jistotu, že způsob usuzování systému a jeho nabízená řešení jsou pro něho akceptovatelná a tvůrce aplikace se může přesvědčit, že implementované znalosti odpovídají představám experta. [1]

2.3 STRUKTURA EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ

Základní složky:

- báze znalostí,
- báze dat,
- inferenční mechanismus.



Obrázek 1: Zjednodušená činnost expertního systému

Přídavné složky:

- komunikační modul,
- vysvětlovací modul.

Báze znalostí – jak už bylo řečeno obsahuje explicitně vyjádřené znalosti z určité oblasti převzaté od odborníka – experta. Tato báze je vhodně zakódována, a to nejen její exaktní znalosti, ale i heuristiky. Heuristické znalosti totiž poskytují ne zcela exaktní poznatky, a proto je expert používá s různou jistotou ve výsledku. Vzniká tak neurčitost v bázi znalostí. Kvalita báze znalostí ovlivňuje rozhodujícím způsobem efektivitu celého expertního systému.

Báze dat – může být tvořena přímými odpověďmi uživatele nebo změřenými hodnotami. Po každé odpovědi upřesňuje aktuální model konzultovaného případu. Jsou to konkrétní data, týkající se řešeného příkladu. Báze dat je také většinou zatížena neurčitostí nebo šumem. V případě, že expert získává data k danému případu od dalšího člověka – klienta, vyjadřuje neurčitost v poskytnutých datech jeho subjektivního úsudku

Inferenční mechanismus – je jádrem expertního systému, který pracuje s bází znalostí a bází dat, je zodpovědný za výběr dotazu, a po každé odpovědi upřesňuje aktuální model konzultovaného případu a upravuje ho po obdržení odpovědi. Inferenční mechanismus je výkonná část expertního systému, která má na starosti využít dostupné znalosti, získat potřebná data a poskytnout nám odpovídající závěr.[7]

K odvozování nových údajů může řídicí mechanismus využít následující metody (někdy bývají označovány jako inferenční metody):

- **dedukce** - odvozování závěrů, které přímo plynou z předpokladů,
- **indukce** - odvozování obecnějších poznatků ze specifitějších poznatků,
- **generování a testování** - získávání poznatků metodou pokus-omyl,
- **abdukce** - zpětné usuzování ze známého pravdivého závěru směrem k jeho předpokladům,
- **heuristiky** - pravidla založená na zkušenostech,
- **absence** - pokud chybí patřičná konkrétní znalost, implicitně se předpokládá nějaká obecná znalost,
- **analogie** - získávání závěrů na základě podobnosti situace vzhledem k jiné známé situaci,
- **defaultní inference** - usuzování na základě obecných znalostí při absenci specifických znalostí,
- **nemonotónní inference** - je možný ústup od dosavadních znalostí na základě pozorování. [1]

Inferenční mechanismus pracuje s neurčitostí v bází znalostí a bází dat. Zdroje neurčitosti jsou nepřesnost, nekompletnost, nejisté znalosti atd.

Komunikační modul - je důležitý pro zajištění příjemného uživatelského prostředí.

Vykonává tyto činnosti:

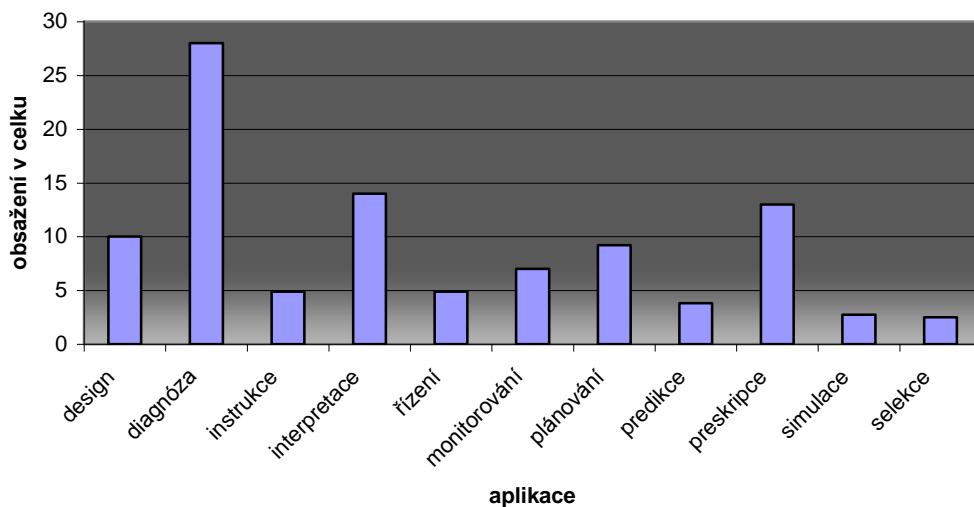
- zahajuje a ukončuje práci expertního systému jako celku,
- realizuje dialog v průběhu odvozování mezi uživatelem a expertním systémem,
- vypisuje chybová hlášení a jiné zprávy,
- zajišťuje provedení příkazů a požadavků uživatele,
- hlavní funkcí je objasnění inference a utvrzení jistoty uživatele ve správnosti výsledku.

Vysvětlovací modul – zajišťuje uživateli systému možnost požádat o vysvětlení a zdůvodnění způsobu řešení problému, i o vysvětlení a zdůvodnění výsledku měření. Usnadňuje uživateli sledovat proces formování rozhodnutí, a také případné ladění báze znalostí.

Uživatel by měl „vidět“ do činnosti expertního systému, aby mohl výsledky systému přijmout nebo zamítnout. V nejjednodušším provedení by měl být vysvětlovací modul schopen odpovědět na nejčastější typy otázek, a to v okamžiku, kdy systém očekává odpověď uživatele na předložený dotaz. [1]

2.4 TYPY EXPERTNÍCH ÚLOH

- **interpretace** – analýza dat za účelem zjištění jejich významu
- **diagnóza** – proces nalezení chyb či chybných funkcí systému (živého i neživého)
- **monitorování** – spojitá interpretace signálu a vyvolání poplachu v případě, že je nutný zásah člověka
- **predikce** – předpovídání vývoje na základě modelu současnosti a minulosti
- **plánování** – nalezení posloupnosti akcí k dosažení cíle
- **návrh (desing)** – tvorba objektů podle zadaných specifikací



Obrázek 2 : Procento aplikací
Zdroj: Berka P. a kol.: Expertní systémy

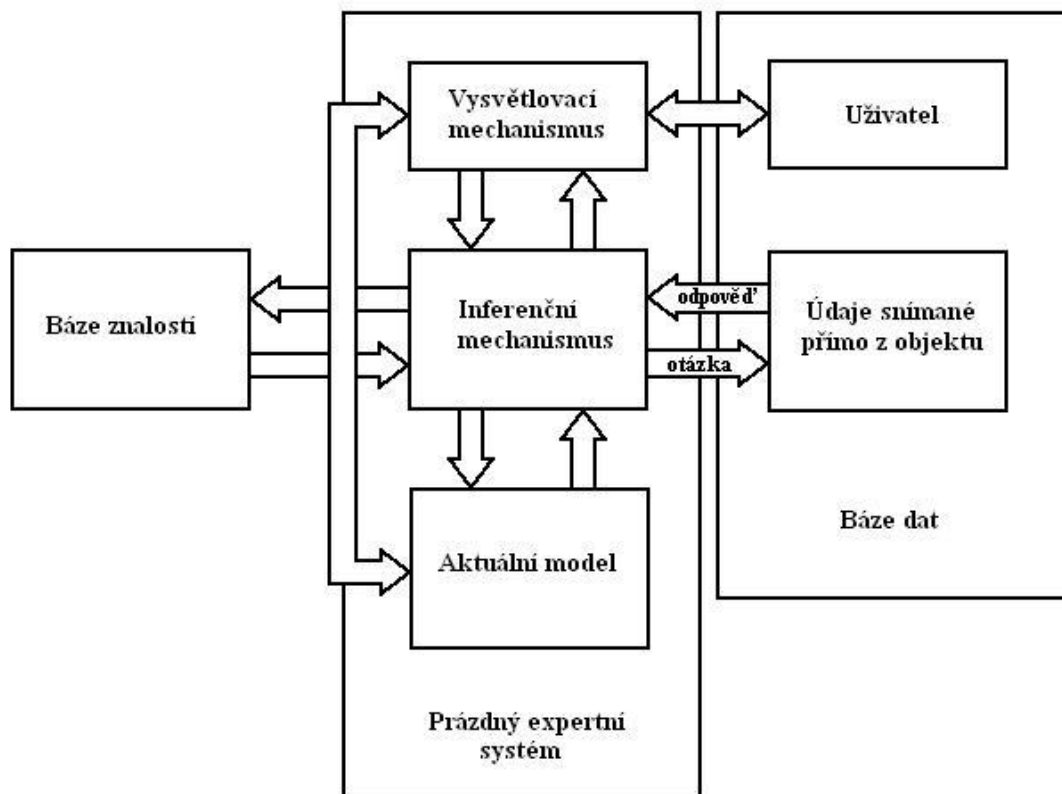
Při nejjednodušším dělení vystačíme se dvěmi základními skupinami: s expertními systémy diagnostickými (které řeší diagnózu, interpretaci a monitorování) a expertními systémy generativními (které řeší plánování, návrh a predikci). Diagnostické expertní systémy pracují s pevným počtem cílů (diagnóz, hypotéz), ze kterých vybírají svá doporučení. Naproti tomu generativní expertní systémy si hypotézy generují dynamicky až v průběhu konzultace. [1]

2.5 TYPY ARCHITEKTUR

2.5.1 Diagnostické expertní systémy

Jejich úlohou je provádět efektivní interpretaci dat s cílem určit, která z hypotéz z předem stanovené konečné množiny cílových hypotéz nejlépe koresponduje s reálnými daty týkající se daného konkrétního případu. U diagnostických systémů tedy řešení případu probíhá formou postupného ohodnocování a přehodnocování dílčích a cílových hypotéz v rámci víceméně pevně daného vnitřního modelu řešeného problému, který je předem navržen expertem. [8]

Jádrem tohoto systému je inferenční mechanismus, který využitím báze znalostí a báze dat po každé odpovědi upřesňuje aktuální model konzultovaného případu. Řídící mechanismus je odpovědný za výběr dotazu, od jehož zodpovězení očekává největší přínos k upřesnění aktuálního modelu, a za úpravu aktuálního modelu po obdržení odpovědi. Báze dat může být obecně tvořena jak přímými odpověďmi uživatele, tak i hodnotami automaticky odečtenými z měřicích přístrojů.



Obrázek 3: Schéma diagnostického expertního systému

Zdroj: Olej V. a Petr P.: Expertní systémy

2.5.2 Plánovací expertní systémy

Jsou jimi obvykle řešeny takové úlohy, kdy je znám cíl řešení a počáteční stav, a systém má využitím dat o konkrétním řešeném případě nalézt posloupnost kroků, kterými lze cíle dosáhnout. Podstatnou částí takovýchto expertních systémů je generátor možných řešení, který automaticky kombinuje posloupnost kroků. Lze ukázat, že s rostoucím počtem operátorů, a především s nutným počtem kroků řešení, roste velmi rychle počet kombinací při vytváření posloupnosti kroků - hovoří se o „kombinatorické explozi“. Znalost experta i data o reálném případě jsou v plánovacích expertních systémech užívány k výraznému omezení kombinatorické exploze zkoumaných řešení, navrhovaných generátorem. Výsledkem činnosti plánovacího systému je seznam navrhovaných řešení, obvykle ohodnocený jistou měrou optimality, k jejímuž výpočtu se též užívá údajů z báze dat. Tento seznam je uchováván v zásobníku vhodných řešení, který se v průběhu řešení úlohy dynamicky mění.

2.5.3 Hybridní systémy

Vyznačují se kombinovanou architekturou, poněvadž částečně využívají principů diagnostických, částečně plánovacích systémů. K hybridním systémům řadíme například inteligentní výukové systémy či systémy monitorovací. Od samého počátku rozvoje expertních systémů byla zdůrazňována opakovatelná využitelnost vyvíjených expertních systémů či jejich komponent. Vysoká znovu použitelnost je patrná zejména u obecných problémově nezávislých částí expertních systémů, tj. u řídicích a vysvětlovacích mechanismů.

2.5.4 Prázdné expertní systémy

Expertní systémy - ať již diagnostické či plánovací - bez problémově závislých částí, tj. bez báze znalostí a bez báze dat. Doplněním báze znalostí k prázdnému systému se systém teprve orientuje na řešení příslušné problematiky. Dodáním báze dat je pak vždy řešen konkrétní případ. [7]

3. REPREZENTACE ZNALOSTÍ

Znalostmi rozumíme libovolné informace o reálném světě. Získáme je buď přímo (pozorováním) nebo nepřímo (odvozováním). V běžném životě používáme k vyjádření znalostí přirozeného jazyka. Uměle vytvořený systém, od kterého se očekává inteligentní chování, nemůže pracovat bez lidských znalostí reprezentovaných vhodným způsobem. Proto je problematika reprezentace považována za klíčovou oblast umělé inteligence – tedy i expertních systémů. Jednou ze základních hypotéz při tvorbě systémů umělé inteligence je hypotéza, že znalosti jsou reprezentovatelné (tj. že znalosti lze vyjádřit ve tvaru symbolických struktur). K reprezentaci znalostí v počítači používáme prostředky umělé, které jsou jednoznačné a úsporné. Způsob reprezentace znalostí významně ovlivňuje schopnost systému řešit úlohy. Umělými jsou např. jazyk matematických formulí, jazyk chemických značek, programovací jazyky, jazyk elektrických obvodů atd..[6]

Jazyk se skládá z:

- množiny výrazu používaných k popisu,
- množiny významů z té části světa, kterou poznáváme,
- zobrazení, které přiřazuje každému významu výraz.

Na jazyku tedy můžeme zkoumat:

- **syntaxi** - zabývá se vztahy mezi slovy ve větě, správným tvořením větných konstrukcí a slovosledu. Je třeba specifikovat jaké symboly a jak seřazené je budeme považovat za platnou formulaci,
- **sémantiku** - významy, o kterých jazyk vypovídá. Je tedy třeba definovat, které správně poskládané výrazy význam nesou, a které nenesou,

- **pragmatiku** - je potřeba specifikovat, jak budou správně vytvořená a smysluplná vyjádření použita. Na rozdíl od sémantiky se pragmatika nespokojuje s ideálním (slovníkovým) významem slov, nýbrž si všímá záměru i strategie mluvčího, situace a kontextu výpovědi. Vedle významu výpovědi se zajímá i o její účinky a důsledky. Jinak řečeno je pragmatika o potírání dvou a vícesmyslných výrazů.

Reprezentace je forma, která představuje vyjádření určitých informací. Jde o to, aby byla dostatečně obecná, zahrnovala širokou oblast znalostí a umožnila použití dostatečně efektivní metody řešení. Znalosti by měly obecně informovat o vnitřním modelu prostředí. Jedná se o vkládání informací získané analýzou scény do modelu prostředí, udržování vlastního obsahu modelu prostředí a zpřístupnění jeho obsahu pro další činnost. [8]

Vzhledem k důležitosti reprezentace znalostí pro tvorbu expertních systémů uvedeme základní způsoby reprezentace.

Znalosti reprezentované:

- **deklarativní** - vyjadřují známé fakty nebo představují dotazy na konkrétní údaj,
- **procedurální** – vyjadřují, jakým způsobem se má z jednoho poznatku odvodit nějaký závěr,
- **rámcové.**

Jednotlivé způsoby reprezentace znalostí lze posuzovat podle požadavků, které na tuto reprezentaci znalostí máme. Obecné požadavky jsou tyto:

- možnost aplikace různých operací (řízení, prohledávání, porovnávání, použití),
- všeobecnost a abstraktnost (široké použití),
- strukturovanost (struktura základních jednotek vědomostí),
- zpřístupnitelnost (přístupné jednoduchým způsobem),

- modulárnost (efektivně přidat i odstranit znalosti),
- přirozenost a srozumitelnost,
- praktická realizovatelnost.

Pro expertní systémy je zcela typická práce s neurčitostí. Nyní budeme hovořit pouze o reprezentaci znalostí bez neurčitosti. [7]

3.1 DEKLARAČNÍ SCHÉMATA

V deklarativních schématech pracujeme s těmito základními množinami:

- množina specifických, navzájem nezávislých faktů, která popisuje dané prostředí,
- množina všeobecných procedur pro manipulaci s obsahem množiny specifikovaných faktů.

Specifická fakta jsou v těchto schématech použita jako axiomy. Manipulační procedury slouží jako procedury dokazování, tzn. umožňují odvozovat z axiómů nové znalosti. Podstata deklarativních schémat spočívá v popisu těch aspektů reprezentovaného prostředí, které určují, co fakt vyjadřuje. Mezi deklarativní schémata patří např. schémata, která jsou založená na matematické logice, algebře, relačních strukturách, grafech a pod.

Deklarativní schémata se vyskytují v různých typech:

- logická schémata (predikátová logika 1. řádu),
- sémantická schémata (sémantické sítě),
- schémata založená na koncepci stavového prostoru. [7]

3.1.1 Predikátová logika

Jedná se o teoreticky nejlépe poznaný prostředek reprezentace znalostí. Systémy umělé inteligence (i expertní systémy) používají určité metody automatického sestavování plánu činnosti. Model prostředí, který je uvažován, musí být vytvořený na principech logických schémat. Logické schéma pro reprezentaci znalostí je vyjádřené pomocí matematické logiky, především pak jazykem predikátové logiky. [8]

Strukturálně nejjednodušší jsou atomy. Atom se skládá z výrokového symbolu, za kterým následuje v závorkách seznam termů. Termy mohou být konstanty, proměnné a nebo funkce závislé na konstantách nebo proměnných. Atomy mohou nabývat dvou logických hodnot: *pravda* a *nepravda*, tedy 1 nebo 0. Z atomů můžeme vytvářet složitější logické struktury (formule) pomocí logických spojek: *konjunkce*, *disjunkce*, *negace*, *implikace* a *ekvivalence*. Ve formulích se mohou také vyskytovat klasifikátory, které v nich charakterizují postavení proměnných. Jde o všeobecný a existenční klasifikátor. [8]

Základními prvky jazyka jsou:

- logické hodnoty - *pravda/nepravda*, T/F, *true/false*, 1/0,
- logické spojky - negace(\neg), disjunkce(\vee , *nebo*), konjunkce(\wedge , *a*), implikace(\Rightarrow , *když...potom*), ekvivalence(\Leftrightarrow , *tehdy a jen tehdy*), rovnost(=),
- logické kvantifikátory - univerzální(\forall), existenční(\exists),
- funkční symboly - malá písmena a řetězce (*f, g, h, sečti*),
- konstanty a proměnné - malá písmena (*a, b, c*),
- predikátové symboly - velká písmena a řetězce (*A, B, C*).

Ze základních prvků jazyka predikátové logiky jsou složeny výrazy, které jsou definovány takto:

- **termy** - každá individuová konstanta a individuová proměnná tvoří term $f(t_1, t_2, t_3, \dots)$ je term, kde f je funkční symbol a t_i jsou termy,
- **atomické formule** - logické hodnoty T a F jsou atomické formule $P(t_1, t_2, t_3, \dots)$ je atomická formule, kde P je predikátový symbol a t_i jsou termy výraz $t_1=t_2$ je atomická formule, kde t_i jsou termy,
- **formule** - každá atomická formule je formule A' , $A \wedge B$, $A \vee B$, $A \Rightarrow B$ a $A \Leftrightarrow B$ jsou formule, kde A i B jsou formule $\forall x(a)$ a $\exists x(a)$ jsou formule, kde x je individuová proměnná a A je formule.

Použití predikátové logiky bude ukázáno na jednoduchých příkladech. Pokud si zavedeme, že p znamená „mám hlad“ a q znamená „není jídlo“, tak pomocí predikátové logiky můžeme napsat:

p' nemám hlad,

$p \vee q$...mám hlad nebo není jídlo,

$p \wedge q$ mám hlad a není jídlo,

$p \wedge q'$...mám hlad a je jídlo. [8]

3.1.2 Sémantické sítě

Sémantická síť umožňuje popisovat realitu jako objekty, které jsou navzájem v nějakých vztazích (relacích). Grafickou reprezentací je ohodnocený orientovaný multigraf, jehož uzly odpovídají entitám (konkrétní předměty, pojmy, vztahy) daného prostředí, a hrany odpovídají sémantickým vztahům mezi entitami. Sémantickým sítím však dosud chybí exaktní matematická formalizace. [7]

Entity sémantické sítě představují zejména:

- pojmy - konstanty reprezentovaného prostředí),
- události - změny a jejich realizace v prostředí),
- vlastnosti - zpřesnění pojmů).

Vztahy v sémantické síti jsou především tyto:

- kvantifikační - hodně, málo, několik,
- lingvistické - slovesné charakteristiky, barva, ...,
- logické - negace, konjunkce, disjunkce, implikace,
- množinové - množinové operace.

Různorodost sémantických sítí se odráží i v různorodosti mechanismů odvozování znalostí. Inferenční metody realizují operace porovnávání i operace prohledávání, s cílem najít ty znalosti, které jsou relativní k vstupní otázce. Oblast sémantické sítě, která obsahuje relevantní informace se nazývá kontext. Určení kontextu a jeho zpřístupnění pro další zpracování je hlavní činností inferenčního mechanismu. [8]

3.1.3 Stavový prostor

Stavový prostor realizuje strukturu problémů pomocí alternativ, které jsou přípustné v daném stavu. Prostředí se může nacházet v různých stavech a operátory představují akce na množině stavů. Stavové operátory vytvářejí schémata na reprezentaci znalostí, stavový prostor. Pro tento typ úloh vycházíme ze znalostí o počátečním stavu prostředí, cílovém stavu a jednotlivých akcích, které mohou být provedeny. Na daný stav nemůže být použit libovolný operátor, ale jen takový, pro který jsou v daném stavu splněny podmínky aplikovatelnosti. Řešením úlohy je každá posloupnost operátorů, která transformuje počáteční stav na cílový. Úloha může mít samozřejmě více řešení. [8]

3.1.4 Procedurální schémata

Procedurální přístup k reprezentaci znalostí je založený na předpokladu, že znalosti typu vědět jsou primární v modelování procesů odvozování. Procedurální schémata kladou proto důraz na popis takových aspektů reprezentovaných znalostí, které hovoří o tom, jak objekty používat a jaké akce s nimi možno realizovat. Znalosti jsou reprezentované jako procedury (malé programy), které určují možné akce s objekty prostředí a vztahy mezi nimi.

V realizovaných systémech využívajících procedurálních schémat se dnes uplatňují tyto přístupy :

- vyjádření řídicí informace ve formě speciálních výrazů, tzv. teorémy, které jsou součástí báze znalostí a reprezentují výpovědi o objektech a vztazích, které se vyskytují v prostředí,
- vytvoření jazyka pro reprezentaci řídicí informace, který je součástí schématu na reprezentaci znalostí. Tento jazyk je vytvářený na nižší úrovni, než samotné schéma, ale uživatel má přístup k množině jeho mechanismů, které umožňují specifikovat řídicí proces,
- vytvoření samostatného jazyka na reprezentaci řídicí informace, který je používaný paralelně se schématem pro reprezentaci ostatních znalostí. Tato myšlenka tvoří základ přístupů k logickému programování. [7]

Produkční systémy – tvoří vhodný formalismus reprezentace velkého množství znalostí. Základním pojmem v oblasti produkčních systémů je pojem produkční pravidla. Právě pomocí pravidel jsou v produkčních systémech vyjádřeny znalosti. Každé pravidlo má dvě strany (levou a pravou), které se v různých systémech různě nazývají:

- levá strana určuje podmínku, předpoklad, situační část, antecedent,
- pravá strana pravidla určuje důsledek (závěr) , hypotézu, akční část, konsekvent.

Pravidlo můžeme zapsat jako strukturu :

$$P \rightarrow D$$

PODMÍNKA (situace) \rightarrow AKCE

Pravidlo můžeme číst takto: „Jestliže je splněna podmínka P , potom platí důsledek D .“

Můžeme však číst pravidlo odzadu: „Jestliže chceš, aby platilo D , musíš dokázat P .“

Proto se rozdělují produkční systémy na :

- přímé,
- zpětné.

Obecně je produkční systém definován třemi složkami:

- souborem produkčních pravidel,
- bází dat,
- interpretem pravidel (inferenční - řídicí mechanismus). [6]

3.2 RÁMCOVÁ SCHÉMATA

Slouží k popisování stereotypních situací. Základními prvky těchto schémat jsou tzv. rámce. Jsou to datové struktury, které umožňují ukládat znalosti deklarativní, asociativní i procedurální povahy. Z rámců mohou vznikat hierarchické datové struktury – rámcové sítě.

Rámcovou strukturu reprezentace znalostí si lze představit jako tabulku nebo formulář. Každý rámec má své jméno, které může být použito v jiných rámcích, pokud se v nich potřebujeme na daný rámec odvolat.

Rámec se skládá z položek, jejichž počet není pevný. Ten, kdo do rámců zapisuje poznatky, může doplnit další položky, pokud to pokládá za užitečné. Pouze jistý počet položek bývá obvykle závazný. Položky se dělí na povinné a nepovinné (doplňkové). Povinné položky musí být vyplněny, aby bylo možno považovat rámec jako celek za vyplněný. Nepovinné položky pouze upřesňují informaci v rámci, ale nejsou nezbytně nutné.

Velmi důležitou předností rámců je to, že jednotlivým nepovinným položkám lze přiřadit předpokládané hodnoty. Tím je umožněno vyšetřovat tyto položky jen tehdy, když je zapotřebí.[2]

Jméno rámce: PACIENT		
Jméno položky:	Typ položky:	Hodnota:
obecnější pojem	povinná	student
jméno a příjmení	povinná	Miroslav Plch
rodné číslo	povinná	8605093007
fakulta	nepovinná	elektrotechnická
diagnóza	nepovinná	
hmotnost	nepovinná	
výška	nepovinná	

Tabulka 2: Příklad rámců

Zdroj: Drozdová V., Záda V.: Umělá inteligence a expertní systémy

4. EXPERTNÍ SYSTÉM NPS32

Není-li uvedeno jinak, charakteristika (popis, postup atd.) je, pro tuto kapitolu, použita z diplomové práce Pavla Vojty (2001).

4.1 HISTORIE

První verze expertního systému NSP na ústavu AMT je vázána k roku 1988. Do současné doby byl systém několikrát modifikován a rozšiřován, zejména z hlediska reprezentace dat v bázi dat, a s tím související nutností změn syntaxe báze znalostí.

V roce 1990 byl vytvořen nový diagnostický systém, který byl napsán v jazyce C a navazoval na expertní systém z roku 1988. V roce 1995 byl přepracován do programovacího jazyku Pascal a byl rozšířen o některé nové možnosti. Například určitou hypotézu, definovat nestandardní odpovědi a definovat vlastní podobu odpovědí, rozšiřoval inferenční mechanismus a umožňoval editaci báze znalostí v textové podobě. Dalším vývojem vznikaly systémy, které byly určeny pro konkrétní aplikaci např. DRExpert (aplikace ve zdravotnictví).

Na základě expertního systému DRExpert byl v roce 2001 napsán v programovacím prostředí C++ Builder expertní systém NPS32. I ten byl několikrát modifikován.

4.2 STRUKTURA NPS32

Struktura expertního systému NPS32 je na obrázku č. 4. Význam zkratk je následující.

BD – je báze dat, obsahuje odpovědi uživatele a zároveň tvoří aktuální model diagnostického problému,

BZ – báze znalostí,

IM – inferenční mechanismus,

UR – je uživatelské rozhraní, zabezpečující komunikaci uživatele s expertním systémem. Jeho hlavním úkolem je předávat řídicí pokyny dalším modulům a zabezpečit výměnu informací mezi uživatelem a moduly expertního systému.

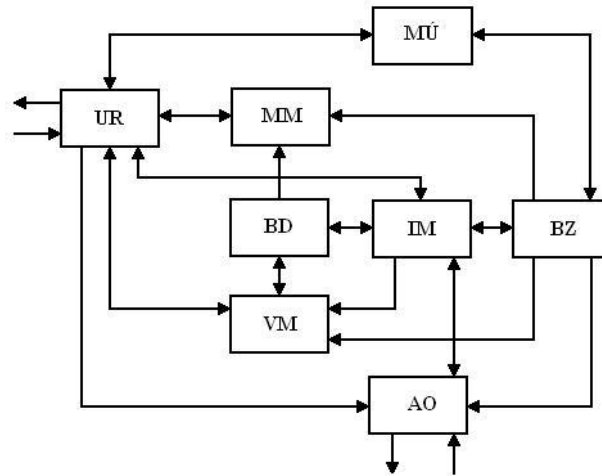
Součástí tohoto modulu je i grafické rozhraní.

MÚ – modul úprav, slouží k prohlížení, definování a modifikování báze znalostí. Kontroluje korektnost prováděných operací. Díky tomu nemůžeme v bázi znalostí vzniknout syntaktická chyby, ani chyba porušení logického sledu. Účelem kontrol je zajistit korektnost báze znalostí uložené v paměti počítače v kterýkoliv okamžik a případné chyby eliminovat ještě před zanesením do báze.

MM – modul monitorování, je pomůcka určená znalostnímu inženýrovi. Umožňuje prohlížet bázi znalostí spolu aktuální verzí báze dat během konzultace a tím pomoci při ladění báze znalostí.

VM – je vysvětlovací a výsledkový modul. Přebírá od inferenčního mechanismu data o průběhu konzultace a o odvozených závěrech. Pokud inferenční mechanismus obdrží pokyn od uživatele k návratu báze znalostí do některého předchozího stavu, inferenční mechanismus po rekonstrukci stavu použije údaje uložené ve výsledkovém modulu. Po ukončení konzultace, za pomoci uživatelského rozhraní, prezentuje uživateli výsledky a postup, jakým jich bylo dosaženo. Dalším úkolem výsledkového modulu je uložit dosažené výsledky na disk s cílem jejich opětovného zobrazení či zopakování konzultace v budoucnu.

AO – modul alternativních zdrojů odpovědí. Slouží k získání odpovědi na dotaz položený inferenčním mechanismem z jiného zdroje než je přímá odpověď uživatele. Jiným zdrojem může být buď předem definovaná šablona nebo externí soubor, na který báze znalostí odkazuje.



Obrázek 4: Struktura expertního systému NSP32

4.3 MATEMATICKÝ APARÁT

NPS32 je založen na práci s pravděpodobnostmi. Většinou se ale v programu nevyskytuje typické vyjádření pravděpodobnosti nabývajících hodnot v rozsahu 0 – 100 % (P), resp. 0 – 1 (p), ale vyjádření pravděpodobnosti pomocí dvou hodnot (T, F). Zavedení dvou hodnot [3] přispělo k zjednodušení výpočetních vztahů, a zároveň zpřístupňuje informaci o spornosti některého tvrzení a lépe vyjadřuje nepřítomnost informace.

Výraz $(1 - T)$ vyjadřuje míru důvěry v pravdivost tvrzení a naopak výraz $(1 - F)$ míru nedůvěry v nepravdivost tvrzení. Z toho plyne:

- **(0 ; 1)** - odpovídá pravdivému tvrzení,
- **(1 ; 0)** - odpovídá nepravdivému tvrzení,
- **(1 ; 1)** - znamená nepřítomnost jakékoliv informace,
- **(0 ; 0)** - znamená spor v bázi znalostí nebo v odpovědích uživatele.

1. Pro výpočty s hodnotami T a F platí následující vztahy a operátory:

1.

$$T = \frac{F(1-p)}{p} \quad (4.1)$$

2.

$$F = \frac{p \cdot T}{(1-p)} \quad (4.2)$$

kde p je pravděpodobnost. Pro $T, F \in \langle 0,1 \rangle$ je $p \in \langle 0,1 \rangle$

Jestliže $p < 0,5$ (50%), volíme T maximální ($T=1$) a F dopočteme pomocí vztahu (4.2) a naopak pokud je $p > 0,5$, volíme F maximální ($F=1$) a T dopočteme pomocí vztahu (4.1).

2. Pravděpodobnost uzlu je dána:

$$P = p \cdot 100 = \frac{F}{T+F} \cdot 100 [\%] \quad (4.3)$$

3. Negace („-“):

$$-(T; F) = (F; T) \quad (4.4)$$

4. Konjunkce („&“):

$$T_1, F_1 \& T_2, F_2 = (\max(T_1, T_2), \min(F_1, F_2)) \quad (4.5)$$

5. Disjunkce („|“):

$$T_1, F_1 | T_2, F_2 = (\min(T_1, T_2), \max(F_1, F_2)) \quad (4.6)$$

6. Skládání odpovědi uživatele:

Vztah vyjadřuje vliv odpovědi uživatele na pravděpodobnost zodpovědného uzlu.

$$(T_p, F_p) \cdot (T_{od}, F_{od}) = (T_p \cdot T_{od}, F_p \cdot F_{od}) \quad (4.7)$$

kde (T_p, F_p) je původní pravděpodobnost uzlu.

(T_{od}, F_{od}) je pravděpodobnostní vliv odpovědi.

7. Skládání silou vazby („ \rightarrow “):

Tento vztah popisuje vliv odpovědi uživatele na pravděpodobnost všech zbývajících uzlů, se kterými je zodpovědný uzel vázán pomocí pravidel. Zabezpečuje tedy šíření informace v systému.

$$(T_1, F_1) \xrightarrow{\alpha} (T_0, F_0) = (((1-\alpha) + \alpha T_1) T_c, ((1-\alpha) + \alpha F_1) F_c) \quad (4.8)$$

kde α je vyjádření síly vazby

(T_1, F_1) je pravděpodobnost uzlu, ze kterého pravidlo vystupuje.

(T_c, F_c) je pravděpodobnost uzlu, do kterého pravidlo vstupuje.

Průběh inference podle vztahu (4.8) uvedený v literatuře [2] byl v programu nahrazen přepočtem podle vztahů (4.9) a (4.10), které umožňují získat hodnoty pravděpodobností i v průběhu odvozování (konzultace).

$$(T_{Gl}, F_{Gl}) = (T_0/T_1, F_0/F_1) \xrightarrow{\alpha} (T_{G0}/F_{G0})$$

$$T_{Gl} = \left(\frac{T_1 + \frac{1}{\alpha} - 1}{T_0 + \frac{1}{\alpha} - 1} \right) \cdot T_{G0} \quad (4.9)$$

$$F_{Gl} = \left(\frac{F_1 + \frac{1}{\alpha} - 1}{F_0 + \frac{1}{\alpha} - 1} \right) \cdot F_{G0} \quad (4.10)$$

8. Neurčitost:

$$Q = T \cdot F \quad (4.11)$$

9. Šance:

$$O = \frac{F}{T} = \frac{p}{1-p} \quad (4.12)$$

$$p = \frac{O}{1+O} \quad (4.13)$$

4.4 ZÁKLADNÍ POJMY

Literál - takto bude označován identifikátor uzlu. Může pracovat s přímou hodnotou pravděpodobnosti uzlu nebo její negovanou hodnotou.

Uzel - je základním stavebním kamenem báze znalostí. Uzel reprezentuje pojem, hypotézu. Uzly dělíme na základní typy podle toho, jak je inferenční mechanismus obhospodařuje. Uzel je definován pomocí svého jména, které musí být v bázi jedinečné. Báze znalostí není v podstatě nic jiného, než definice řady uzlů. Uzly jsou mezi sebou propojeny pomocí vazeb, čímž si mezi sebou předávají informace. Každý uzel má svou pravděpodobnost, která se v průběhu konzultace mění v závislosti na odpovědích uživatele.

Uzlů existuje v expertním systému NPS32 několik typů:

- **dotazovatelé** – používají se pro reprezentaci otázky v bázi znalostí.
Značeno: **A** – běžně dotazovatelný uzel
D – přímý dotazovatelný uzel
K – kvantitativní dotazovatelný uzel,
- **pomocné** – používá se jako neviditelný uzel, jež znalostní inženýr plníci bázi znalostí vytvořil coby zástupce některé pomocné hypotézy. Pomocný uzel si můžeme představit jako běžnou proměnou jakéhokoliv programu,
- **cílové** - zastupují hypotézy, z nichž expertní systém vyhledává nejpravděpodobnější. Uzly v celé bázi znalostí jsou propojeny vazbami a proto změna v bázi (uživatel odpověděl) se projeví v celé propojené větvi. Ve výsledku tak průběh konzultace postupně ovlivňuje hodnoty cílových uzlů.
Značeno „**G**“.

Definice uzlů jsou uspořádány v logickém sledu, což znamená, že uzel nesmí být napřed definován a pak na něj může být odkazováno. V bázi se obvykle napřed definují dotazovatelné uzly, za nimi následují pomocné uzly a na závěr uzly cílové.

Vazba - systém uzlů zabezpečuje šíření informací. Vazba je definována jako součást uzlu. Můžeme ji rozdělit na pravidla a kontexty. Ovlivňuje právě ten uzel, se kterým je spojena. Jak moc se sebou souvisejí je otázkou tzv. síly vazby, která udává míru, jakou se projeví výstupní pravděpodobnost pravidla na uzlu, který na pravidlo navazuje.

Pravidla - uvádí se znakem „&“ - konjunktivní pravidlo, nebo znakem „|“ disjunktivní pravidlo mezi literály. Je to základní druh vazby, díky kterému dochází k šíření informace v bázi. V případě, kdy pravidlo obsahuje pouze jeden literál, nezáleží na tom zda je definována jako konjunktivní nebo disjunktivní. Tato hodnota je celé číslo v rozsahu 0 % - 99 %.

Kontext - je speciálním druhem vazby, který lze použít pouze pro uzly dotazovatelné. Kontextová vazba se vyšetřuje v okamžiku, kdy inferenční mechanismus uvažuje o položení dotazu, jež tento uzel zastupuje. V případě nesplnění podmínky definované kontextem se tento dotaz nepoloží a začne se hledat jiný vhodný dotazovatelný uzel. Pokud někdy v dalším průběhu konzultace dojde ke splnění podmínky kontextu, inferenční mechanismus může dotaz položit.

Šablony - datová struktura vytvořená pro určitou bázi znalostí. Jejím úkolem je pojmout odpovědi na dotazy zvolené uživatelem, a ty pak v případě použití šablony při konzultaci předat na vyžádání inferenčnímu mechanismu.

4.5 BÁZE ZNALOSTÍ

Při tvorbě báze znalostí můžeme použít dva způsoby vytvoření tohoto souboru:

- pomocí asistenta v programu NPS32,
- vytvořením souboru podle pravidel textového zápisu, který poskytuje kompletní informaci o bázi znalostí, jejich prvcích a vzájemných vztazích mezi nimi (vhodné pro tisk).

Hlavní prvky báze, uzly, jsou reprezentovány samostatnými paměťovými strukturami, které jsou identifikovány svou adresou, nikoliv jménem.

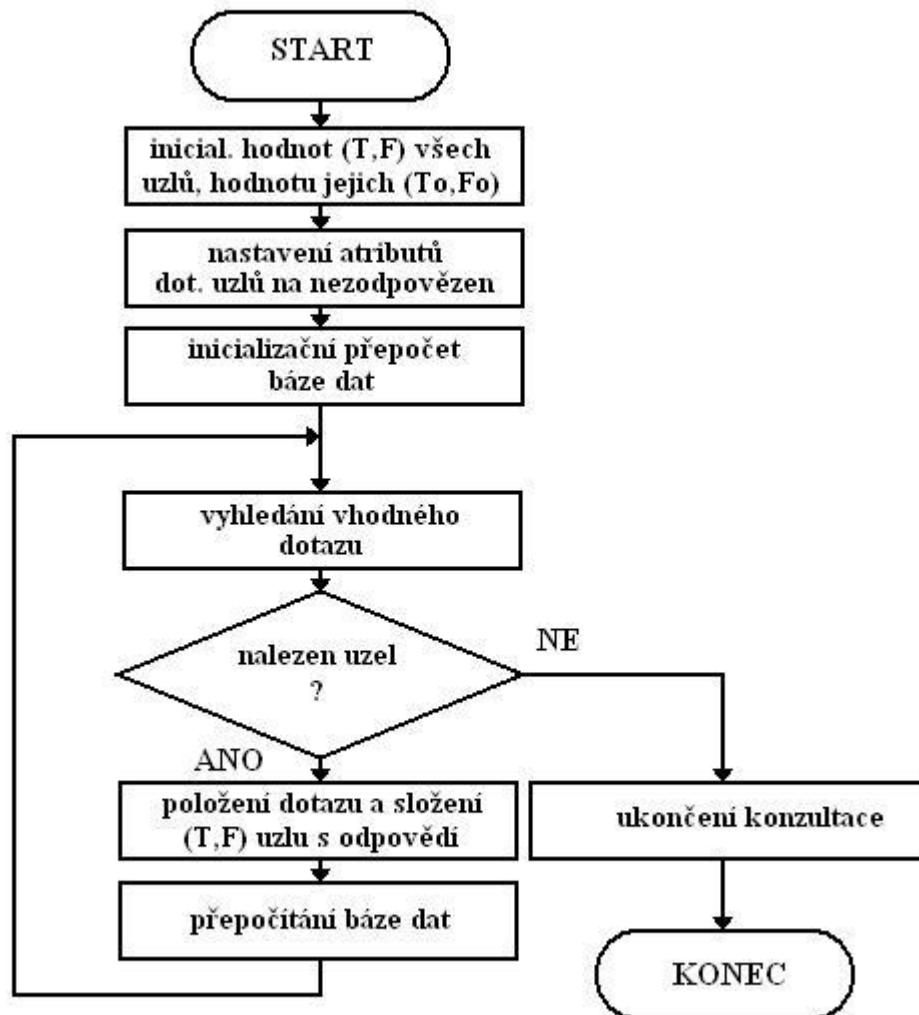
Expertní systém NPS32 pracuje s vestavěnou tabulkou, kterou lze použít jako šablonu možných odpovědí pro použití tam, kde nemá smysl vymýšlet jiné odpovědi a přiřazovat jim jiné hodnoty. Při tvorbě báze zvolíme počet odpovědí, které chceme uživateli nabídnout, a podle toho se použije příslušná část šablony, jak uvádí následující tabulka.

Text odpovědi:	Počet odpovědí					
	3		5		7	
Ano	100%	1				
Určitě ano			100%	2	100%	3
Spíše ano					75%	2
Snad ano			66,70%	1	60%	1
Nevím	50%	0	50%	0	50%	0
Asi ne			33,30%	-1	40%	-1
Spíše ne					25%	-2
Určitě ne			0%	-2	0%	-3
Ne	0%	-1				

Tabulka 3: Hodnoty pravděpodobností implicitně nabízených odpovědí a jejich značení.

4.6 INFERENČNÍ MECHANISMUS

Inferenční mechanismus je spolu sází znalostí a sází dat jádro expertního systému NPS32. Obsahuje algoritmy řídicí průběh konzultace a provádějící operace nadází dat v souvislosti sází znalostí. Můžeme ji rozdělit do tří v podstatě samostatně pracujících částí. První část slouží k vyhledávání dotazu vhodného pro položení uživateli, druhá k položení vybraného dotazu uživateli, promítnutí odpovědi uživatele na uzel zastupující položený dotaz a třetí k přepočítání báze dat v závislosti na změně uzlu položeného uživateli.



Obrázek 5: Vývojový diagram činnosti inferenčního mechanismu

4.7 BÁZE DAT

Součástí každého uzlu jsou dvě hodnoty pravděpodobnosti (T, F). První hodnota se nazývá počáteční pravděpodobnost uzlu, značí se (T₀, F₀), její hodnota je definována v bázi znalostí a je využívána jen k inicializaci aktuální pravděpodobnosti uzlu. Druhá hodnota se nazývá aktuální pravděpodobnost uzlu značí se (T, F). na počátku konzultace, v průběhu přípravy expertního systému na konzultaci, je jí přiřazena hodnota počáteční pravděpodobnosti uzlu. S postupem konzultace

inferenční mechanismus modifikuje hodnoty aktuálních pravděpodobností uzlů v závislosti na odpovědích uživatele. Aktuální pravděpodobnost uzlu vyjadřuje míru správnosti hypotézy, kterou daný uzel zastupuje. Báze dat je tvořena aktuálními pravděpodobnostmi všech uzlů, aktuálními pravděpodobnostmi všech pravidel a skupinou příznaků. Příznaků je tolik, kolik je v bázi dotazovatelných uzlů. Ke každému dotazovatelnému uzlu náleží jeden z nich, a ten udává, zda již byl dotaz uzlu zodpovězen či nikoli. Dá se říci, že báze dat expertního systému NPS32 v sobě obsahuje kromě odpovědí uživatele i aktuální model problému řešeného konzultací.

5. TVORBA BÁZE ZNALOSTÍ

5.1 VŠEOBECNÉ PŘEDPOKLADY

Kvalita báze znalostí ovlivňuje rozhodujícím způsobem efektivitu celého expertního systému. Proto musí být tvorbě báze znalostí věnována mimořádná pozornost.

Tvorba báze znalostí není nikdy jednorázovou akcí, nýbrž je vždy dlouhodobým procesem získávání znalostí od experta a jejich kódování do tvaru, vhodného pro příslušný expertní systém. Účastní se jej jak expert ve zvolené problemové oblasti, tak specialista pro tvorbu báze znalostí - znalostní inženýr, protože expert sám obvykle není schopen své znalosti nejen kódovat, ale i formulovat způsobem vhodným pro počítačovou reprezentaci. Znalostní inženýr je nová profese, která vznikla se vznikem expertních systémů. Znalostní inženýr musí být dostatečně seznámen s problematikou expertních systémů, s možnostmi reprezentace znalostí a s řídicími mechanismy expertních systémů, které má k dispozici, tak aby byl schopen řídit proces tvorby báze znalostí. Jeho úkolem je vniknout do terminologie a základů problemové oblasti, získávat znalosti od experta a vhodným způsobem je zakódovávat. [6]

Proces tvorby báze znalostí lze obecně rozložit do několika etap [6]:

- **identifikace problému** – prvním krokem tvorby báze znalostí je prvotní seznámení se s problemovou oblastí, hrubá formulace úlohy, určení cílů expertní činnosti a stanovení dalších požadavků (časově, hardwarové či finanční omezení),
- **návrh koncepce báze znalostí** – v průběhu této fáze se znalostní inženýr hlouběji seznamuje s problemovou oblastí, získává představu o charakteru dat, o rozkladu na dílčí podproblémy a o základních vztazích a strategiích, které expert používá. Na základě těchto znalostí pak znalostní inženýr navrhuje celkovou koncepci báze znalostí,

- **volba reprezentace znalostí** – v průběhu této etapy znalostí inženýr analyzuje základní vztahy mezi základními pojmy problémové oblasti, rozhoduje o typu formální reprezentace znalostí. Výsledkem je návrh reprezentace problému při použití dané reprezentace znalostí,
- **implementace** – tato etapa zahrnuje vytvoření prvního prototypu báze znalostí a rozhodnutí znalostního inženýra o užití či tvorbě podpůrných prostředků pro tvorbu báze znalostí,
- **ladění báze znalostí** – je časově nejdelsí etapou. V průběhu této etapy se trvale opakuje cyklus, který zahrnuje testování báze znalostí na reálných případech, konzultaci výsledků a experty, a úpravy báze znalostí.

5.2 VLASTNÍ TVORBA BÁZE ZNALOSTÍ

5.2.1 Výběr expertízy

Dlouho jsem uvažoval, který problém by byl vhodný pro řešení v expertním systému. Prvotní myšlenka byla taková, aby problém který budu řešit expertízou měl využití pro co nejvíce uživatelů. Začal jsem si více všimát věcí kolem sebe a zjistil jsem, že možností je opravdu mnoho, protože určité skupiny lidí se zajímají vlivem prostředí, ve kterém se nacházejí, o různé věci. Jestliže se nacházíte na fakultě elektrotechniky je středem zájmu vše, co se týká elektroniky, počítačů, robotů, snímačů atd. Na druhou stranu, když se nacházíte na fakultě medicíny, rozhovory směřují k tématům anatomie těla, chemie a diagnóz nemocí. S tím stejným se setkáte v oborech pedagogiky, informatiky, potravinářství, cestovního ruchu atd..

Všechny tyto odvětví jsou určitě zajímavá, ale velmi rozsáhlá. Pro vytvoření báze znalostí jsem potřeboval, aby problematika byla užší. Mohl bych tedy vybrat jenom určité odvětví těchto oborů a na ty se zaměřit. V tomto případě by však báze znalostí nesplňovala podmínku, která mnou byla stanovena na začátku, aby řešená problematika měla co nejvíce potenciálních uživatelů. Další překážkou, s kterou jsem se setkal byla neochota odborníků (expertů) poskytovat své dlouhodobě nabyté

znalosti a zkušenosti. Začal jsem tedy znovu a zaměřil se na věci, které má většina lidí společné a zároveň i mně blízké. Zaměřil jsem na věci probírané v každodenním životě, ať už jsou to záležitosti duševní (psychika, rodina, zdravotní stav, povolání atd.) nebo materialistické (bydlení, mobil, počítač, auto, dovolená atd.). Po vypsání všech protikladů a vzhledem k tomu, že jsem vykonával svou odbornou praxi ve firmě týkající se automobilového průmyslu, a o problematiku se dlouhodobě zajímám, rozhodl jsem se zaměřit právě na toto odvětví.

Automobil je v dnešní době neodmyslitelnou součástí života, a proto případná báze znalostí na témata se jich týkajících zahrne široké pásmo uživatelů, čím jsem splnil svoji podmínku.

Dále jsem hledal, na jakou konkrétní problematiku se u automobilu zaměřím. Báze znalostí má obsahovat znalosti, které si uživatel (laik) jen těžko sám zjistí, protože nemá v tomto směru zkušenosti. Jen poté má takový expertní systém smysl. Proto jsem došel k závěru, že nemá význam vytvářet bázi znalostí pomocí katalogových listů, která by měla pouze význam vyřídění jednotlivých produktů podle už předem známých informací. Toto samozřejmě může být za určitých okolností užitečné (např. výběr automobilu, výběr pneumatik atd.), ale síla expertního systému je pracovat s heuristikami, a to se stalo i mým dalším kritériem pro tvorbu báze znalostí.

Po konzultaci s odborníky ve firmě DZS, s.r.o. ve Svitavách, která se zabývá prodejem, diagnostikou a servisem automobilu se ukázalo být nejvhodnější zaměřit bázi znalostí na identifikaci závad. U takto vytvořené báze znalostí by však mohl nastat problém související s nedostatečnou znalostí uživatele funkčních principů systému automobilu, proto se další konzultace zabývala, jakým způsobem dostat potřebné informace od zákazníka, který se v oboru neorientuje. Zákazníkovi jsou kladeny otázky podobně jako v expertním systému, na které je schopen odpovědět, ale nemají pro něj žádnou informační hodnotu na rozdíl od odborníka, který díky tomu rozezná charakteristické vlastnosti závady nebo se k ní alespoň maximálně

přiblíží. Po dalších rozhovorech s odborníky jsem zjistil, že velké množství závad je doprovázeno určitým zvukem nebo vibracemi, a právě v tomto smyslu jsou kladeny otázky, protože zákazník nebo uživatel je schopen rozlišit tyto vjemy. Z těchto důvodů jsem se rozhodl orientovat svoji bázi znalostí na zvuky a vibrace v automobilu.

5.2.2 Volba cílových hypotéz

Nejrozsáhlejší částí této práce bylo získání znalostí, což v našem případě znamenalo nastudovat a prokonzultovat značné množství charakteristických vlastností závad jednotlivých dílů automobilu. Kromě spolupráce s již zmíněnou firmou DZS, s.r.o. jsem se zaměřil i na způsoby měření zvuků a vibrací a to konkrétně u firmy Brüel & Kjaer, která se o měření těchto vjemů u automobilů zajímá již přes šedesát let. Seznámil jsem se tak s důvody jejich vzniku a eliminace a to také už s ohledem na samotný návrh výroby součástek nebo částí automobilů.

Zjistil jsem, že možností zdrojů vibrací a zvuků je opravdu hodně a všechna se nedají pomocí otázek analyzovat a je na ně právě zapotřebí měřicí techniky. Z důvodu toho, že v zadání této práce je vytvořit bázi znalostí pro výukové účely, jsem se snažil vybrat všeobecně známé cílové hypotézy, aby student získal jistotu, že způsob usuzování systému a jeho nabízená řešení jsou pro něho akceptovatelná.

Vybrané cílové hypotézy (v závorkách je uveden skutečný název v expertním systému, pokud tak není uvedeno je název stejný):

- geometrie kol ,
- řídicí mechanismus (řídicí mech.),
- nevyváženost kol,
- klínový řemen,
- motor,
- výfukový systém (výfuk),
- ložiska kol,
- tlumiče kol ,

- brzdový systém (brzdy).

5.2.3 Tvorba otázek

Z našich průběžných poznatků ze studia problematiky závad automobilů nyní můžeme přistoupit k vytvoření vhodných otázek.

Utvořením vhodných otázek dosáhneme výsledné hypotézy, která bude reprezentovat nejpravděpodobnější závadu v automobilu. Všechny tyto otázky byly prokonzultovány s experty na základě jejich zkušeností. Zájem byl kladen na činnosti experta při zjišťování jednotlivých závad:

- návrh postupu řešení,
- jak oddělit podstatné znaky od nepodstatných,
- způsob jakým analyzovat vstupní data od zákazníka,
- způsob uspořádání dat, které vedou k závěru.

5.2.3.1 Nevhodné otázky

Jsou to takové typy otázek, které se už konkrétně ptají na danou hypotézu (závadu) např.: „*Myslíte, že se zvuky ozývají od ložisek kol?*“. Tato otázka je nevhodná, protože kdyby uživatel věděl, že má problém s ložisky, expertní systém by nepoužil a navíc je i dost pravděpodobné, že nebude ani vědět co to ložiska jsou. V otázkách se snažíme nepodbízet cílové hypotézy a vyhýbat se odborným terminologiím z důvodů nepochopení jejich významu.

Opakem může být otázka, která má malou informační hodnotu např.: „*Máte pocit, že není s vaším automobilem něco v pořádku?*“, kdyby si to uživatel nemyslel nezkoumal by možné závady.

5.2.3.2 Vhodná otázka

Jsou to nepřímě kladené otázky, které ale podávají užitečná data expertnímu systému např.: „*Jsou vibrace doprovázeny zvuky?*“. I když vibrace a zvuky spolu dost často souvisí, existují závady, při kterých se najednou nevyskytují a touto otázkou ji dokážou od ostatních oddělit.

5.2.4 Vytvořené otázky

Otázky mají tím větší pravděpodobnostní váhu, čím dřív se na ně ptáme a proto jsou řazeny za sebou podle své důležitosti. Tato vlastnost je zásadní pro odladění báze znalostí jako celku. Jak už bylo řečeno všechny otázky jsou prokonzultovány s odborníky. Expertní systém NPS32 má možnost předem nadefinovaných odpovědí (3, 5, 7).

První otázka

Je zřejmé, že nejzákladnější otázka celé báze je ta první, proto jsem nad ní dlouho uvažoval. Po zvážení jsem se rozhodl volit tu nejobecnější, která se nabízí a zní: „*Z jaké části automobilu se zvuky nebo vibrace projevují?*“. Otázka je navázána na přímý dotazovatelný kvantitativní uzel reprezentovaný pomocnými uzly a nabízí čtyři možné odpovědi:

- z přední části,
- ze strany,
- z prostřední části,
- ze zadní částí.

V tabulkách je ukázán vliv vah na jednotlivé hypotézy.

Název hypotézy	Váhy
Řídící mech.	+ 40
Výfuk	-90
motor	-20
Klínový řemen	+30

Tabulka 4: Odpověď - z přední části

Název hypotézy	Váhy
Řídící mech.	+ 40
Brzdy	+ 40
Geometrie kol	+ 40
Nevyváženost kol	+ 40
Tlumiče kol	+ 40
Ložiska kol	+ 40
Výfuk	-90
motor	-20
Klínový řemen	+30

Tabulka 5: Odpověď - ze strany

Název hypotézy	Váhy
Řídicí mech.	- 25
Brzdy	- 25
Geometrie kol	- 25
Nevyváženost kol	- 25
Tlumiče kol	- 25
Ložiska kol	- 25
Výfuk	+ 50
Motor	-20
Klínový řemen	- 25

Tabulka 6: Odpověď - z prostřední části

Název hypotézy	Váhy
Řídicí mech.	- 75
Brzdy	- 25
Geometrie kol	- 75
Nevyváženost kol	- 20
Tlumiče kol	- 10
Ložiska kol	- 10
Výfuk	+ 50
Motor	- 75
Klínový řemen	- 80

Tabulka 7: Odpověď - ze zadní části

Jednotlivé díly se nacházejí na různých místech automobilu a jeli na nich nějaká závada projevují se zvukem nebo vibracemi právě z té části, kde jsou umístěny. Ve většině případů je uživatel schopen rozeznat směr těchto jevů a lokalizovat větší či menší část automobilu, ale jsou případy kdy to není jednoznačné.

Ve volbě vazeb a síly vah je s tímto počítáno a systém potom rozděljuje, kterou závadu lze takto určit snadněji a naopak, která závada svými zvuky nebo vibracemi jednoznačně nezasahuje vždy do jedné části, ale do více částí. Příkladem může být výfukový systém, který zasahuje do přední i zadní části automobilu. Přestože závada se ve většině případů projeví právě v zadní části, řidič může mít dojem, že zvuky vycházejí z prostřední části.

Druhá otázka

Druhá otázka je také obecná a velmi zásadní. Zaměřuje se na charakter vzniklých vibrací nebo zvuků. Otázka je zvolena takto: „*Jaké zvuky nebo vibrace jsou?*“. Je také navázána na přímý dotazovatelný kvantitativní uzel reprezentovatelný pomocnými uzly a nabízí tři možné odpovědi:

- pravidelné,
- jen za určitých okolností,
- trvalé.

Název hypotézy	Váhy
Řídicí mech.	+ 10
Brzdy	- 20
Geometrie kol	- 20
Nevyváženost kol	- 20
Ložiska kol	-20
Výfuk	- 25
Motor	+ 20
Klínový řemen	-20

Tabulka 8: Odpověď - pravidelné

Název hypotézy	Váhy
Řídicí mech.	+ 10
Brzdy	+ 20
Geometrie kol	+ 10
Nevyváženost kol	+ 20
Tlumiče kol	+ 10
Ložiska kol	- 25
Výfuk	- 25
Motor	- 15
Klínový řemen	+ 20

Tabulka 9: Odpověď - jen za určitých okolností

Název hypotézy	Váhy
Řídicí mech.	- 15
Brzdy	- 30
Geometrie kol	+ 10
Nevyváženost kol	- 30
Ložiska kol	+ 20
Výfuk	+ 20
Klínový řemen	- 20

Tabulka 10: Odpověď - ze zadní části

Každá z těchto závad (hypotéz) se vyznačuje charakteristickými vlastnostmi jakým způsobem a za jakých okolností se projevují. Některé závady se projevují v určitých intervalech např. motor nebo řízení, jiné zase jenom za okolností, které vedou k jejímu vzniku např. brzdový systém, klínový řemen, nevyváženost kol. Další závady se projevují trvalými vibracemi nebo zvuky např. výfukový systém a ložiska kol. Hranice rozlišitelnosti mezi pravidelnými a trvalými zvuky nebo vibracemi

může být velmi malá a při volbě vah se s tímto počítá, stejně jako se počítá s tím, že se mohou určité závady projevovat i více způsoby.

U prvních dvou otázek jsou pro příklad uvedeny váhy jakými byly ovlivňovány hypotézy (viz. tabulka č. 4 - 10). Tyto údaje se nachází ve výpisu zdrojového kódu a u dalších probíraných otázek už uváděny nebudou.

Třetí otázka

V dalším stádiu expertízy začínají být otázky konkrétnější, zaměřující se na jednotlivé hypotézy. Třetí otázku jsem volil tuto: „*Zdá se vám, že automobil je méně stabilní v zatáčkách?*“. Je navázána na přímý dotazovatelný uzel s možností předem nadefinovaných odpovědí. Tato otázka se specifikuje na závady, které souvisejí s ovládním, nastavením nebo zavěšením kol jako je např. řízení, geometrie a tlumiče kol. Závady nebo špatné nastavení na těchto součástkách způsobují, že automobil nemá ideální stopu nebo přilnavost s vozovkou a v zatáčkách je nestabilní.

Čtvrtá otázka

Zní takto: „*Přenášejí se vibrace do volantu?*“. Je navázána na přímý dotazovatelný uzel s možností předem nadefinovaných odpovědí. Otázka souvisí se závadami, např. řízení nebo nevyváženosti kol, kde se vibrace projevují na volantu automobilu, protože jsou s nimi mechanicky spojeny.

Pátá otázka

Otázka zní: „*Při naklonění automobilu (v zatáčkách) zvuky na jednu stranu slábnou a na druhou sílí?*“. Je navázána na přímý dotazovatelný uzel s možnostmi předem nadefinovaných odpovědí. Otázka je zaměřena na ložiska kol projevující se hučením, které mění svou intenzitu v případě odlehčení nebo zatížení kola.

Šestá, sedmá, osmá a devátá otázka

Všechny tyto otázky jsou navázány na přímý dotazovatelný uzel s předem nadefinovanými odpověďmi vztažené především na řízení a geometrii kol. Špatně seřízená geometrie kol se projevuje pískáním pneumatik už v mírných zatáčkách a proto šestá otázka zní: „*Pískají pneumatiky už v mírných v zatáčkách?*“. Dále se pak projevuje nevrácením volantu do základní polohy, což může být i závada na mechanismu řízení a reprezentuje ji i další otázka: „*Když hodně zatočíte (odbočíte) vrátí se volant zpátky do základní polohy?*“. Osmá otázka: „*Když při jízdě otočíte volantem, má automobil časovou prodlevu než zareaguje?*“ a devátá: „*Projevují se zvuky nebo vibrace při jízdě po hrbolaté silnici?*“ mají souvislost se závadností řízení, protože při jejím opotřebením se projevuje vůle v součástkách mechanismu, např. kulových čepů, které mají za následek i klepání při jízdě po nerovnostech.

Desátá otázka

Desátá otázka zní: „*Projevují se vibrace (vibruje pedál brzdy) nebo zvuky, když brzdíte?*“. Je navázána na přímý dotazovatelný uzel s možnostmi předem nadefinovaných odpovědí. Otázka se zaměřuje na brzdový systém. Vibrace se většinou přenášejí do pedálu brzdy, např. při poškození brzdových kotoučů nebo opotřebením brzdových destiček, které je doprovázeno nežádoucími zvuky (pískáním).

Jedenáctá, dvanáctá a třináctá otázka

Jedenáctá otázka zní: „*Jaký je stav pneumatik?*“. Otázka je navázána na přímý dotazovatelný kvantitativní uzel reprezentovatelný pomocnými uzly a nabízí dvě možné odpovědi:

- rovnoměrně sjeté,
- nerovnoměrně sjeté.

Při špatném seřízení geometrie nevytvářejí kola ideální stopu a některé části pneumatiky jsou zatíženy více. Následkem toho je nerovnoměrný úbytek pneumatik a při brždění má automobil tendenci samovolně vybočovat ze směru jízdy. Z toho vyplývá další otázka: „*Když brzdíte má vozidlo tendenci samovolně zatáčet na*

nějakou stranu?“, která je navázána na přímý dotazovatelný uzel s možnostmi předem nadefinovaných odpovědí.

S nimi souvisí i další otázka: „*Začne automobil vibrovat jen při určité rychlosti?“, která je navázána na přímý dotazovatelný uzel s dvěmi nadefinovanými odpověďmi ano - ne. Nevyváženost pneumatik způsobuje její rozvibrování jen v úzkém rozsahu rychlosti (většinou 90 – 120 km/h). Kolo začne tzv. „skákat“ po silnici, a tím rozvibruje celý automobil. Následkem je opět nerovnoměrné sjetí pneumatik a špatná přilnavost s vozovkou, která způsobí nestabilitu při manévrování s automobilem.*

Čtrnáctá až sedmnáctá otázka

Otázky zní: „*Když necháte auto běžet na volnoběžné otáčky, nezůstávají konstantní, ale klesají a zvyšují se sami v určitém intervalu? Zvýšila se spotřeba benzínu? Máte pocit, že automobilu se snížil výkon (schopnost akcelarovat)? Musíte startovat déle nebo na vícekrát?“, Otázky jsou navázány na přímý dotazovatelný uzel s možnostmi předem nadefinovaných odpovědí.*

Všechny tyto otázky mají společné rysy a zaměřují se na vibrace a zvuky motoru a výfukového systému. Vibrace a zvuky mohou být v těchto systémech způsobeny závadami mnoha jednotlivých částí, např. halovou sondou, měřičem množství nasávaného zvuku, lambda sondou, opotřebením ventilů a pístních kroužků, rozvodovými kabely, špatnou funkcí vstřikování paliva atd.. Původním záměrem bylo vytvořit bázi znalostí, která rozliší i tyto závady, ale zjistil jsem, že jejich projevy jsou velmi podobné (kolísání otáček, vyšší spotřeba, snížení výkonu) a pro identifikaci je zapotřebí měřících zařízení, které nemám k dispozici a systém NPS32 na tento příjem dat není uzpůsoben. Z tohoto důvodu je zde motor a výfukový systém brán jako celek.

Osmnáctá otázka

Zní takto: „*Připomínají zvuky spíše zvýšenou hlasitost motoru?*“. Je navázána na přímý dotazovatelný uzel s možnostmi předem nadefinovaných odpovědí. Výfukový systém má kromě odvádění a filtrace výfukových plynů také funkci tlumení zvuku motoru, a při jejím mechanickém poškození tuto funkci ztrácí.

Devatenáctá otázka

Je poslední otázka báze znalostí a zní: „*Projevují se zvuky jen při nezahřátém motoru a pak ustanou (chvíli po nastartování)?*“. Otázka je navázána na přímý dotazovatelný uzel s možnostmi předem nadefinovaných odpovědí. Opořebením nebo špatným napnutím klínového řemene způsobí pískavé zvuky zvyšující se se zvýšením otáček, které se projevují hned po nastartování automobilu se studeným motorem, které však po chvíli ustanou.

Počáteční pravděpodobnost vytvořených otázek a hypotéz je nastavena na 50%. Touto hodnotou je inicializována hodnota aktuální pravděpodobnosti uzlu v okamžiku začátku konzultace. Poté je zapotřebí pomocí vazeb definovat závislost jednotlivých hypotéz na pokládaných otázkách (bázi dat). Nejdelší částí tvorby báze znalostí je tzv. „ladění“, které spočívá v opětovném nastavování síly vazby (pravděpodobnostní důvěry otázky na vliv hypotézy). Při nastavení předem nadefinovaných odpovědí jsem zvolil možnost tří odpovědí.

Experti (firmy), se kterými bylo spolupracováno:

DZS s.r.o.

Svitavy-Lačnov

Hlavní 396/62

Firma zabývající se prodejem, diagnostikou a servisem automobilů.

AUTO CZ

Svitavy

Polní 2

Autorizovaný dealer aut značky Citroën.

Společnost Brüel & Kjaer

Zabývá se příslušenstvím zahrnující široký rozsah špičkových snímačů vibrací (akcelerometrů, bezkontaktních snímačů a snímačů rychlosti) a řadou zvukoměrů, analyzátorů, systémů, zařízení pro servis až po složitá řešení na zakázku. Výrobky a systémy jsou prodávány do mnoha odvětví průmyslu včetně automatizovaných výrobních systémů, letectví, spotřebitelských výrobků, rotačních strojů a telekomunikací. Specializuje se také na analýzu vibrací a zvuků pro automobilový průmysl.

6. ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se seznámil s konkrétním expertním systémem NSP32, ve kterém jsem vytvořil bázi znalostí.

Báze znalostí je navrhnutá a odladěna na oblast problematiky tykající se vibrací a zvuků v automobilu. Systém pokládá otázky, jejichž volba je popsána v páté kapitole. Po skončení konzultace je graficky zobrazen seznam jednotlivých závad s procentuálním ohodnocením podle toho, jak uživatel odpovídal na kladené otázky. Soubor těchto dat potom vede k určení nejpravděpodobnější příčiny problému.

Konzultace byla předložena expertům v daném oboru i laikům a z 95% došlo k jimi akceptovatelnému výsledku. U takto vytvořené báze znalostí bylo na zvážení, jestli po skončení konzultace má nejpravděpodobnější hypotéza jasně dominovat svou hodnotou pravděpodobnosti nad ostatními, protože na rozdíl od jiných bází znalostí, zaměřených například na výběr nějakého produktu je většina závad pomocí otázek téměř vyloučena. Po analýze konzultací od laiků (případných uživatelů) jsem zjistil, že se systém nemůže spoléhat na přítomnost všech projevů závady, a proto jsem zvolil kompromis a strukturoval jsem bázi tak, že počítá i s případnou možností další hypotézy. Nejpravděpodobnější hypotéza má o 20 – 30% větší hodnotu než následující. Na automobilu se také může nacházet více jak jedna závada, pak je systém vyhodnotí s téměř totožnou pravděpodobností.

Po konzultaci se svým vedoucím práce jsme se domluvili na eliminaci posledního bodu v zadání. Důvodem bylo, že při tvorbě zadání bakalářské práce se předpokládalo vytvoření báze znalostí na téma z oboru elektrotechniky. Po domluvě se však toto téma změnilo a bylo nahrazeno tématem tykajícího se problematiky vibrací a zvuků automobilů.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Berka P. a kol.: Expertní systémy. Skripta, VŠE Praha, 1998
- [2] Celbová, I.: Úvod do problematiky expertních systémů [online]. 2008-02-28
[cit. 2008-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.ikaros.cz/node/393>>.
- [3] Částečka M.: Expertní systémy. Diplomová práce, VUT FE Brno, 1998
- [4] Dvořák. Úvod do expertních systémů [online]. a [cit. 2008-05-1].
Dostupný z WWW:
<[#264, 11, Tvorba ES](http://www.uai.fme.vutbr.cz/~jdvorak/vyuka/es/UvodES.ppt)>.
- [5] Gosman S.: Umělá inteligence a expertní systémy, 1990. 168 s.
- [6] Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J., a kol.: Umělá inteligence 1, 2.
Akademia, Praha 1993, 1997, ISBN 80-200-0496-3, ISBN 80-200-0504-8
- [7] Olej V., Petr P.: Expertní systémy. Univerzita Pardubice, 1997, ISBN 80-7194-095-X.
- [8] Provazník; Kozumplík: Úvod do expertních systémů [online]. 2004. 1999
[cit. 2008-05-01]. Dostupný z WWW:
<www.dbme.feec.vutbr.cz/homes/provaznik/downloads/esl-cv.pdf>.
- [9] Vojta P.: Expertní systém NPS 32. Diplomová práce VUT FEI Brno, 2001

8. PŘÍLOHY:

Příloha 1: vytvořená báze znalostí a expertní systém NPS32 - na cd.

Příloha 2: výpis zdrojového kódu:

;Vibrace a zvuky automobilu.

;;Báze znalostí slouží pro demonstraci hlavních prvků

;;báze znalostí a funkcí NPS32.

;?3

.strana p=50%

.zadek p=50%

.prostred p=50%

.predek p=50%

.odkud p=50% DK

;Z jaké části automobilu se zvuky nebo vibrace projevují?

;*z přední části [1]*

;*ze strany [2]*

;*z prostřední části [3]*

;*ze zadní částí [4]*

predek

strana

prostred

zadek

.trvale p=50%

.okolnost p=50%

.pravidel p=50%

.zvuky p=50% DK

;Jaké zvuky nebo vibrace jsou?

;*pravidelné [1]*

;*jen za určitých okolností [2]*

;*trvalé [3]*

pravidel

okolnost

trvale

.sedi p=50% D

;Zdá se vám, že automobil je méně stabilní v zatáčkách?

.volant p=50% D

;Přenášejí se vibrace do volantu?

.ložiis p=50% D

;Při naklonění automobilu (v zatáčkách) zvuky na jednu stranu slábnou a na druhou sílí?

.piskani p=50% D

;Pískají pneumatiky už v mírných v zatáčkách?

.vrat p=50% D

;Když hodně zatočíte (odbočíte) vrátí se volant zpátky do základní polohy?

.zatoc p=50% D

;Když při jízdě otočíte volantem, má automobil časovou prodlevu než zareaguje?

.hrbol p=50% D

;Projevují se zvuky nebo vibrace při jízdě po hrbolaté silnici?

.kotouc p=50% D

;Projevují se vibrace (vibruje pedál brzdy) nebo zvuky, když brzdíte?

.nerovnom p=50%

.rovnomer p=50%

.pneu p=50% DK

;Jaký je stav pneumatik?

;*rovnoměrně sjeté [1]*

;*nerovnoměrně sjeté [2]*

rovnomer

nerovnom

& 90% +nerovnom

& 90% -rovnomer

.klep p=50% D

;Začne automobil vibrovat jen při určité rychlosti?

;*Ano [+3]*

;*Ne [-3]*

.samo p=50% D

;Když brzdíte má vozidlo tendenci samovolně zatáčet na nějakou stranu?

.otacky p=50% D

;Když necháte auto běžet na volnoběžné otáčky nezůstávají konstantní, ale klesají a zvyšují se sami v určitém intervalu?

.spotřeba p=50% D

;Zvýšila se spotřeba benzínu?

.akceler p=50% D

;Máte pocit, že automobilu se snížil výkon (schopnost akcelarovat)?

.start p=50% D

;Musíte startovat déle nebo na vícekrát?

.hlas p=50% D

;Připomínají zvuky spíše zvýšenou hlasitost motoru?

.studený p=50% D

;Projevují se zvuky jen při nezahřátém motoru a pak ustanou (chvíli po nastartování)?

.řízení p=50% G

;řídící mech.

& 30% +zatoc

& 15% -vrat

& 10% +okolnost

& 15% -trvale

& 10% +pravidel

& 40% +predek

& 40% +strana

& 75% -zadek

& 25% -prostred

& 20% -loziis

& 10% +sedi

& 10% +volant

& 40% +hrbol

.brzdy p=50% G

;brzdy

& 50% +kotouc

& 15% -vrat

& 20% -zatoc

& 20% -volant
& 20% +okolnost
& 30% -trvale
& 20% -pravidel
& 40% +strana
& 25% -prostred
& 25% -zadek
& 20% -loziis
& 15% -sedi
& 10% -piskani
& 10% -hrbol
.geometri p=50% G
;geometrie kol
& 70% +samo
& 20% +pneu
& 15% -vrat
& 20% -zatoc
& 10% -volant
& 10% +okolnost
& 10% +trvale
& 20% -pravidel
& 40% +strana
& 75% -zadek
& 25% -prostred
& 20% -loziis
& 10% +sedi
& 30% +piskani
& 10% -hrbol
.nev_kol p=50% G
;Nevyváženost kol
& 90% +klep
& 20% +vrat
& 20% -zatoc

& 15% +volant
& 20% +okolnost
& 30% -trvale
& 20% -pravidel
& 40% +strana
& 25% -prostred
& 20% -zadek
& 20% -loziis
& 05% +sedi
& 10% -piskani
& 10% -hrbol
.tlumice p=50% G
;tlumiče kol
& 20% -volant
& 20% +vrat
& 20% -zatoc
& 40% +strana
& 25% -prostred
& 10% +okolnost
& 10% -zadek
& 10% -loziis
& 40% +sedi
& 30% -piskani
& 70% +hrbol
.ložiska p=50% G
;ložiska kol
& 20% -volant
& 20% +vrat
& 20% -zatoc
& 20% +trvale
& 45% +strana
& 20% -pravidel
& 25% -okolnost

& 10% -zadek
& 25% -prostřed
& 70% +loziis
& 20% -sedi
.vyfuk p=50% G
;výfuk
& 20% -volant
& 20% +vrat
& 20% -zatoc
& 20% +trvale
& 25% -pravidel
& 25% -okolnost
& 90% -predek
& 50% +prostřed
& 50% +zadek
& 90% -strana
& 40% -loziis
& 20% -sedi
& 10% -piskani
& 50% +hlas
& 10% -hrbol
& 50% +akceler
& 50% +spotreba
.motor p=50% G
;moror
& 20% -volant
& 20% +vrat
& 20% -zatoc
& 20% +pravidel
& 15% -okolnost
& 40% +predek
& 20% -prostřed
& 75% -zadek

& 20% -strana
& 40% -loziis
& 20% -sedi
& 10% -piskani
& 90% +akceler
+spotreba
& 80% +otacky
+strart
& 10% -hrbol
.kl_remen p=50% G
;klínový řemen
& 20% -volant
& 20% +vrat
& 20% -zatoc
& 20% +okolnost
& 20% -trvale
& 20% -pravidel
& 40% +predek
& 10% -strana
& 25% -prostred
& 80% -zadek
& 40% -loziis
& 20% -sedi
& 10% -piskani
& 10% -hrbol
& 90% +studeny
#