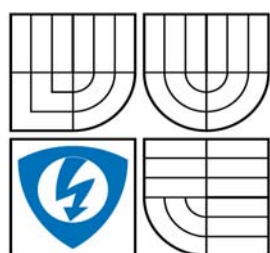


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

EXPERTNÍ SYSTÉM PRO VÝBĚR OBORU

EXPERT SYSTEMS FOR CHOOSING FIELD OF STUDY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

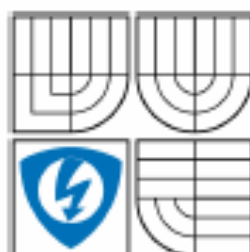
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ALEŠ VÍTEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. VÁCLAV JIRSÍK CSC.

BRNO 2008



**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: Vitek Aleš
Ročník: 3

ID: 88777
Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Expertní systém pro výběr oboru

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s principem ukládání a zpracování informací v expertních systémech. Nastudujte způsob uložení znalostí v bázi expertního systému NPS32 a jeho řídicí mechanismus. Navrhněte a odlaďte bázi znalostí pro expertní systém pro výběr studijního oboru na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií v Brně.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

1. Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J. a kolektiv: Umělá inteligence (2). Academia, Praha 1997, ISBN 80-200-0504-8.
2. Kasabov K. N.: Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering. MIT Press, Cambridge 1996, ISBN 0-262-11212-4

Termín zadání: 1.2.2008

Termín odevzdání: 2.6.2008

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

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

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytržení bakalářské 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

ABSTRAKT

Vítek, A. Expertní systém pro výběr oboru. Bakalářská práce, Brno, 2008.
35 s.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a odladěním báze znalostí pro expertní systém pro výběr studijního oboru na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně. Expertní systém má doporučit žákům 4. ročníků středních škol a studentům 1. ročníku zimního semestru Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií v Brně jeden ze 6 vyučovaných oborů na FEKT VUT. Expertní systém pokládá postupně uchazeči o studium jednotlivě otázky a podle jeho odpovědí mu systém seřadí nabízené obory FEKT od vhodných až po ty méně vhodné pro jeho studium.

KLÍČOVÁ SLOVA

Expertní systém, báze znalostí, báze dat, obory fakulty

ABSTRACT

Vítek, A. Expert systems for choosing field of study. The bachelor thesis, Brno, 2008. 35 p.

The bachelor thesis deals with the suggestion to set a knowledge basis for an expert system enabling a choice of study specialization at the Faculty of Electrical Engineering and Communication Brno University of Technology (abbrev. FEKT VUT). The expert system would recommend one of the six study branches at the FEKT VUT to the Year 4 secondary school students and Year 1 winter term students of the FEKT VUT. The expert system would gradually ask questions to the single study applicants. Their answers would put the study branches in order of suitability, from the most to the least suitable ones for the applicants.

KEY WORDS

expert system, knowledge basis, data basis, study branches at the faculty

Bibliografická citace

VÍTEK, A. *Expertní systém pro výběr oboru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 35 s.
Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

P r o h l á š e n í

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma "Expertní systém pro výběr oboru" 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 :

Podpis:

P o d ě k o v á n í

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Václavu Jirsíkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce. Současně děkuji paní Bc. et Mgr. Lucii Terese Figurové za odborné rady a připomínky ohledně tvoření otázek pro expertní systém pro výběr oboru.

V Brně dne :

Podpis:

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. HISTORIE EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	9
2.1 ZNÁMÉ APLIKACE EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	14
3. EXPERTNÍ SYSTÉM.....	16
3.1 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	16
3.2 FUNKCE EXPERTNÍHO SYSTÉMU	18
3.3 VÝHODY EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	18
3.4 NEVÝHODY EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	18
3.5 KLASIFIKACE EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	19
3.5.1 Diagnostické expertní systémy	20
3.5.2 Plánovací expertní systémy	21
3.5.3 Hybridní expertní systémy	22
3.6 EXPERTNÍ SYSTÉM NPS32	23
3.6.1 Syntaxe příkazů pro vytvoření báze znalostí	23
4. VYTVOŘENÍ OTÁZEK PRO BÁZI ZNALOSTÍ	26
4.1 SPECIFIKA OBORŮ	26
4.2 VYTVOŘENÍ OTÁZEK	27
4.2.1 Nevhodná otázka	27
4.2.2 Vhodná otázka	27
4.2.3 Seznam vytvořených otázek	28
4.2.4 Testování srozumitelnosti otázek	30
4.2.5 Ladění báze znalostí	30
5. ZÁVĚR.....	33
6. LITERATURA	34

1. ÚVOD

Tato práce se věnuje usnadnění výběru oboru na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií na VUT v Brně. Je určena pro budoucí studenty VŠ (středoškoláky, kteří jsou ve 4. ročníku a maturanty, kteří maturovali již dříve) a zároveň studenty VŠ FEKT VUT 1. ročníku ZS, kteří se ještě nerozhodli pro konkrétní specializaci (obor).

Ve druhé kapitole se seznámíme se vznikem expertních systémů a jejich historií. Následuje výčet mezníků ve vývoji těchto systémů a představíme si nejznámější aplikace expertních systémů.

Třetí kapitola je zaměřena na charakteristické vlastnosti a funkci expertních systémů. Dále rozebereme jejich výhody a nevýhody, přiblížíme si rozdělení expertních systémů. Závěr této kapitoly je věnován syntaxi příkazů pro vytvoření báze dat expertního systému NPS32.

Ve čtvrté kapitole se budeme zabývat tvořením otázek pro bázi znalostí. Nejprve musíme získat data (informace), abychom věděli, jak se správně zeptat a sestavit otázky. Řekneme si, které otázky jsou vhodné a které nevhodné a na základě těchto poznatků sestavíme jednotlivé otázky, které bude systém pokládat uživateli. Otázky je nutné otestovat na malém vzorku budoucích uživatelů a konzultovat s psycholožkou. Podle jejich připomínek jsme otázky upravili a přeformulovali. Nyní můžeme přikročit k ladění báze znalostí.

Cílem této práce je vytvořit a odladit bázi znalostí pro expertní systém NPS32. Tato báze obsahuje otázky, které se budou pokládat budoucímu studentovi. Otázky jsou složeny hlavně ze specifických vlastností daných oborů.

Dílčím cílem bakalářské práce je stanovit závěry a formulovat doporučení pro expertní systém NPS32.

2. HISTORIE EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ

Stroje a mechanismy napodobující lidskou činnost zaměstnávají fantazii člověka od nepaměti. Zmínky o umělých bytostech nacházíme v krásné literatuře již Homéra, i první dochované zmínky o konstrukci mechanismů a automatů jsou z antických dob. Dlouhou dobu se však jednalo pouze o technické hříčky bez jakýchkoliv intelektuálních schopností. Až v roce 1642 zkonstruoval Blaise Pascal první počítačový stroj, který na principu otáčení koleček prováděl sčítání a odčítání.

Za předchůdce dnešních počítačů a umělé inteligence lze však považovat až Angličana Charlese Babbage, který od roku 1833 vytváří projekt analytického stroje (analytical engine). Poprvé se zde objevuje myšlenka dvou základních částí počítače: procesoru a paměti, které Babbage nazývá (v duchu průmyslové revoluce) fabrika a sklad. Ve skladu byl uložen “program” v podobě lístků z tuhého papíru s vyděrovanými otvory. Babbage o svém projektu prohlásil, že bude představovat mechanizovanou inteligenci, bude-li schopen “požírat svůj vlastní ohon”, tady prostřednictvím své funkce měnit vlastní “skladovaný” program.

Podle Marvinina Minského je umělá inteligence věda, jejímž úkolem je naučit stroje, aby dělaly věci, které vyžadují inteligenci, jsou-li prováděny člověkem. Za zrod umělé inteligence je považován rok 1950, kdy britský matematik Alan Turing ve svém článku Computing Machinery and Intelligence uveřejněném v časopise Mind položil provokující otázku “Mohou stroje myslet?”. Inteligenci stroje posuzuje výlučně na základě jeho vnějšího chování, v dialogu s člověkem.

Umělá inteligence se rozvíjela paralelně se dvěma příbuznými disciplínami; kybernetikou (Wiener) a teorií informace (Shannon). Navazovala na některé práce z poloviny 40. let (stručný přehled mezníků ve vývoji umělé inteligence je uveden v tabulce 1.). Prvním větším impulsem pro rozvoj této disciplíny byla letní škola (konference) v Dartmouthu v roce 1956, které se zúčastnili prakticky všechny vůdčí postavy této mladé vědy; Minsky, McCarthy, Simon a Newel. Výzkum se zkoncentroval okolo těchto osob.

Samotný vývoj umělé inteligence lze rozdělit do několika etap. 50. a 60. léta jsou charakterizována představou, že několik jednoduchých ale mocných technik umožní vytvářet inteligentní všeřešící programy. Používané techniky byly založeny na vnitřním (strojovém) modelu světa a na schopnosti vytvářet v tomto modelu plán pro řešení dané úlohy. Model světa byl založen na stavovém prostoru. V tomto prvním období výzkumů v oblasti umělé inteligence se kladl důraz na metody prohledávání stavového prostoru, rozpoznávání obrazů a porozumění přirozené řeči. Zkoumaly se i možnosti strojového vidění. Dílčí přístupy se integrovaly; příkladem může být systém (robot) SHRDLU, který na základě povelů v přirozeném jazyce manipuloval s předměty v jednoduchém “světě kostek”.

V polovině 70. let dostala umělá inteligence nový impuls v podobě **expertních systémů**. Důraz se přesunul od hledání univerzálního algoritmu k otázce reprezentace a zpracování znalostí. Specializované (symbolické) znalosti a jejich využívání začaly být chápány jako to podstatné pro inteligentní chování. Expertní systémy zaznamenaly první velký průlom metod umělé inteligence do komerční sféry. Kromě práce se specializovanými znalostmi se postupně začínají hledat i způsoby, jak formalizovat znalosti obecné (tzv. common-sence knowledge). Příkladem poměrně ambiciózního projektu v této oblasti je Lenatův CyC zahájený v roce 1984, který se pokouší zachytit běžné znalosti pomocí jednotné struktury využívající rámce. Použitý jazyk CYCL, vychází z predikátorové logiky, umožňuje formulovat jak znalosti deklarativní, tak znalosti procedurální. Jednotlivé znalosti jsou formulovány jako axiomy v tomto jazyce.

Tabulka 1.: Mezníky v historii expertních systémů (zdroj: [Ber98])

Rok	Událost
1943	Model neuronu; McCulloch, Pitts
1950	Turingův test; Turing

1956	Dartmouthská konference; Minski, McCarthy, Simon, Newel
1957	Perceptron; Rosenblatt
	GPS (General Problem Solver); Newel, Simon, Shaw
	Formální gramatiky: Chomsky
1958	LIPS; McCarthy
1965	DENDRAL; Feigenbaum, Buchanan
	Fuzzy logika; Zadeh
	Rezoluční princip; Robinson
1968	Sémantické sítě; Quillian
	SHRDLU; Winograd
1969	Kniha Perceptrons; Minsky, Papert
1970	PROLOG; Colmerauer, Roussel
1971	HEARSAY I; Lesser
1973	MYCIN; Shortliffe, Buchanan
1975	Rámce; Minsky
1976	Dempster-Shaferova teorie; Dempster, Shafer
	PROSPECTOR; Duda, Hart
1977	OPS; Forgy
1978	R1/XCON; McDermott

1979	ReTe algoritmus; Forgy
1981	Japonský projekt počítačů páté generace
1982	Hopfieldova neuronová síť; Hopfield
1983	KEE; IntelliCorp
1984	CyC; Lenat
. . .	

Rozvíjejí se ale i jiné směry. Počátkem 80. let dochází v pracích Hopfielda, Rumelherdta a Kohonena k renesanci neuronových sítí; posiluje se tak i druhý (subsymbolický, psychologický) proud v rámci umělé inteligence. V roce 1986 uveřejňuje M. Minsky knihu *The Society of Mind* ve které podává představu mysli jako systému vzájemně interagujících agentů, kteří monitorují signály vysílané jinými agenty a vykonávají jednoduché akce. Inteligentní agenti se objevují i jako softwarové systémy. Začíná se rovněž mluvit o “nové” umělé inteligenci. Na rozdíl od “tradiční” umělé inteligence, která se opírá o vnitřní (obvykle symbolický) model světa, je “nová” umělá inteligence inteligencí bez reprezentace a bez uvažování. Podle této koncepce vzniká inteligentní chování systému samovolně (emergentně) v důsledku vzájemných interakcí jednotlivých (autonomních a decentralizovaných) komponent systému i v důsledku interakcí systému s okolím.

V souvislosti s expertními systémy se koncem 80. let opakovala situace z let šedesátých. Po počátečním entuziasmu mezi odborníky i laickou veřejností (populární časopisy psaly o expertech na disketě) se dostavilo zklamání z nezdaru některých slibných komerčních aplikací. Současně byly v Japonsku utlumeny práce na projektu počítačů páté generace vyhlášeném v roce 1981 (do deseti let měly japonské počítače komunikovat v přirozeném jazyce, překládat texty z jednoho

jazyka do druhého, interpretovat obrázky a uvažovat jako lidé). Umělá inteligence se tak opět stala obětí příliš optimistických prohlášení svých tvůrců.

V devadesátých letech jsou již představitelé umělé inteligence ve svých výrociích opatrnější; “skryjte před uživatelem umělointeligentní část systému” zní uznávaná rada současnosti. Uživatelé tedy mnohdy využívají umělou inteligenci, aniž by o tom věděli; příkladem může být diagnostika poruch tiskárny ve Windows 95 založená na bayesovských sítích. Vývoj metod umělé inteligence ale pokračuje. Pro podporu tvorby expertních systémů byla vyvinuta metodologie KADS. Objevují se i nové oblasti zájmu; hitem posledních několika let je získávání znalostí z dat (knowledge discovery, data mining). Zdá se, že se důraz posouvá od reprezentace “předpřipravených” znalostí k jejich automatizovanému získávání, čili k strojovému učení.

Lze tedy vysledovat tři etapy ve vývoji (tradiční) umělé inteligence:

1. 50.-60. léta: hledání univerzálního řešícího postupu,
2. 70.-80. léta: otázka reprezentace a zpracování znalostí,
3. 90. léta: získávání znalostí, strojové učení.

Kromě etap lze hovořit i o směrech výzkumu:

- **inženýrský směr** se orientuje na vytváření inteligentních systémů či metod aniž by nutně simuloval způsob myšlení člověka; od technik založených výhradně na manipulaci se symboly se postupně přechází ke kombinaci symbolických a numerických metod,
- **psychologický směr** se orientuje na modelování lidských intelektuálních činností (za pozitivní poznatků z psychologie, neurofyzologie apod.). [Ber98]

2.1 ZNÁMÉ APLIKACE EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ

Uvedme pro ilustraci výčet některých známějších aplikací spolu s oblastí jejich použití.

Aplikace v medicíně a příbuzných oborech:

1. MYCIN provádí diagnostiku při infekčních onemocněních a navrhuje terapii antibiotiky,
2. PUFF interpretuje výsledky plicních vyšetření,
3. VM monitorování dat na jednotce intenzivní péče a řízení “umělých plic” v reálném čase,
4. ONCOCIN řídí léčení pacienta na jednotce onkologické péče,
5. HAEDMED aplikace v klinické psychofarmakologii,
6. CLOT diagnostikuje poruchy srážlivosti krve,
7. EMYCIN “prázdný” systém, který se přidáním báze znalostí orientuje na danou problematiku. Pomocí tohoto systému byly vytvořeny nebo znovuvytvořeny systémy 1., 4., 5., 6., v tomto výčtu medicínských aplikací a 8., 9. v následujícím výčtu nemedicínských aplikací,
8. MOLGEN plánuje experimenty s DNA kyselinou,
9. CADUCEUS údajně obsahuje 85 % veškerých znalostí z interního lékařství.

Nemedicínské aplikace:

1. DENDRAL identifikuje organické sloučeniny na základě hotového spektrogramu,
2. PROSPECTOR pomáhá geologům při hledání rudných nalezišť,

3. AL/X identifikace závad na technologickém zařízení platformy pro těžbu ropy v severním moři,
4. R1 pomáhá při konfigurování počítačů VAX-11 na základě požadavků zákazníka,
5. ACE identifikuje závady na telefonních kabelech,
6. HEARSAY II systém pro porozumění řeči, rozpoznává mluvený požadavek na informaci z databáze,
7. Dipmeter Advisor interpretace záznamu z ropných vrtů,
8. SACON radí uživatelům, jak používat rozsáhlý program MARC pro strukturální analýzu,
9. DART provádí diagnózu závad počítačů. [MZ84]

3. EXPERTNÍ SYSTÉM

S rozvojem počítačů se začala dynamicky rozvíjet vědní disciplína „**Umělá inteligence**“, je to vlastnost člověkem uměle vytvořených systémů, vyznačujících se schopností rozpoznávat předměty, jevy, situace, analyzovat vztahy mezi nimi a tak vytvářet vnitřní modely světa, ve kterých tyto systémy existují, a na tomto základě dělat účelná rozhodnutí včetně schopností předvídat důsledky těchto rozhodnutí a objevovat zákonitosti mezi různými modely nebo jejich skupinami. [OP97]

Expertní systémy jsou pouze jedním z mnoha oborů vědní disciplíny umělé inteligence.

Expertní systém je „inteligentní“ počítačový program, který využívá vhodně reprezentovaných znalostí a inferenčních procedur k řešení tak složitých problémů, které je schopen řešit pouze člověk – expert v řešené problémové oblasti. Expertem máme přitom na mysli člověka, který disponuje takovými speciálními dovednostmi a znalostmi, které nejsou naprosté většině ostatních lidí známé či dostupné. [KP94]

3.1 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ

V následující části si uvedeme některé typické vlastnosti expertních systémů, kterými se tyto odlišují od běžných počítačových programů.

V první řadě jde o znalosti experta. Ty jsou v běžném programu součástí zdrojového kódu a jsou v něm různými způsoby zakódovány. Expertní systémy používají zcela odlišný přístup. Znalosti experta jsou vyjádřeny explicitně v podobě tzv. **báze znalostí**. Ta obsahuje odborné znalosti experta získané nejen jeho studiem, ale i dlouholetými zkušenostmi. Jelikož bývá většina těchto znalostí deklarativně vyjádřena bez jakýchkoliv souvislostí, hovoříme též o **heuristických znalostech**. Zcela je oddělen tzv. **řídící mechanismus**, který má na starosti zpracování znalostí z **báze znalostí**, získání údajů od uživatele nebo z měřicích přístrojů a podat patřičný výsledek. Souhrn údajů získaných z okolí nazýváme **bází dat**. Může jít přitom

o nejrůznější informace získané z databáze, z měřicích přístrojů nebo na základě dotazu uživateli formou dialogového okna. Takovýto způsob modularizace systému je typickým právě pro expertní systémy a umožňuje využít již jednou implementovaný a odladěný **řídící mechanismus** využít v jiném expertním systému.

Při vytváření báze znalostí konkrétního expertního systému je potřeba dodržovat jistou transparentnost a modularitu, tak aby si zachovala svou přehlednost a mohla být expertem dále upravována. Ve všech případech se totiž počítá s tím, že jednou hotový expertní systém může být dále rozšiřován a zdokonalován.

Další typickou vlastností expertních systémů je požadavek na možnost zpracovávat neurčitě informace. Expert může zadat za jistých podmínek neurčitě znalosti - tehdy mluvíme o **neurčitosti (nejistotě) v bázi znalostí**. Může ale vyvstat i požadavek na možnost zadání neurčitých informací od uživatele – tehdy mluvíme o **neurčitosti (nejistotě) v bázi dat**.

Zajímavou a velmi důležitou vlastností expertních systémů je struktura báze znalostí taková, že k jednomu závěru může existovat více než jeden předpoklad. V závislosti na konkrétní situaci můžeme totiž dojít ke stejnému závěru mírně odlišným pozorováním. Jde o výskyt **alternativách cest k řešení**. Tato vlastnost výrazně přibližuje způsob práce expertního systému způsobu rozhodování experta.

Jak jsme již zmínili, expertní systémy nám mají nahradit optimální řešení, které by nám poskytl expert. Jejich úkolem tedy není pouze získávat data z okolí, vést s uživatelem dialog, ale také své závěry patřičně **zdůvodnit** - např. uvedením různých pravděpodobnostních měř.

Současně bychom rádi zmínili ještě jednu vlastnost, kterou se expertní systémy liší od běžných programů. Jde o **složitost řešení problému**. Jak jsme již zmínili, expertní systémy využívají heuristických znalostí. V případě velmi složitých problémů tedy nemusí nutně dojít k prohledání všech možných variant. Expertní systémy se tedy používají pro řešení problémů, pro které buď neznáme jednoznačné

algoritmy, a nebo jsou tyto postupy příliš časově či paměťově náročné až nerealizovatelné klasickými postupy. [Tho06]

3.2 FUNKCE EXPERTNÍHO SYSTÉMU

V praxi expertní systémy plní celou řadu funkcí:

- **knihovník** – pomáhají lidem hledat, organizovat a interpretovat informace potřebné k řešení úloh,
- **rádce** – shromažďuje a poskytuje specializované expertní znalosti,
- **instruktor** – pomáhá uživatelům získávat potřebné znalosti a řešit úkoly,
- **asistent** – zabezpečuje řešení některých rutinních úloh a umožňuje lidem věnovat se kreativnějším aspektům řešení úkolu.

3.3 VÝHODY EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ

- poskytuje stále stejné výsledky, může pracovat 24 hodin denně, nemusí si brát dovolenou, nedá výpověď, rozhodování expertního systému neovlivňuje únava, časový stres a jiné faktory,
- dokáže svůj výrok jednoznačně zdůvodnit,
- pokud je potřeba více expertů, stačí je pouze kopírovat.

3.4 NEVÝHODY EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ

- lidský expert v dané oblasti nedokáže své vědomosti expertnímu systému předat přímo, ale je odkázaný na prostředníka – expertního inženýra,
- lidský expert obvykle nedokáže podrobně popsat všechny aspekty, které se podílí na jeho rozhodnutí,
- lidský expert provádí svá rozhodnutí také tak, že je nedokáže nijak přesně zdůvodnit. Jednoduše proto, že nezná, nebo zapomněl zdroj svého poznání

a tvrdí: „Nevím, ale vždycky to dělám tak a všichni to tak v tomto případě dělají.“,

- lidský expert má další vlastnosti, které do expertního systému nelze vůbec promítnout – tzv. selský rozum, intuici, schopnost rozpoznat velmi vzácné výjimky a okamžitě se jim přizpůsobit,
- na lidském rozhodování se podílí i další znalosti a schopnosti, které s problémem na první pohled přímo nesouvisí – všeobecný přehled, lidská životní zkušenost a moudrost, zdravý úsudek, vtip. [Aut07]

3.5 KLASIFIKACE EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ

Z hlediska charakteru řešené úlohy rozeznáváme expertní systémy:

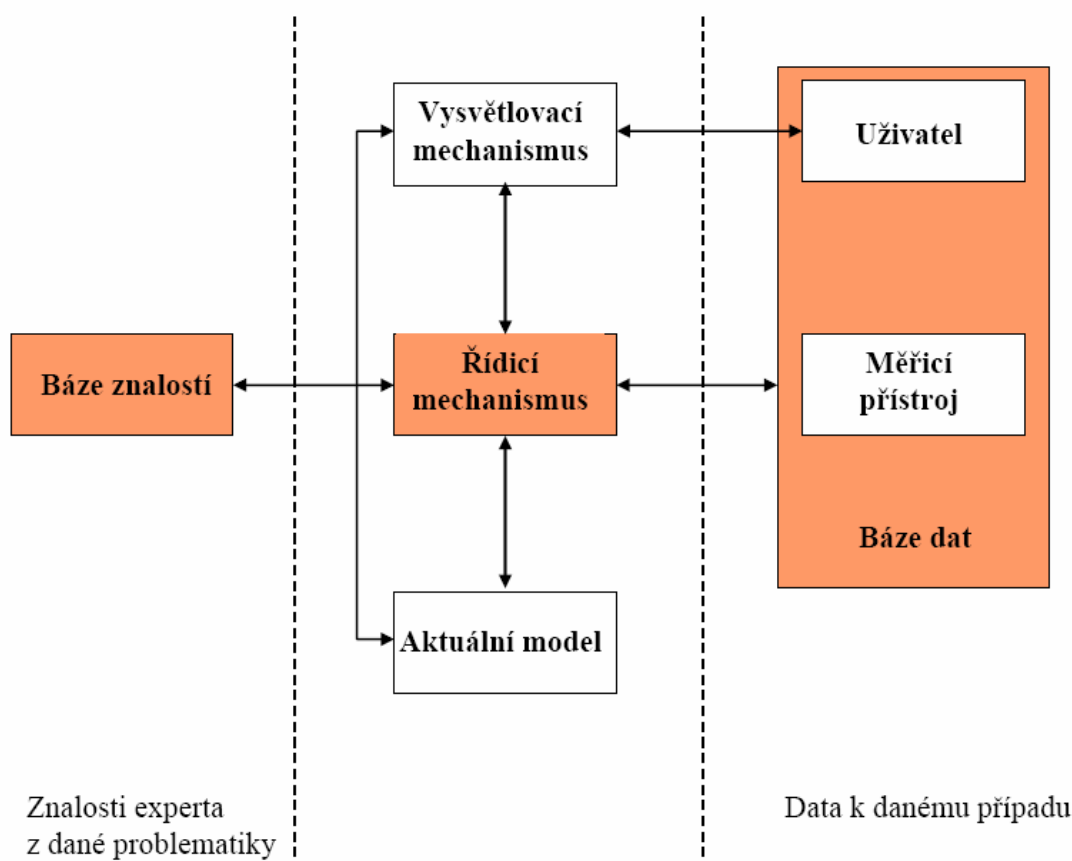
- diagnostické,
- plánovací,
- hybridní.

Zcela odlišnou kategorii tvoří tzv. *prázdné expertní systémy*. Jde o systémy, které plně implementují řídicí mechanismus, poskytují jisté uživatelské rozhraní, ale neobsahují bázi znalostí. Tu je možné samozřejmě dodat a získat tak plnohodnotný expertní systém. Může přitom jít jak o diagnostický tak o plánovací expertní systém. V úvodní kapitole jsme uvedli dva představitele klasických prázdných expertních systémů, a to **EMYCIN**, který vzniknul ze systému MYCIN, a **KAS**, který vzniknul ze systému PROCPECTOR. Českým představitelem prázdných expertních systémů je např. systém **FEL-EXPERT**, který využívá mírně modifikovaný prospectorovský řídicí mechanismus.

3.5.1 Diagnostické expertní systémy

Činnost *diagnostických expertních systémů* se soustředí na zjištění, která z uvedených **cílových hypotéz** nejlépe odpovídá konkrétní situaci. V rámci jeho činnosti probíhá ověřování dílčích závěrů a získávání informací od uživatele. Řešení problému tedy spočívá v postupném **přehodnocování** dílčích závěrů podle předem stanoveného postupu. Vlastní struktura předpokladů, hypotéz a cílů je zadána expertem. Na následujícím obrázku je uvedeno blokové schéma klasického diagnostického expertního systému.

Obr. 1: Blokové schéma diagnostického expertního systému



Zdroj: [JH04]

Zde **aktuální model** představuje paměťový prostor, kde jsou ukládány aktuální mezivýsledky v průběhu konzultace, tedy informace o každém provedeném kroku. **Vysvětlovací mechanismus** je ta část aplikace, která sděluje uživateli informace o průběhu konzultace a především závěr celé konzultace. Jde tedy pouze o oddělení uživatelského rozhraní od vlastního řídicího mechanismu. Řídicí mechanismus vybírá ty dotazy, které mají největší přínos ke splnění dílčích hypotéz, a také má na starosti provést po každém kroku aktualizaci aktuálního modelu. Aktualizací aktuálního modelu můžeme rozumět přidání nebo odebrání poznatků z aktuálního modelu, a to na základě **nového údaje z báze dat**, nebo na základě **odvození údaje z aktuálního modelu**.

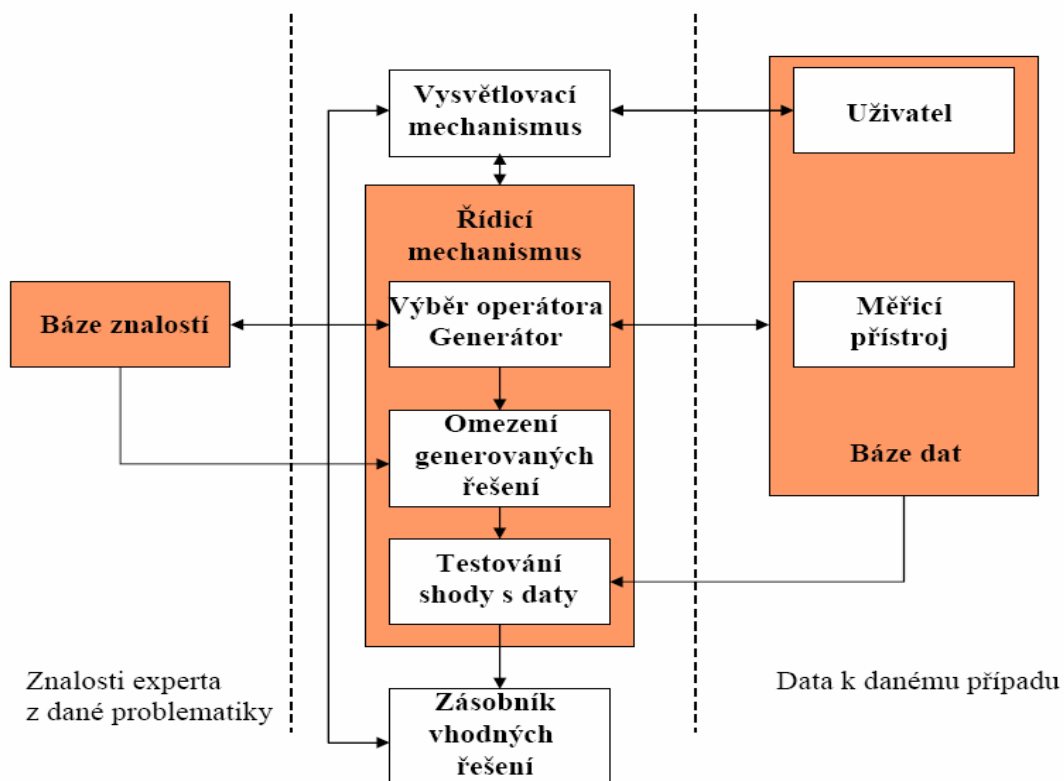
3.5.2 Plánovací expertní systémy

Hlavním rozdílem plánovacích systémů od systémů diagnostický je ten, že plánovací systémy slouží k řešení problémů, u kterých známe předem požadovaný cíl. Úkolem plánovacích systémů tedy není zjistit nejpravděpodobnější hypotézu, nýbrž pomoci při nalezení vhodné cesty, resp. posloupnosti kroků, které vedou k požadovanému cíli. Na obrázku 2 opět vidíme blokové schéma klasického plánovacího expertního systému.

Vidíme, že řídicí mechanismus zahrnuje tři základní procedury. První je **generátor možných řešení**, která v dané situaci zjistí všechny možné následující kroky délky jedna. Další pak množinu vygenerovaných kroků na základě znalostí jistým způsobem omezí, případně upraví. Posledním krokem je testování, zda provedení libovolného zbylého kroku vede ke správnému cíli. Testuje se aktuální stav systému s daty známými z "okolního světa".

Do zásobníku vhodných řešení se ukládají vybrané kroky vedoucí k dosažení cíle, které úspěšně prošly testováním. Výstupem konzultace je potom nejen výpis nejvhodnějšího postupu, ale výpis **všech zjištěných postupů ohodnocených měrou optimality**. Tyto míry jsou v průběhu konzultace přepočítávány jak s využitím báze znalostí tak s využitím báze dat.

Obr. 2: Blokové schéma plánovacího expertního systému.



Zdroj: [JH04]

Příkladem klasického plánovacího expertního systému je systém DENDRAL.

Ačkoli mohou mít plánovací expertní systémy některé rysy společné s diagnostickými systémy, metody využívané při jejich implementaci se značně liší. Zatím se nepodařilo vytvořit ucelenou teorii, která by nějakým způsobem sjednotila metody plánovacích expertních systémů. Jediná významná shoda všech plánovacích expertních systémů tedy existuje pouze na té nejvyšší úrovni abstrakce, tak jak jsme ji představily na blokovém schématu. V dalším výkladu se z těchto důvodů nebudeme plánovacími expertními systémy dále zabývat.

3.5.3 Hybridní expertní systémy

Jde o specifické systémy, které jistým způsobem kombinují metody z diagnostických a plánovacích expertních systémů. Mezi hybridní systémy se řadí různé výukové či monitorovací systémy. Ty totiž během konzultace střídají **diagnostický a plánovací subsystém**. [Tho06]

3.6 EXPERTNÍ SYSTÉM NPS32

Další nedílnou součástí expertního systému je báze znalostí. Je to v podstatě nejdůležitější část, protože bez báze znalostí je referenční mechanismus expertního systému bezcenný. Zde je uloženo „moudro“ experta/ů na danou problematiku pomocí znalostního inženýra.

3.6.1 Syntaxe příkazů pro vytvoření báze znalostí

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

- pomocí asistenta v programu NPS32,
- vytvořením souboru podle pravidel popsaných níže a podrobněji zde [Npp].

Poslední možnost zde trochu rozvedeme. Formát textové podoby je založen na formátu ES DrExpert. V souboru **nesmí** být žádný prázdný řádek.

- ***název souboru*** – zde se nesmí objevit diakritika ani mezera mezi částmi názvu souboru, ve kterém je uložena báze znalostí,
- ***název báze*** – uvádí se znaky „;“ libovolný název báze, který se může lišit od názvu souboru v němž je báze uložena. Tento název může na rozdíl od názvu souboru obsahovat libovolné znaky,
- ***informační text k bázi*** – uvádí se znaky „;;“ slouží pro umístění popisu báze znalostí. Definice textu popisu může být v bázi několikrát za sebou. Každý takový řádek popisu je brán jako jeden odstavec,

počet implicitně nabízených odpovědí – uvádí se znaky „;?“ za tyto znaky se uvádí počet možných odpovědí 3, 5 a 7. Těmto hodnotám odpovídají pravděpodobnosti odpovědí, které jsou uvedeny v tabulce 2,

- **zápis otázky** – uvádí se znakem „;“, pokud na položení otázky nestačí jeden řádek, pak se následující řádek uvede stejným znakem,
- **definice uživatelské odpovědi** – uvádí se znaky „;*“, s tímto příkazem se ignoruje implicitní počet nabízených odpovědí a uživatel si uvede vlastní odpovědi s vlastním určením pravděpodobnosti, Např.: ; * Nedávno [05] *
- **definice uzlu** – uvádí se znakem „.“, za tímto symbolem následuje **jméno uzlu** (musí být v bázi jedinečné), které může mít maximálně osm znaků a to bez diakritiky, speciálních znaků a dále nesmí na prvním místě být žádná číslice,
- **výchozí pravděpodobnost uzlu** – je uvedena „p=“ musí být uvedena až na desátém znaku od začátku řádku, uvádí se za jménem uzlu. Za rovnítkem se nachází dvouciferné číslo pravděpodobnosti např. 01%, 50%, ++ poslední znaky zastupují hodnotu 100 %,
- **parametr uzlu** – uvádí se za výchozí pravděpodobností uzlu oddělený jednou mezerou. Tento parametr nemusí být použit, ale slouží k upřesnění typu uzlu. Parametry jsou tyto: „A“, „D“, „K“, „G“,
 1. **parametr A-** Běžně dotazovatelný uzel – inferenční mechanismus se snaží pokládat dotazy s největší informační důležitostí a nepokládat dotazy jejichž zodpovězení nemá na stav báze dat žádný vliv,
 2. **parametr D-** Přímý dotazovatelný uzel – dotazy se pokládají v pořadí, v jakém jsou nadefinovány v bázi znalostí. Postupně se položí všechny,
 3. **parametr K-** Kvantitativní dotazovatelný uzel – musí vždy obsahovat **definici uživatelské odpovědi**, která ale nesmí obsahovat pravděpodobnost odpovědi. Za to musí obsahovat identifikátor jiného uzlu libovolného typu,
 4. **parametr G-** identifikuje cílový uzel.

- **řízení podávání otázek** – uvádí se znakem „<“ nebo „>“ za mezerou následuje pravděpodobnost a poté jméno uzlu (opět na desáté místo od začátku řádku), podle kterého se bude porovnávat aktuální hodnota u pravděpodobnosti uzlu s nadefinovanou pravděpodobností. Když bude podmínka pravdivá, otázka se položí, jinak přejde na další otázku,
- **pravidla** – uvádí se znakem „&“ – konjunktivní pravidlo, nebo znakem „|“ – disjunktivní pravidlo. Poté (za mezerou) následuje pravděpodobnost, s kterou se bude skládat „síla“ odpovědi, která ovlivní cílový uzel. Na deváté místo od začátku řádku se uvede znak „+“ nebo „-“ podle toho jestli má být odpověď ovlivněna přímo, nebo negovaně. Hned za tyto znaky následuje jméno uzlu, který má ovlivnit cílový uzel,
- **cílový uzel** – se definuje úplně stejně jako uzel, s tím rozdílem, že na následujícím řádku se za znak „;“ uvede popis uzlu, který bude zobrazen koncovému uživateli,
- **ukončovací znak báze** – je to znak „#“ a musí být uveden.

Tabulka 2.: Hodnoty pravděpodobností implicitně nabízených odpovědí a jejich značení (zdroj: [Npp])

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

4. VYTVOŘENÍ OTÁZEK PRO BÁZI ZNALOSTÍ

Jedním z cílů této práce je vytvořit bázi znalostí. Nedílnou součástí báze jsou otázky, ze kterých expertní systém získá informace pro svoji bázi dat.

4.1 SPECIFIKA OBORŮ

Nejrozsáhlejší částí této práce bylo získání znalostí, což v našem případě znamenalo prostudovat mnoho materiálů, jako jsou např. anotace jednotlivých oborů a jejich předmětů, prezentace a brožury jednotlivých programů [Psp07]. V průběhu získávání znalostí jsme si zapisovali průběžně poznámky k jednotlivým oborům, jako jsou jejich specifické vlastnosti, na studium čeho se zaměřují, kde se budoucí absolventi uplatní atd.

Každý z uvedených oborů má své specifické vlastnosti v podobě předmětů, které se vyučují na daných oborech. Tyto předměty většinou stejného obsahu vyučované látky se na různých oborech jmenují různě. Proto nelze srovnávat přímo jména přednášených předmětů, ale je třeba srovnávat náplň jednotlivých předmětů. Díky tomu, že pro jednoznačné určení oboru je třeba najít pojmy, které vybočují z proudu, tak do poznámek nejsou zahrnuty všeobecně vzdělávací předměty (mezinárodní jazyky, předměty ekonomického rázu,...). Dále nejsou zahrnuty předměty, které se vyučují na všech oborech (matematika, fyzika, bezpečnost v elektrotechnice,...).

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií má v akademickém roce 2007 / 2008 šest oborů:

1. obor Automatizační a měřicí technika [Oam07],
2. obor Biomedicínská technika a bioinformatika [Obt07],
3. obor Elektronika a sdělovací technika [Oes07],
4. obor Mikroelektronika a technologie [Omt07],

5. obor Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika [Ose07],

6. obor Teleinformatika [Ote07].

4.2 VYTVOŘENÍ OTÁZEK

Z našich průběžných poznámek ze studia jednotlivých oborů a prezentací můžeme nyní přistoupit k vytvoření vhodných otázek.

Vytvořením správných otázek docílíme výsledku, který reprezentuje zájmy budoucího studenta VŠ (středoškoláka, který je ve 4. ročníku a maturanty, kteří maturovali již dříve) i studenta VŠ FEKT VUT 1. ročníku ZS o daný obor. Otázky je vhodné volit spíše nepřímé než přímé, aby budoucí student neměl tušení, ke kterému oboru otázka míří.

4.2.1 Nevhodná otázka

Co je to nevhodná otázka? To je taková otázka, která má malou informační hodnotu. Jako je např.: „Chcete studovat elektrotechniku?“ , kdyby student nechtěl studovat elektrotechniku, tak by se určitě nehlásil na elektrotechnickou školu.

Nebo v našem případě „nesmyslná“ otázka „Zajímá vás automatizace?“. Jelikož se otázka ptá přímo na koncový uzel (závěr hypotéz). Tím že např. odpoví „ne“ i když třeba předešlé odpovědi uživatele směřovaly právě k automatizaci, znamená to rozpor v odpovědích studenta. Právě ES má vyslovit konečnou hypotézu nad daným oborem a ne samotný uživatel.

4.2.2 Vhodná otázka

Vhodná otázka je taková otázka, která se na dané téma ptá (v našem případě) nepřímě.

Za vhodnou otázku můžeme považovat např. „Zajímají Vás principy řízení a přenos informací ve strojích a živých organismech?“

Tato otázka propojuje hned tři obory. A ty jsou:

- automatizační a měřicí technika,
- biomedicínská technika a bioinformatika a
- teleinformatika.

4.2.3 Seznam vytvořených otázek

Tabulka 3.: Seznam vytvořených otázek

	Otázka
1.	Zajímají Vás principy řízení a přenos informací ve strojích a živých organismech?
2.	Chcete vědět více o zdrojích elektrické energie (elektrochemické, solární, atomové, palivové články, ...)?
3.	Zajímá Vás, jaké materiály, suroviny a výrobní procesy se používají při výrobě integrovaných obvodů (švábů)?
4.	Zajímá Vás návrh a konstrukce vstupně/výstupních karet pro PC?
5.	Zajímají Vás techniky zhuštění dat audiovizuálních signálů (MP3, JPEG, MPEG, ...)?
6.	Zajímá Vás ekologie v elektrotechnice a ve zdravotnictví?
7.	Chcete vědět více o správě, údržbě serveru a celé sítě?
8.	Zajímá Vás technický obor, který se zabývá tvorbou a využíváním technologií v měřítku srovnatelném s tisícínou tloušťky lidského vlasu?
9.	Máte zájem se podílet na vývoji experimentální družice a mezinárodní vesmírné stanice?
10.	Zajímá Vás strojní zařízení elektráren?
11.	Chcete vědět více o optických vláknech a vláknové optice (kabely, které přenášejí velké objemy dat rychlostí světla)?
12.	Zajímají Vás techniky nízkých teplot (kryogenické metody - vliv nízkých teplot na člověka a využití výhod, které nabízí)?
13.	Chcete vědět více o měření elektrických a neelektrických veličin?

14.	Chcete vědět více o vzájemném ovlivňování jednotlivých prvků v elektronických systémech (EMC)?
15.	Zajímá Vás číslicová (digitální) řídicí technika a její regulátory?
16.	Chcete vědět, jak se navrhují a vyrábějí desky plošných spojů?
17.	Zajímá Vás molekulární a buněčná biologie?
18.	Zajímá Vás ochrana a jištění elektroenergetických soustav?
19.	Chcete vědět více o tom, jak se elektricky projevuje živá tkáň?
20.	Zajímají Vás komunikační sítě?
21.	Zajímá Vás obor, zabývající se tvorbou strojů vykazujících známky inteligentního chování (umělá inteligence)?
22.	Chcete se dovědět více o projektování, konstruování a vývoji v oblasti elektrických sítí, strojů, pohonů a řídicí elektroniky?
23.	Zajímá vás elektronické publikování a bezpečnost na webu?
24.	Chcete vědět více o výkonové elektronice (střídače, měniče, usměrňovače,...)?
25.	Zajímá vás filtrace signálů, návrh a realizace filtrů?
26.	Chcete se více dovědět o přístrojích využívaných v terapii, chirurgii, náhradě orgánů a automatickém provozu nemocničních systémů?
27.	Chcete vědět více o výrobě, rozvodu, přenosu a užití elektrické energie?
28.	Chcete vědět více o počítačových simulacích elektronických obvodů?
29.	Chcete vědět více o prostředcích pro tvorbu automatických měřicích systémů a seznámit se s praktickými aplikacemi?
30.	Zajímá Vás návrh a diagnostika elektronických přístrojů?

4.2.4 Testování srozumitelnosti otázek

Sestavené otázky bylo vhodné, ještě než jsme přistoupili k ladění báze znalostí, otestovat na malém vzorku studentů. Byla vytvořena testovací skupina o 10 studentech, 5 ze SŠ a 5 z VŠ. Předložili jsme jim sestavené otázky a sdělili jim, ať nám napíší své připomínky, poznámky a postřehy.

Z testu vyšlo následující:

- nepochopení otázky,
- neporozumění odborným termínům,
- složitá formulace otázky.

Naše otázky jsme dále konzultovali s psycholožkou Bc. et Mgr. Figurovou, aby se nám k nim vyjádřila z didaktického a psychologického hlediska. Její připomínky a návrhy byly následující:

- používání příliš odborných termínů,
- zjednodušit otázky..

Na základě výsledku testu a konzultace byly otázky přepracovány. Odborné termíny byly vysvětleny v závorce nebo nahrazeny obecnějším názvem. Některé otázky byly zcela vypuštěny a jiné byly nově vytvořeny.

4.2.5 Ladění báze znalostí

Aby expertní systém fungoval správně je nutné ho odladit. Po vhodném uspořádání otázek v bázi znalostí můžeme přistoupit k ladění báze znalostí.

První etapa ladění je, že správně nastavíme výchozí pravděpodobnosti uzlů, které reprezentují námi zvolené otázky. Zpravidla se nastavují na 50 %. Touto hodnotou je inicializována hodnota aktuální pravděpodobnosti uzlu v okamžiku začátku konzultace. Dále nastavíme počáteční hodnoty pravděpodobnosti cílových uzlů, v našem případě 30 %.

Druhá etapa ladění začíná nastavením pravidel u koncových uzlů. V textovém zápisu báze je pravidlo uvozeno znakem „&“ pokud se jedná o konjunktivní pravidlo. Pak následuje hodnota udávající sílu vazby. Tato hodnota je celé číslo v rozsahu 0 % - 99 %. Další součástí definice pravidla je jeden nebo více literálů. Literály určují, ke kterému uzlu je pravidlo navázáno a zda je navázáno přímo nebo negovaně.

Ke každému oboru klade expertní systém v průměru 3 otázky. Ty jsou rozděleny do dvou skupin:

- 1 otázka hlavní a
- 2 otázky doplňující.

Hlavní otázka má samozřejmě nejvyšší sílu vazby, to znamená, nejvíce ovlivní daný studijní program (obor). Její síla vazby je 50 - 99 %. Otázky vedlejší mají sílu vazby od 0 - 49 %.

Otázky, které s daným oborem souvisí, jsou hodnoceny kladnými literály a otázky, které s oborem souvisí méně nebo vůbec, jsou hodnoceny zápornými literály. Otázky jsou navrženy na pět implicitních odpovědí podle tabulky 2. Nyní máme bázi znalostí částečně odladěnu.

Nyní následuje další konzultace u Bc. Mgr. Figurové. Předložili jsme jí naši částečně odladěnou bázi, aby si ji mohla vyzkoušet a sdělit nám případné připomínky. Ta nám po skončení konzultace s expertním systémem sdělila následující doporučení. Při pěti implicitně nabízených odpovědích by odpověď typu „nevím“ vypustila, že tuto odpověď by volili uživatelé, pokud by se nemohli rozhodnout nebo by nepochopili otázku. Dále, že by otázek mohlo být více, aby se pokrylo co nejrozsáhlejší spektrum nabízených obrů.

Rozhodli jsme se jejím doporučením řídit, protože pokud uživatel zvolí odpověď „nevím“, hodnoty cílových uzlů se nezmění a tím nám v podstatě odpadla jedna otázka. My přece potřebujeme odpovědět na všechny otázky, abychom získali

co nejvíce informací u uživateli našeho systému a mohli na jejich základě správně doporučit obor jejich budoucího studia, proto jsme navýšili počet otázek na 30.

S nabízenými odpověďmi je to takto, implicitně nabízené jsou v počtu 3, 5 a 7 podle tabulky 2. Rozhodli jsme se že, budeme nabízet 4 odpovědi, které budou zadány do báze ručně. Odpovědi budou v tomto znění: rozhodně ano, spíše ano, spíše ne a rozhodně ne.

Po konzultaci s Bc. et Mgr. Figurovou klade expertní systém v průměru 5 otázek. Ty jsou rozděleny do dvou skupin:

- 2 otázky hlavní a
- 3 otázky doplňující.

Výsledkem expertizy je seznam hypotéz (cílových uzlů) seřazený sestupně, od nejpravděpodobnější po nejnepravděpodobnější. Báze znalostí je navržena tak, aby hypotézy které expertní systém doporučí měly v konečném stádiu pravděpodobnost pokud možno blížíci se hodnotě 100 % a naopak hypotézy nedoporučené expertním systémem pravděpodobnost blížíci se k nule, případně jednotkám procent. Toto odpovídá pojetí expertního systému NPS32, který považuje hodnotu pravděpodobnosti 0 % za absolutní nesouhlas s hypotézou, hodnotu 50 % za absolutní nedostatek informací popřípadě spor a 100 % jako hypotézu jistou.

5. ZÁVĚR

V této bakalářské práci je navržena a odladěna báze znalostí expertního systému NPS32 pro výběr oboru na fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií pro vysokou školu VUT Brno. Práce je zaměřena na budoucí studenty fakulty FEKT VUT Brno (pro žáky SŠ) a studenty VŠ FEKT VUT 1. ročníku ZS.

Práce se zabývá historií, popisem a vysvětlením základních pojmů spojených s expertními systémy. Je zde popsáno, jak jsme získávali data, pro naši bázi znalostí, jaké problémy se vyskytli při sestavování otázek, které báze klade uživateli. Současně je zde popsán postup jak jsme danou bázi ladili.

Expertní systém postupně klade otázky tak, jak jsou zadány v bázi znalostí. Během konzultace uživatel systému vidí průběžné výsledky na jaký obor jeho odpovědi vedou. U každé otázky je i obrázek, který slouží pro lepší pochopení a představení si položené otázky.

V průběhu a po skončení konzultace je zobrazen seznam jednotlivých oborů i s procentním ohodnocením podle toho, jak uživatel odpovídal na kladené dotazy. Pro přehlednost expertní systém ještě poskytne výsledek v grafické podobě a to ve sloupcovém grafu.

Doporučením pro expertní systém NPS32 je, aby v průběhu konzultace nebyly zobrazeny dílčí výsledky, ale až závěrečná hypotéza. Důvodem je, že by průběžné výsledky mohli ovlivnit budoucí uživateli odpovědi na další kladené otázky.

6. LITERATURA

- [Aut07] Autor neznámý. *Expertní systém* [online]. Aktualizace 2007-11-28 [cit.2007-12-11]. Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Expertn%C3%AD_syst%C3%A9m
- [Ber98] BERKA, P., kolektiv. *Expertní systémy*. Praha: VŠE, 1998. 160 s.
- [Cie07] CIESLAR, M., *Expertní systém pro výběr oboru*. Bakalářská práce. Brno: VUT, FEKT, 2008. 35 s.
- [JH04] JIRSÍK, V., HONZÍK, P. *Moderní prostředky v automatizaci*. Brno: VUT, aktualizace 2004-10-01, [cit. 2007-11-05].
<http://www.feec.vutbr.cz/et/index.php?obor=B-AMT>
- [KP94] KEPKA, J., PSUTKA, J. *Umělá inteligence-Expertní systémy I. díl*. Plzeň: ZČU Plzeň, 1994. 113 s.
- [MZ84] MAŘÍK, V., ZDRÁHAL, Z., kolektiv *Expertní systémy: principy, realizace, využití*. Praha: ČSVTS, 1984. 215 s.
- [Npp] Návod k použití programu NPS32 v přiloženém souboru
[nps32_popis.pdf](#)
- [Oam07] Obor Automatizační a měřicí technika, aktualizace 2007-06-05, [cit. 2007-12-15].
http://www.feec.vutbr.cz/studium/stud_plany/stud_plan_B_2007-cz_2.html
- [Obt07] Obor Biomedicínká technika a bioinformatika, aktualizace 2007-02-26, [cit. 2007-12-15].
http://www.feec.vutbr.cz/studium/stud_plany/stud_plan_A_200-cz_1.html

- [Oes07] Obor Elektronika a sdělovací technika, aktualizace 2007-06-05, [cit. 2007-12-15].
http://www.feec.vutbr.cz/studium/stud_plany/stud_plan_B_2007-cz_3.html
- [Omt07] Obor Mikroelektronika a technologie, aktualizace 2007-06-05, [cit. 2007-12-15].
http://www.feec.vutbr.cz/studium/stud_plany/stud_plan_B_2007-cz_4.html
- [OP97] OLEJ, V., PETR, P. *Expertní systémy*. Pardubice: 1997. 266 s.
- [Ose07] Obor Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika, aktualizace 2007-06-05, [cit. 2007-12-15].
http://www.feec.vutbr.cz/studium/stud_plany/stud_plan_B_2007-cz_5.html
- [Ote07] Obor Teleinformatika, aktualizace 2007-06-05, [cit. 2007-12-15].
http://www.feec.vutbr.cz/studium/stud_plany/stud_plan_B_2007-cz_6.html
- [Psp07] Prezentace studijních programů, aktualizace 2007, [cit. 2007-12-15].
<http://www.feec.vutbr.cz/prezentace/index.php.cz>
- [Tho06] THON, M. *Expertní systémy* [online]. Aktualizace 2006-02-01 [cit. 2007-11-15].
<http://milost.wz.cz/umi/referat/index.html>