

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

Fakulta strojní

obor 23 - 40 - 8

**Automatizované systémy řízení výrobních procesů
ve strojírenství**

Miroslava Kabeláčová

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



314607544

**Použití expertného systému FEL - EXPERT k určování
příčin chyb při potisku sítotiskem**

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Věra Drozdová

Konsultant: Ing. Evžen Šanc

Rozsah práce: 58

Počet stran: 76

Počet obrázků: 9

Počet příloh: 3

Fakulta strojní

Katedra **technické kybernetiky**

Školní rok: **1993/94**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro **Miroslavu KABELÁČOVOU**

obor **23-40-8 Automatizované systémy řízení výrobních procesů
ve strojírenství**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu:

Použití expertního systému FEL-EXPERT k určování příčin chyb při potisku síťotiskem

Zásady pro vypracování:

- 1) Seznamte se s problematikou expertních systémů
- 2) Prostudujte uživatelskou příručku prázdného expertního systému FEL-EXPERT verze 2.9 a 3.1 pro osobní počítač
- 3) Prostudujte literaturu zabývající se potiskem trojrozměrných výrobků síťotiskem
- 4) Navrhněte bázi znalostí pro FEL-EXPERT týkající se určování příčin chyb při potiskování výrobků z polyolefinů (PE, PP) síťotiskem
- 5) Odleďte bázi znalostí, ověřte ji na reálných datech a posuďte možnosti jejího dalšího rozšíření

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: přibližně 50 stran

Seznam odborné literatury:

- /1/ Brzobohatá, J.: Použití expertního systému FEL-EXPERT k identifikaci textilního vlákna. Diplomová práce VSST, Liberec 1993
- /2/ Büchel, H.-Sohnius, H.: Siebdruck-Digest. Verlag Der Siebdruck, Lübeck 1992
- /3/ Kelemen, J.-Popper, M.: Expertné systémy. ALFA, Bratislava 1989
- /4/ Mařík, V.-Vlček, T.-Zdráhal, Z.: Expertní systémy FEL-Expert verze 2.9 a 3.1. Výzkumná zpráva ČVUT, Praha 1990
- /5/ Šanc, R.: Zavedení potiskování přepravek Coca-cola sítotiskem. Technická zpráva, Plastimat, Liberec 1991

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Věra Drozdová

Konzultant: Ing. Evžen Šanc (katedra balicích a polygrafických strojů)

Zadání diplomové práce: 31.10.1993

Termín odevzdání diplomové práce: 27. 5.1994



Vedoucí katedry

Doc. Ing. Vojtěch Konopa, CSc.

Děkan

Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.

V Liberci

dne 29.10. 1993

Místopřísečně prohlašuji, že jsem diplomovou
práci vypracovala samostatně s použitím uvedené
literatury.

V Liberci dne 27. 5. 1994

Miroslava Kabeláčová

Miroslava Kabeláčová

OBSAH

	str.č.
1. Úvod	8
2. Expertní systémy	9
2.1 Expertní systémy	9
2.2 Architektura a činnost expertních systémů . .	10
2.3 Aplikace expertních systémů	14
2.4 Prázdné a problémově orientované expertní systémy	16
2.5 Expertní systémy ve strojírenství	17
 3. Fel - expert verze 2.9 a 3.1.	 19
3.1 Fel - expert verze 2.9	19
3.2 Báze znalostí	20
3.3 Syntaktický popis báze znalostí	23
3.4 Sestavení báze znalostí	25
3.5 Subjektivní Bayesovské metody práce s neurčitostí	27
3.6 Strategie činnosti systému Fel - expert 2.9 . .	35
3.6.1 Chování systému	35
3.6.2 Výběr dotazu	36
3.6.3 Komunikace se systémem	37
3.7 Fel - expert verze 3.1	38

4. Analýza zadaného problému	39
4.1 Průmyslový síťotisk	39
4.2 Problematika potisku trojrozměrných výrobků z plastů	40
5. Tvorba báze znalostí	50
6. Parametry báze znalostí	54
7. Závěr	55
8. Seznam použité literatury	57
9. Seznam příloh	57

1. ÚVOD

Dnešní počítače svou věcností a přesností demonstrují vysokou vědeckou a technickou úroveň našich dob. Vznik, vývoj a vědecký výzkum počítačů má za následek zrod mnohých pohledů na klasické oblasti lidské činnosti. Především je to založené na operační rychlosti a paměťové kapacitě počítačů a díky tomu lze řešit úlohy, které by se bez jejich použití, vzhledem k časovému, lidskému a ekonomickému ohraničení nedaly řešit. S tím je úzce spjat rozvoj výrobních, hospodářských a vědeckých odvětví.

Ve vývoji technických a programových prostředků a v souladu s aplikačními požadavky došlo k výraznému řešení obsahové náplně úloh řešených počítačem. Rozvinuly se mnohé metody řešení numerických úloh narůstajícího rozsahu a složitosti, algoritmického zpracování symbolických údajů, informačních systémů a systémů pracujících s rozsáhlými bázemi údajů. Ke kvalitativně novým vývojovým trendům dochází v důsledku rozvoje umělé inteligence a robotizace.

Charakteristickým pro tento trend jsou úlohy zpracování a interpretace informací, jejichž nositeli jsou výrazové prostředky přirozeného jazyka, zpracování a interpretace obrazových informací a využívání heuristických metod řešení problémů. Díky umělé inteligenci lze současnou etapu využití počítačů charakterizovat jako etapu přechodu od zpracování údajů ke zpracování poznatků.

Součástí expertního systému je možnost vysvětlit a zdůvodnit řešící postupy na základě znalostí. Je to významná vlastnost, která umožňuje uživateli posoudit úroveň expertízy a na základě toho se ztotožnit s jeho řešením, modifikovat ho nebo ho odmítnout. Tato přizpůsobivost spočívá ve schopnosti expertního systému odpovídat otázky např: proč?, jak?, co by bylo kdyby ?, co když není ? a další, a tím umožňuje udělat jeho činnost transparentní.

Cílem expertních systémů je řešit na počítači některé úlohy modelování lidského uvažování. Jde především o dosažení co nejlepších odezev systému na reálná data. Aplikace těchto systémů se nabízí především při diagnostice, plánování i při technických aplikacích či v jiných oborech.

Tato práce se zabývá použitím expertního systému FEL - EXPERT verze 3.1 pro zjišťování příčin chyb při potisku sítotiskem.

2. Expertní systémy

2.1 Expertní systémy

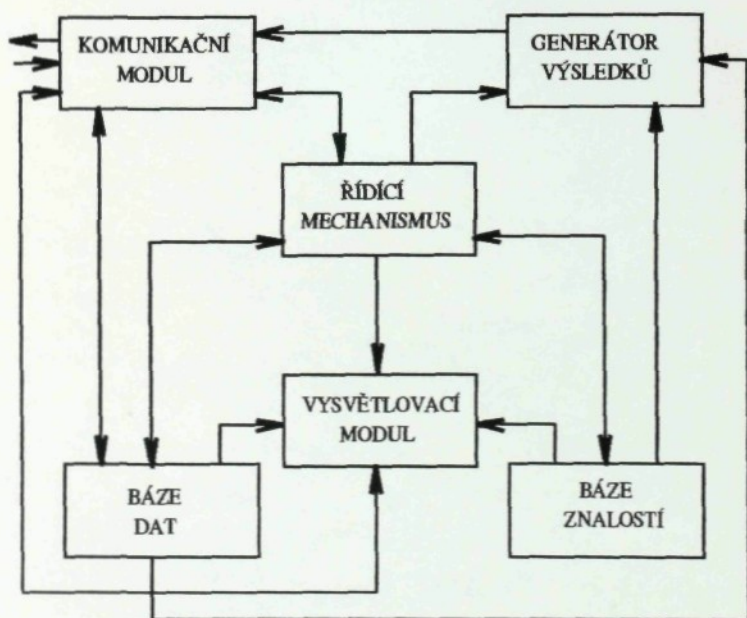
Expertní systémy jsou programy pro řešení takových úloh, které jsou všeobecně považovány za obtížné a jejichž řešení může provést pouze specialista v daném oboru - expert. Tyto programy jsou vybaveny znalostmi experta z dané oblasti a jsou schopny poskytnout velmi rychle kvalitní rozhodnutí. Tyto programy, které umožňují řešit problémy nedeterministicky, nazýváme "*znalostními systémy*".

Expertní systém lze charakterizovat jako počítačový systém hledající řešení problému v rozsahu určitého souboru tvrzení nebo jistého seskupení znalostí, které byly formulované experty pro danou specifickou aplikační oblast. Je to systém vybavený znalostmi odborníka (experta) ze specifické oblasti, v rozsahu kterých je schopen učinit rozhodnutí srovnatelné s nejméně průměrným specialistou.

Intelligentní chování programů realizujících expertní systém je podmíněno nejen všeobecnými, ale také specifickými a odbornými znalostmi. Znalosti nashromážděné a kodifikované v expertním systému tvoří nejdůležitější složku. Soustava symbolů prezentovaných znalostí a metod jejich využívání tvoří jádro systému. Jádro je zase tvořeno explicitně formulovanými poznatky, jejichž vzájemné vazby, struktura a členění jsou zároveň nositeli zřejmých nebo odvoditelných implicitních znalostí.

2.2 Architektura a činnost expertních systémů

Expertní systém je realizovaný soustavou kooperujících programů, jejichž činnost se opírá o specifické údajové struktury. Jednotlivé programové celky této soustavy jsou prvky funkčně vymezených a svým posláním odlišných modulů. Způsoby aktivace jednotlivých modulů a způsoby předávání řízení mezi nimi, jsou určeny jejich posláním, vzájemnými funkčními vztahy a vazbami na údajové struktury, které ovlivňují jejich činnost. Vzájemné vazby mezi všemi složkami expertního systému jsou uvedeny na obr. 1.



obr.1

V každém expertním systému je možné rozlišit tři základní složky, které tvoří jeho minimální konfiguraci.

Jsou to :

- řídicí (odvozovací, inferenční) mechanismus ,
- báze znalostí,
- báze dat.

Inferenční mechanismus je tvořen systémem kooperujících programů, které zabezpečují procedurální složku činnosti expertního systému. S využitím báze dat a báze znalostí upravuje po každé odpovědi uživatele aktuální model konsultovaného případu. Je také odpovědný za výběr dotazu, od jehož odpovědi očekává největší přínos k upřesnění aktuálního modelu a za jeho úpravu po obdržení odpovědi.

Báze znalostí a báze dat jsou deklarativní složkou expertního systému, jsou tvořeny pasivními údajovými strukturami. Báze znalostí a báze dat jsou separovány od inferenčního mechanismu, přitom však nemusí být bezpodmínečně vždy oddělené. Báze dat může být tvořena jak přímými odpověďmi uživatele nebo hodnotami automaticky odečítanými z měřících přístrojů. Data jsou obvykle využívána sekvenčně a jsou poskytována uživatelem v dialogovém režimu.

Báze znalostí popisuje odborné znalosti z dané odlasti a zaručuje konkrétní tvar rozhodovacích pravidel typu :

sitace S → akce A.

Orientovaný graf je definován bází znalostí, která je reprezentována množinou produkčních pravidel. Graf se nazývá inferenční síť. Podrobněji bude o bázi znalostí pojednáno v kapitole 3.

Expertní systém kromě základních složek obsahuje ještě další tři přídatné složky (viz. obr 1):

- **komunikační modul** = zajišťuje interaci mezi uživatelem a expertním systémem,
- **vysvětlovací modul** = vysvětluje a zdůvodňuje stav, průběh a výsledky řešení problému,
- **generátor výsledků** = sestavuje dílčí výsledky do integrálního a oddůvodnitelného celku v požadovaném a srozumitelném stavu.

Podrobněji vysvětlení struktury a činnosti těchto modulů viz lit /1/.

Důležitým prvkem při tvorbě expertních systémů je výběr vhodné reprezentace znalostí. Vzhledem k důležitosti existují tyto základní způsoby této reprezentace :

- **rámcová reprezentace**, kde rámce jsou datové struktury pro stereotypní situace. Každý rámec má pevnou a proměnnou část. Pevná část popisuje stále se vyskytující fakta a proměnná část popisu je jedinečné skutečnosti.

- jazyk predikátové logiky prvního řádu je teoreticky nejlépe propracovaným a dostatečně obecným prostředkem k reprezentaci znalostí, umožňuje pohlížet na struktury jako na deklarativní tvrzení.
- produkční systémy tvoří formalismus reprezentace velkého množství znalostí.

Nejčastěji se používá posledního z uvedených způsobů. Základním pojmem v oblasti produkčních systémů je pojem produkční pravidlo, pomocí nichž jsou vyjádřeny znalosti. Každé pravidlo lze rozdělit na dvě části:

- podmínka, *předpoklad* (situace)
- závěr, *důsledek* (akce)

Pravidlo lze schématicky zapsat jako strukturu:

předpoklad P $\longrightarrow$ *důsledek D*

V případě produkčních pravidel v expertních systémech je důsledek platný jen tehdy, je-li splněn předpoklad. Platnost důsledku každého pravidla závisí na míře jistoty splnění předpokladu a na míře platnosti. Mají-li být aplikována v dané posloupnosti, musí poslední pravidlo vytvořit podmínky pro aplikování následného. Podrobnější popis této práce s neurčitostmi viz kapitola 3.

2.3 Aplikace expertních systémů

Předpokladem řešení problému expertním systémem je kognitivní povaha řešení. Znamená to, že se řešení uskutečňuje úvahou, v případě počítače úvahou odpovídající symbolové manipulaci. Řešení vyžaduje situační a heuristické postupy podepřené znalostmi. Heuristiky lze velmi často vyjádřit kvantitativně. Pomocí ohodnocovací funkce jsou pro expanzi vybírány nejnadějnější uzly a neprohledávají se cesty, které nevedou k cíli. Heuristická funkce je zcela závislá na vlastnostech dané úlohy a neexistuje obecný předpis na její skonstruování. Jelikož heuristiky nezaručují vždy optimální řešení, musí se specialista opírat o své znalosti reprezentované jak formálními zákonitostmi, tak i heuristikami.

Problémy vhodné pro řešení expertními systémy patří ve velké většině případů alespoň do jedné z následujících kategorií:

- **Interpretace** - rozpoznání situace z údajů, které ji popisují,
- **Predikace** - odvozování očekávaných důsledků dané situace,
- **Diagnostika** - určení stavu (poruchy, poškození, onemocnění) objektu z pozorovatelných (dostupných) projevů jeho chybného chování,
- **Konstrukce** - výběr a sestavení objektů do funkčního celku za daných omezujících podmínek,
- **Plánování** - sestavení správné posloupnosti akcí za účelem dosažení požadovaného cíle,

- **Monitorování** - sledování a pozorování údajů odpovídajících určitému stavu za účelem zjištění a odstranění odchylek od očekávaného stavu,
- **Ladění a opravování** - výběr, sestavení a provedení posloupnosti akcí odstraňující odchylky nebo chybné stavy,
- **Učení** - diagnostikování, ladění a upravování vědomostí studenta,
- **Rady** - interpretování, predikace, monitorování a opravy činnosti systému.

Uvedené kategorie problémů lze z jiného hlediska rozdělit na analytické a syntetické. Do kategorie problémů analytických patří problém, pokud jeho řešení spočívá v rozpoznání již předem specifikované, tedy i popsané entity na základě dostupných údajů. Typickým pro tuto kategorii je např. identifikace chemické látky nebo medicínská diagnostika. Do kategorie problémů syntetických patří problém, když na základě daných údajů a omezujících podmínek má jeho řešení vyústit do sestrojené zatím neznámé entity složené z prvků, které jsou známé. Typickým pro tuto kategorii jsou úlohy z konstrukce a plánování.

Z celé řady expertních systémů uvedeme alespoň ty nejznámější, které ovlivnily vývoj dalších systémů:

DENDRAL (1971) - slouží k interpretaci hmotových spektrogramů (k chemické identifikaci vzorků neznámé látky),

- MYCIN (1975) -** ES pro diagnostiku a návrh terapie infekčních onemocnění krve,
- PROSPECTOR (1981) -** je určen k vyhledávání ložisek nerostných surovin,
- ROMAD -** (kategorie *DIAGNOSTIKA*) ES určený k diagnostice rotujících subsystémů,
- SIMKIT -** (kateg. *MODELOVÁNÍ A SIMULACE*) je určen pro tvorbu simulačních modelů, které jsou založeny nikoli na popisu objektu, ale na expertních znalostech o jeho chování,
- PICON -** (kategorie *MONITOROVÁNÍ*) je určen pro řízení komplikovaných procesů v reálném čase,
- CELL DESIGN AID -** (kateg. *KONSTRUOVÁNÍ, PREDIKACE, PLÁNOVÁNÍ*) výchozím stavem pro tento ES je seznam produktů, které se mají vyrábět.

2.4 Prázdné a problémově orientované expertní systémy

V průběhu vývoje expertních systémů došlo k difenciaci z hlediska obecnosti. Rozlišujeme systémy:

- **problémově orientované** - patří do expertních systémů již dříve vyvíjených (MYCIN, PROSPECTOR) a byly vybaveny reprezentací znalostí a řídícím mechanismem pro řešení úloh pouze v jisté problémové oblasti,

- **prázdné systémy** - jsou to problémově nezávislé systémy bez báze znalostí a až při následným doplnění vytvářejí aplikaci,
- **obecné nástroje** - jsou to jednoúčelové programovací jazyky, které umožňují uživateli vytvořit si vlastní prázdný (následně problémově orientovaný) expertní systém , včetně vlastní reprezentace znalostí a řídicí strategie,
- **hotové (uzavřené) aplikace systémů** jsou expertní aplikace a báze znalostí pro stále a často se opakující úlohy.

2.5 Expertní systém ve strojírenství

Použití expertních systémů v technických oborech a především v systémech počítačové podpory inženýrské práce je však spíše považováno za pokusnou novinku oproti ostatním osvědčeným postupům inženýrské práce , než za osvědčenou metodu řešení opakujících se typických úloh.

První skupina aplikací expertního systému je ve vlastním procesu vytváření nového projektu např:

- projektování,
- konstruování,
- technologie atd.

Druhá skupina aplikací expertních systémů se týká znalostí o metodách řešení inženýrských úloh. Specialisty je vytvořena

skupina výpočetních postupů např:

- optimalizace,
- pevnostní výpočet atd.

Další velkou oblastí v této skupině může být celkové řízení postupu vytváření objektu, kdy dílčí úspěch či neúspěch mají zákonitý charakter a mohou být systematicky využívány např:

- volba postupu výpočtu,
- konstruování,
- varianty vytváření objektu.

Třetí skupina aplikací vychází z použití expertních systémů jako vhodného softwarového nástroje pro tvorbu programových děl se složitým zadáním. Příkladem takovéto aplikace je např:

- dynamická databáze pro PPIP,
- realizace příkazového jazyka,
- flexibilní dialogový systém,
- realizace průvodce systémem programů apod.

Metody umělé inteligence se uplatňují při řešení stále širšího okruhu úloh. Avšak metody umělé inteligence nejsou ještě po stránce inženýrské dostatečně zajištěny.

3. Fel - expert verze 2.9 a 3.1

3.1 Fel - expert verze 2.9

Systémy řady FEL- EXPERT jsou systémy založené na reprezentaci znalostí ve formě pravidel. Jsou určeny k řešení úloh diagnostického charakteru.

Úlohou diagnostických expertních systémů je provádět efektivní interpretaci dat s cílem určit, která z hypotéz z předem určené množiny cílových hypotéz nejlépe koresponduje s reálnými daty, týkajícími se daného konkrétního případu. U diagnostických systémů řešení případu probíhá formou postupného ohodnocování a přehodnocování dílčích a cílových hypotéz v rámci pevně daného vnitřního modelu řešeného problému, který je zadán expertem.

Jádrem expertního systému je odvozovací mechanismus, který s využitím báze znalostí a báze dat po každé odpovědi z báze dat upřesňuje aktuální model konsultovaného případu. Řídící mechanismus je odpovědný za výběr dotazu, od jehož zodpovězení se očekává největší přínos k upřesnění aktuálního modelu a jeho úpravu po odpovědi.

Aktuální model řešeného případu je reprezentací současného stavu řešené úlohy a může se měnit dvěma způsoby :

- přidáním dalšího údaje do báze dat
- odvození nového poznatku či jeho upřesnění

Jestliže o konkrétním případě nevíme skoro nic, odpovídá aktuální model pouze apriorním představám. Jestliže získáme konkrétní data o daném případě, jsou tyto představy modifikovány, aby odpovídaly konkrétnímu řešenému problému.

Systémy řady FEL - EXPERT jsou naprogramovány v jazyce TurboPascal, vznikl rozšířením a zdokonalením systému Fel - expert na ČVÚT v Praze na elektrotechnické fakultě. Jedná se o prázdný expertní systém, jehož problémová orientace je určena použitou bází znalostí. Splňují všechny požadavky kladené na diagnostické expertní systémy určené pro počítače.

To umožňuje :

- pracovat s neurčitými znalostmi v bázi znalostí,
- pracovat s neurčitostí v odpovědích uživatele (míru důvěry lze vyjadřovat pomocí celých čísel v intervalu -5 až +5)
- klást dotazy, vyžadující kvantitativní odpověď a zpracovávat je,
- získávat informace o způsobu uvažování systému , ovlivňovat pořadí vyšetřování cílů, atd.

3.2 Báze znalostí

Základem báze znalostí je reprezentace znalostí pomocí pravidel typu $E \rightarrow H$. Je-li pravdivé tvrzení E , je pravdivé i tvrzení H . Situační část pravidla bude splněna, pokud

je v bázi dat nalezeno nějaké tvrzení **E**, akční část potom znamená zápis jiného tvrzení **H**.

Z reprezentace znalostí vyplývá, že situační a akční části pravidel mají stejný tvar. Jedno tvrzení může tedy vystupovat v některých pravidlech jako hypotéza **H**, a v jiných jako předpoklad **E**. Pak můžeme bázi znalostí definovat pravidly typu **E**→**H** reprezentovanou orientovaným grafem a to tak, že každému tvrzení odpovídá uzel a každému pravidlu orientovaná hrana. Orientovaný graf můžeme nazývat inferenční sítí.

V inferenční síti lze obvykle nalézt uzly tří typů :

- 1) vrcholové uzly - jsou to uzly, z nichž nevede žádná orientovaná hrana, reprezentují vrcholové hypotézy,
- 2) listové uzly - do těchto uzlů nevede žádná orientovaná hrana, reprezentují listová tvrzení,
- 3) mezilehlé uzly - nejsou ani vrcholovými ani listovými, reprezentují mezilehlá tvrzení, která mohou být dotazována z listových nebo hierarchicky níže umístěných tvrzení.

Tvrzení, která mají být v průběhu konsultace potvrzena či vyvrácena, se nazývají cílovými hypotézami. Každý uzel může být buď dotazovatelný nebo nedotazovatelný. Je možné používat dvou typů kvantitativních uzlů. Od kvantitativních uzlů se v průběhu konsultace vyžaduje od uživatele kvantifikace příslušného tvrzení. Jsou určeny ke zpracování dvou typů odpovědí :

- 1) **TYP Q** : Odpověď uživatele se skládá z udání číselného intervalu a míry jistoty, že skutečná hodnota x leží v intervalu (x_1, x_2) .
- 2) **TYP S** : Odpověď uživatele je přesná hodnota x a to bez udání míry jistoty, neboť lze při exaktní odpovědi očekávat naprostou jistotu.

Kvantitativní uzly mohou být dvojího druhu :

- 1) **Q - uzly** : Vyžadují odpovědi uživatele formou číselného intervalu a míry jistoty,
- 2) **S - uzly** : Vyžadují odpověď uživatele v podobě jedné přesné numerické hodnoty .

Druhou skupinou jsou nekvantitativní uzly, u kterých se v průběhu konsultace ověřuje platnost příslušného tvrzení. Podle způsobu výpočtu aposteriorní pravděpodobnosti uzlu dělíme uzly na :

- a) **uzly logické AND, OR a NOT**, které vyjadřují logickou funkci dílčích tvrzení,
- b) **uzly Bayesovského typu** - aposteriorní pravděpodobnost je počítána dle Bayesovských vztahů.

V bázi znalostí je každé elementární tvrzení reprezentováno uzlem sítě. Pravidla typu **E - H** se znázorňují orientovanou hranou v grafu inferenční sítě. Při užití kvantitativních uzlů mohou být **Q** a **S** uzly pouze listovými, dotazovatelnými a necílovými. V pravidlech typu **E - H**, kde **E** je kvantitativní uzel, může být uzlem **H** jen nekvantitativní Bayesovský uzel.

Ke každému pravidlu jsou přiřazeny dvě pevné míry, které zadává expert, jsou to míra postačitelnosti a míra nezbytnosti. Tyto míry vyjadřují "sílu" pravidla a slouží k přepočtu pravděpodobnosti závěru v etapě šíření informace od listů směrem k vrcholovým hypotézám.

3.3 Syntaktický popis báze znalostí

Syntaktický popis reprezentace báze znalostí je vyjádřen pomocí Backus - Naurovy formy (viz lit. / 3 /).

Zápis báze znalostí se skládá ze tří částí a to :

- zápis uzlů inferenční sítě,
- zápis pravidel $E \rightarrow H$,
- zápis řídících vazeb.

Ke každému uzlu sítě je přiřazena doplňková informace a to :

- typ a jméno uzlu,
- text příslušného tvrzení.
- **ke nekvantitativnímu Bayesovskému či logickému uzlu**
 - apriorní pravděpodobnost **P** tvrzení, reprezentovaná relativní četností
 - informace o umístění uzlu v inferenční síti
 - informace o datazovatelnosti uzlu atd.
- **ke Q - uzlu**
 - informace o rozdělení stupnice číselných hodnot x na disjunktivní intervaly (počet intervalů)

-distribuční funkce apriorní pravděpodobnosti
uzlu, ve tvaru "schodovité" funkce

- **k S - uzlu**

- informace o rozdělení stupnice číselných
hodnot x na disjunktivní intervaly
-text příslušného tvrzení

Z hlediska reprezentace neurčitostí se v inferenční síti
mohou vyskytovat pravidla typu **E - H** ve čtyřech variantách :

1) nekvantitativní uzel - Bayesovský uzel

K hraně, reprezentující dané pravidlo jsou přiřazeny dvě
expertem určené subjektivní míry, a to míra postačitelnosti
pravidla, vyjádřená přímo měrou L nebo pomocí podmíněné
pravděpodobnosti $P(H/E)$, a míra nezbytnosti pravidla,
vyjádřená buď mírou $\bar{L}$ nebo pomocí podmíněné
pravděpodobnosti $P(H/E)$.

2) nekvantitativní uzel - logický uzel

K hraně, reprezentující dané pravidlo není přiřazena
žádná míra neurčitosti.

3) Q - uzel - nekvantitativní Bayesovský uzel

Pravidlo tohoto typu vyžaduje vyjádření závislosti buď
 $L(x)$ nebo $P(H/E, x)$ na x a to jako po částech konstantní
nespojité funkce. Zvolené intervaly jsou specifikovány v zápise
příslušného *Q - uzlu*.

4) S uzel - nekvantitativní Bayesovský uzel

Pravidlo tohoto typu vyžaduje vyjádření závislosti buď $L(x)$ nebo $P(H/E, x)$ na x jako po částech lineární, spojitě funkce. Tato funkce je v zápise vazby specifikována hodnotami L .

V bázi znalostí se používá tzv. *řídící kontextová vazba*, která je graficky znázorněna orientovanou čárkovanou hranou. Užívají se k ovlivňování pořadí vyšetřování jednotlivých uzlů, tj. tam, kde vyšetření některého uzlu musí předcházet vyšetření jiného uzlu.

3.4 Sestavení báze znalostí

Tvorba báze znalostí je složitý, dlouhodobý proces, ve kterém musí spolupracovat znalostní inženýr, důkladně ovládající expertní systém a expert ve zvolené problemové oblasti. Tvorba kvalitní báze znalostí obvykle vyžaduje sérii pracovních setkání znalostního inženýra a experta. Na tato setkání se musí všichni důkladně připravovat.

Proces tvorby báze znalostí lze rozdělit do pěti etap:

- I) Posouzení problematiky a formulace požadavku a cíle nasazení expertního systému.
- II) Formulace pravidel a řídících vazeb
- III) Ohodnocení uzlů a hran inferenční sítě expertem
- IV) Implementace báze znalostí
- V) Ladění báze znalostí

ad I)

Každému procesu tvorby báze znalostí musí předcházet důkladný rozbor úlohy, která má být řešena. Znalostní inženýr a expert musí na konci I. etapy jasně formulovat cílové hypotézy.

ad II)

Expert uvádí pravidla, která užívá při rozhodování a inženýr se je snaží přeformulovat do tvaru produkčních pravidel s eventuelním použitím logických operací. Znalostní inženýr a expert společně vytvářejí inferenční síť, nejlépe v grafické podobě. U správně sestavené sítě většinou platí, že čím více má úrovní a čím větší počet řídících vazeb využívá, tím je efektivnější.

ad III)

Po vytvoření inferenční sítě je třeba ohodnotit uzly a hrany této sítě. Apriorní pravděpodobnosti uzlů se obvykle kladou rovny relativní četnosti jevů, které příslušná tvrzení popisují. Tam, kde je to možné - zvláště u cílových hypotéz - je vhodné použít statistické hodnoty. Při odhadování podmíněných pravděpodobností se musí brát v úvahu velikost apriorní pravděpodobnosti $P(H)$. V případě, že $P(H)$ je reletivně malá, je nutno dát pozor na to, aby nedošlo k přecenění pravidla.

ad IV)

Báze znalostí je zakódována do podoby, akceptovatelné expertním systémem.

ad V)

Sestavenou bázi znalostí je třeba ladit. Při ladění se sleduje, zda expertní systém naklade nevhodné a nesmyslné otázky a zda je pořadí otázek přirozené. Expert posoudí průběh každé konsultace s nevyhovujícím závěrem. Zvyšování počtu pravidel při prakticky se neměním počtu uzlů je typickým původním jevem pozdnějších fází ladění báze. V případě, že se systém dotázel na všechna podstatná tvrzení, a přesto je závěr nesprávný, je chyba v ohodnocení pravidla. Chybná ohodnocení pravidel se opravují tak dlouho, až jsou závěry systému shodné se závěry experta. Tvorba báze znalostí se ukončí otestováním expertního systému na většině reálných případů, pokud je takovýto soubor dostupný.

3.5 Subjektivní Bayesovské práce s neurčitostí

Model práce s neurčitostmi u systému FEL - EXPERT ideově vychází z modelu, použitého u systému PROSPECTOR. Oceňuje neurčitosti pomocí měr platnosti, které chápe a zpracovává jako pravděpodobnosti.

Předpokládejme, že evidence E nabývá pouze logických hodnot, je dáno pravidlo tvaru $E \Rightarrow H$, resp. *if E then H*, a že bylo zjištěno, že E je pravdivý výraz. Podle Bayesova vztahu můžeme psát :

$$P(H/E) = \frac{P(E/H) \cdot P(H)}{P(E)} \quad / 1 /$$

kde $P(E)$ a $P(H)$ jsou apriorní pravděpodobnosti *předpokladu* E resp. *hypotézy* H . Podobně pro negaci platí

$$P(H/E) = \frac{P(E/H) \cdot P(H)}{P(E)} \quad / 2 /$$

Dělením / 1 / a / 2 / rovnice dostaneme :

$$\frac{P(H/E)}{P(H/E)} = \frac{P(E/H) \cdot P(H)}{P(E/H) \cdot P(H)} \quad / 3 /$$

Pravděpodobnostní poměry označíme

$$O(H) = \frac{P(H)}{P(H)} = \frac{P(H)}{1 - P(H)} \quad / 4 /$$

$$O(H/E) = \frac{P(H/E)}{P(H/E)} = \frac{P(H/E)}{1 - P(H/E)} \quad / 5 /$$

$$L = \frac{P(E/H)}{P(E/H)} \quad / 6 /$$

potom můžeme psát

$$O(H/E) = L \cdot O(H) \quad / 7 /$$

Kde L nazýváme mírou postačitelnosti,

$O(H)$ je apriorní pravděpodobnostní poměr,

$O(H/E)$ je aposteriorní pravděpodobnostní poměr.

Rovnice / 7 / je poměrným tvarem Bayesova vztahu, a říká, že jestliže bylo zjištěno, že předpoklad E je pravdivý, získáme aposteriorní poměr $O(H/E)$ vynásobením apriorního poměru kdykoliv z poměru O dle vztahu

$$P = \frac{O}{O+1} \quad / 8 /$$

Míra postačitelnosti L je kvantitativním oceněním pravidla a zadává ji expert na základě svých odhadů (zkušeností). Velká hodnota L (tj. $L \gg 1$) říká, že splnění předpokladu E je postačitelé k přijetí hypotézy H (protože platnost E silně zvyšuje očekávání platnosti H ve prospěch hypotézy H).

Předpokládejme, že chceme aktualizovat poměr O za předpokladu, že E není splněno, tedy že chceme vypočítat $O(H/E)$. Snadno odvodíme analogický vztah

$$O(H/E) = L \cdot O(H) \quad / 9 /$$

kde L je míra nezbytnosti,

$$L = \frac{P(E/H)}{P(E/\bar{H})} \quad / 10 /$$

Míra nezbytnosti je též kvantitativním oceněním pravidla a také ji zadává expert. Malá hodnota L (tj. $L \ll 1$) říká, že pro platnost H je nezbytné splnit platnosti E (protože neplatnost E silně snižuje hodnotu očekávání platnosti H v neprospěch hypotézy H).

Čísla L a $\bar{L}$ jsou zcela nezávislá (ačkoli obě hodnoty zadává expert), platí mezi nimi závislost vyplývající ze vztahů / 6 / a / 10 /.

$$\bar{L} = \frac{1 - L \cdot P(E/H)}{1 - P(E+H)} \quad / 11 /$$

Vztahy / 7 / a / 9 / ukazují, jak aktualizovat poměr O , když předpoklad E má hodnotu pravda resp. nepravda, tedy jak v tomto případě použít jedno pravidlo. Příklad, kdy více předpokladů $E_1, E_2, \dots, E_n$ vede na stejnou hypotézu, je třeba tedy vytvořit metodu, jak kombinovat více pravidel. Vzhledem k logickým hodnotám předpokladu by bylo nejjednodušší vytvořit složený předpoklad $E = E_1 \& E_2 \& \dots \& E_n$ a použít ve vztazích / 7 / a / 9 / poměr

$$O = \frac{P(E_1 \& E_2 \dots \& E_n / H)}{P(E_1 \& E_2 \dots \& E_n / \bar{H})} \quad / 12 /$$

Avšak by to znamenalo, že kromě vah jednotlivých pravidel potřebujeme i váhy dvojic $E_i \& E_j$, trojic atd. Mějme n různých pravidel $E_i \rightarrow H$ ($i = 1, 2, \dots, n$), nechť předpoklady E_i nabývají logických hodnot. K i -tému pravidlu nechť je přiřazena míra postačitelnosti L_i a míra nezbytnosti $\bar{L}_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$). Za předpokladu statistické nezávislosti tvrzení $E_1, E_2, \dots, E_n$ platí pro aktualizaci pravděpodobnostních poměrů:

$$O(H / E_1, E_2, \dots, E_n) = L_1 \cdot L_2 \dots L_n \cdot O(H) \quad / 13 /$$

$$O(H / \bar{E}_1, \bar{E}_2, \dots, \bar{E}_n) = \bar{L}_1 \cdot \bar{L}_2 \dots \bar{L}_n \cdot O(H) \quad / 14 /$$

Předpoklad statistické nezávislosti obecně splněn není. Aby tomuto předpokladu skutečná báze znalostí alespoň přibližně vyhověla, doporučuje se dodržovat zásadu malého počtu pravidel se stejnou pravou stranou (rovněž se doporučuje malý počet pravidel se stejnou levou stranou). Všeobecně se doporučuje co nejvíce využít hierarchické strukturalizace znalostí. Uvedený popis neurčitostí vychází z logických hodnot evidencí, a proto nedovoluje řetězit dvě pravidla, protože z logických hodnot předpokladu dává pravděpodobnostní hodnotu hypotézy.

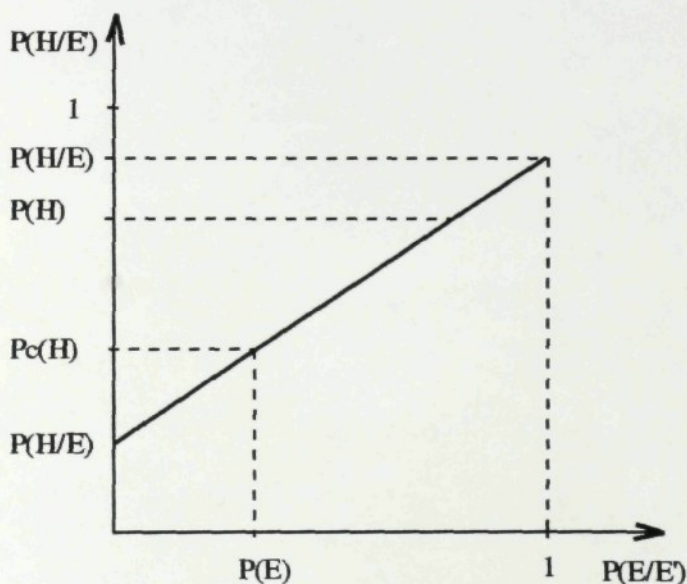
Nyní předpokládáme nejistotu ve vyhodnocení předpokladu pravidla. Například uživatel může říci: "Jsem si jist na 80 %, že předpoklad E je pravdivý." Tuto odpověď chápeme tak, že platí vztah $P(E/E') = 0.8$, kde E' je relevantní pozorování. Nejistota ve vyhodnocení předpokladu vyvolaná pozorováním reality způsobí, že místo $P(H/E)$ se bude počítat $P(H/E')$. Platí:

$$P(H/E') = P(H/E) P(E/E') + P(H/E) P(E/E) = \frac{P(H/E, E') P(E/E') + P(H/E, E) P(E/E)}{15}$$

Udělejme následující oprávněný předpoklad: Víme-li, že E je pravda nebo nepravda, pozorování E' nepřináší další informaci o H . Potom můžeme psát /15/ ve tvaru:

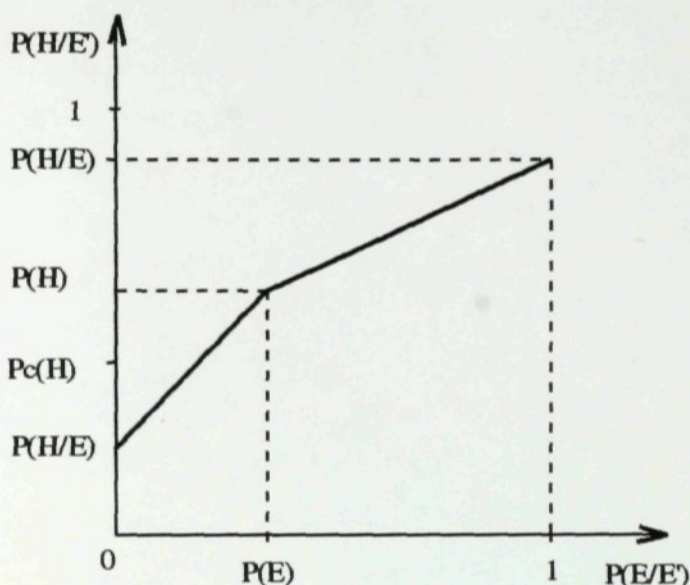
$$P(H/E') = P(H/E) P(H/E') + P(H/E) P(E/E') = \frac{P(H/E) + (P(H/E) - P(H/E)) P(E/E')}{16}$$

Vztah / 16 / vyjadřuje lineární závislost $P(H/E')$ na $P(E/E')$. Pokud expert bude zadávat hodnoty $P(H/E)$, $P(H/E)$, $P(H)$, $P(E)$ je přímka dle vztahu / 16 / přeúčtena a může dojít ke sporu. Kde $P(E)$ a $P(H)$ jsou apriorní hodnoty pravděpodobností. Závislost mezi $P(H/E')$ a $P(E/E')$ je znázorněna na obr. 2



obr.2

Přijmeme-li od experta hodnoty $P(H/E)$, $P(H/E)$ a $P(E)$ a dosadíme $P(E)$ za $P(E/E')$, nezískáme již zadanou hodnotu $P(E)$, ale nějakou jinou hodnotu $P_c(H)$. K odstranění tohoto sporu se přijímají různá řešení o částech lineárních aproximací rovnice / 16 /. Aproximace používané v systému Fel - expert (viz. obr. 3) se shoduje s původním řešením dle vztahu / 16 / ve třech bodech.



obr. 3

Pokud existuje více pravidel se stejnou pravou stranou a s uživatelskými pozorováními $E'_1, E'_2, \dots, E'_n$ platnost hypotézy (za předpokladu statistické nezávislosti $E'_1, E'_2, \dots, E'_n$) vztah podobný vztahu / 13 /

$$O(H/E'_1, E'_2, E'_3, \dots, E'_n) = L \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n \cdot O(H) \quad / 17 /$$

kde

$$L'_i = \frac{O(H/E'_i)}{O(H)} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad / 18 /$$

je tzv. *efektivní poměr pravidla*. Z hodnoty $O(H/E'_1, E'_2, \dots, E'_n)$ lze spočítat $P(H/E'_1, E'_2, \dots, E'_n)$.

Může se stát, že expert vytvoří pravidlo s neurčitostí, kde na levé straně je nějaká logická funkce dílčích výroků. Expert může navrhnout pravidla např. ve tvaru :

(A) *když platí E_1 , tak je hypotéza H posílena,*

(B) *když platí E_2 , tak je hypotéza H silně posílena,*

(C) *když platí $E_1 \ E_2$, tak je H silně oslabena.*

Aby bylo možné vyhodnotit pravidlo (C), je třeba stanovit, jak vyhodnocovat pravděpodobnost předpokladu ve tvaru logické funkce, jsou-li dány pravděpodobnosti dílčích výroků.

Jsou-li v nekategorickém pravidle na levé straně nějaké logické funkce dílčích tvrzení, používá model vztahy :

$$P (E_1 \& E_2) = \min (P (E_1), P (E_2))$$

$$P (E_1 \vee E_2) = \max (P (E_1), P (E_2))$$

$$P (E) \quad = 1 - P (\bar{E}) \quad \quad \quad / 19 /$$

Tuto metodu lze chápat jako pokus formalizovat nepřesné uvažování s využitím pojmů " *přesné* " matematiky.

3.6 Strategie činnosti systému FEL - EXPERT verze 2.9

3.6.1 Chování systému

Strategii systému FEL - EXPERT, realizovanou řídicím mechanismem, lze popsat následujícím způsobem :

- 1) V každém okamžiku je vždy vyšetřována jedna z cílových hypoéz. Na počátku konsultace vybírá systém cílovou hypotézu s největší apriorní pravděpodobností.
- 2) V dialogovém režimu se střídají dvě fáze činnosti systému :
 - a) Výběr a kladení ^{dotazu} uživateli: Podle strategie je vybírán uzel, od jehož zodpovězení uživatelem lze očekávat "nejhodnotnější" upřesnění modelu konsultovaného případu.
 - b) Šíření informace: Po odpovědi uživatele se propaguje informace od zodpovězeného uzlu k vrcholovým hypotézám podél přípustných cest v síti.
- 3) Konsultace může být přerušena na žádost uživatele pomocí některé z \$-direktiv. Uživatel přerušuje činnost, chce-li: vkládat dobrovolnou informaci, provádět inspekci vnitřního modelu, atd.
- 4) Konsultace je ukončená buď :
 - a) když v inferenční síti není již žádný expertem neblokovaný dotazovatelný uzel,
 - b) když aktuální hodnoty pravděpodobností všech

- vrcholových hypotéz leží mimo stanovený interval
vyšetřování nebo
c) na přání uživatele

3.6.2 Výběr dotazu

Nechť je vyšetřována jistá cílová hypotéza. Každý z bezprostředních předpokladů hypotézy je ohodnocen pomocí tzv. *skórovací funkce*.

K dalšímu vyšetřování je vybrán ten předpoklad, který dosud není vyšetřen a který má největší okamžitou hodnotu skórovací funkce.

Může nastat některá z následujících situací:

- a) Vybraný uzel U_v je dotazovatelný, není vázán kontextem a dosud nebyl zodpovězen. Pak je příslušná otázka položena uživateli.
- b) Vybraný uzel U_v je již zodpovězen nebo není dotazovatelný a není vázán kontextem. Pak se uzel U_v považuje za momentálně vyšetřevanou mezilehlou hypotézu, všechny jeho bezprostřední předpoklady jsou opět hodnoceny pomocí skórovací funkce a proces výběru stejným způsobem pokračuje.
- c) Vybraný uzel U_v není zodpovězen, je však vázán kontextem. V tomto případě dříve, než je zkoumána dotazovatelnost uzlu, je ověřeno splnění kontextu.

- c1) Jestliže je kontext splněn, pokračuje systém jako kdyby nebyl vázán kontextem,
- c2) Není-li kontext splněn, pokračuje hledání otázky od kontextového uzlu.

Nová fáze výběru a kladení otázky vychází vždy z momentálně vyšetřované cílové hypotézy.

3.6.3 *Komunikace se systémem*

Komunikace se systémem se provádí prostřednictvím jednoduchých příkazů. Na počátku konzultace musí uživatel zahájit práci systému zadáním jména souboru, do něhož se bude zaznamenávat protokol o konzultaci. Poté systém konstruuje vnitřní reprezentaci báze znalostí v operační paměti počítače a následuje otázka uživateli.

V případě, že se jedná o otázku vyžadující nekvantitativní odpověď, uživatel odpovídá některým z následujících znaků:

NE / -5 / -4 / -3 / -2 / -1 / 0 / +1 / +2 / +3 / +4 / +5 / YES

Odpověď (+5) znamená "určitě ano", (-4) téměř jistě ne, (0) nevím, atd. Tato čísla vyjadřují míru jistoty uživatele v pravdivost předpokládaného tvrzení. V případě, že se jedná o otázku vyžadující odpověď typu Q, udává uživatel počet intervalů a intervaly s mírou důvěry.

V případě, že se jedná o otázku vyžadující odpověď typu S, udává uživatel přesnou numerickou hodnotu.

Konsultace pokračuje až do okamžiku, kdy uživatel některou z \$-direktiv konzultaci přeruší, nebo až celá inferenční síť je vyšetřena. Během konzultace je uživatel veden pomocí komentářů, pokynů a rad, které se objevují na obrazovce. Výsledky se vypisují až když systém vyčerpá otázky či prostřednictvím \$-direktiv.

3.7 FEL - EXPERT verze 3.1

Expertní systém FEL EXPERT 3.1 vznikl z verze 2.9 doplněním systému komunikačním modulem **DatCom** a zdokonalením některých funkcí. Od systému verze 2.9 se liší rozšířenou syntaxí báze znalostí, rozšířenou reprezentací současného modelu, odlišnou strategií činnosti a rozšířeným vysvětlovacím modulem. Komunikační modul **DataCom** umožňuje dávkový režim práce. Systém s otázkami se neobrací k uživateli, ale na datový soubor. **DataCom** umožňuje expertnímu systému také vyvolání a spouštění jiných samostatných programů. Přenos informací mezi expertním systémem a programem je realizován prostřednictvím procedur **Execute** a **TransParam**.

V expertním systému Fel - expert verze 3.1 lze pracovat s bázemi znalostí vytvořenými ve verzi 2.9 bez syntaktických úprav. Strategie chování systému je shodná pro obě verze.

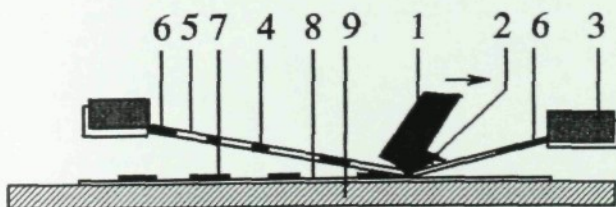
4. Analýza zadaného problému

4.1 Průmyslový sítotisk

Výklad dějin sítotisku se zaměřuje především na první pokusy tisku na papír. Málo je však známo, že již před 2. světovou válkou byl sítotisk průmyslově využíván v USA. Vznikl průmyslový sítotisk, který vyžadoval jak konstrukční řešení sítotiskových strojů, tak i technologický vývoj přípravy šablon, barev atd.

Sítotisk je vlastně protlačování, lépe řečeno protírání vazké barvy pomocí tříče propustnými místy sítotiskové šablony. Aby se sítotiskem mohly reprodukovat nejsložitější kresby a vzory nebo texty, vytváří se šablona na velice husté a jemné, nejčastěji textilní tkanině zvané síťovina, a nebo vyjimečně na drátěném pletivu silně napnutém na kovovém nebo odolném dřevěném rámu.

Vlivem své pružnosti se síťovina dobře přizpůsobuje tvaru i povrchu potiskovaného materiálu nebo předmětu.



obr. 4

Schéma sítotisku

zhotovovaného na ploché tiskové rovině ručním nebo mechanicky poháněným nakloněným tříčím je na obr. 4:

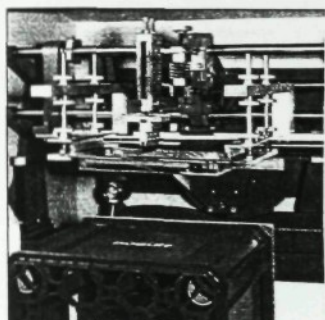
1- tříč, 2-barva, 3-lišta rámu, 4-šablona, 5-průchodná část, 6-barviště, 7-vrstva barvy, 8-potiskovaná surovina, 9-tisková deska

4.2 Problematika potisku trojrozměrných výrobků z plastů obecně

V letech 1950-56 nastává prudký rozvoj zpracovatelského oboru plastických hmot. Zejména obaly z těchto materiálů vyžadují potisk s kvalitním a lesklým nánosem barvy, ekonomicky výhodnými při malých sériích. Těmto požadavkům vyhovuje opět nejlépe sítotisk. Navíc plastické hmoty zásadně ovlivňují i samotnou technologii sítotisku, neboť nové materiály svými vlastnostmi jsou lepší než původní, které umožnily vznik sítotisku. Šablona se skládá z propustných, negativních kresebných míst a z nepropustných zakrytých částí netisknoucí plochy, zakotvených přímo mezi oky síťoviny nebo spojených s jejím povrchem.

Celou problematiku lze rozdělit do následujících bodů:

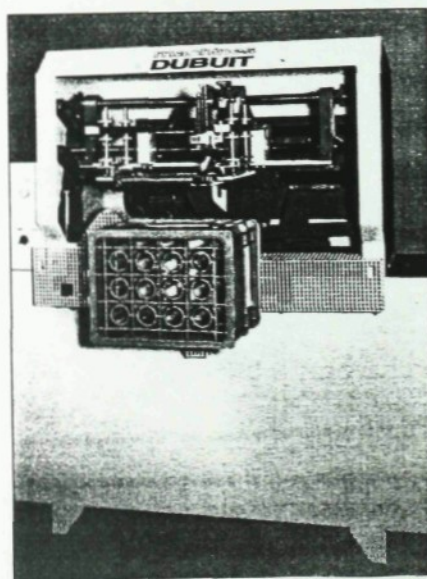
1. příprava tiskových šablon
2. příprava výrobků k potisku
3. potiskování výrobků v závislosti na jejich tvaru
4. sušení potištěných výrobků



obr.5

Potiskovaný výrobek se pod síto vkládá a vyjímá podle konstrukce stroje , buď ručně nebo pomocí průmyslových samočinných nakládacích a vykládacích zařízení viz. obr.5,6 :

obr. 6



Většinou se potiskují výrobky menších rozměrů, pak jsou síťotiskové rámečky menší. Ve většině případů ani není kladen požadavek na přesný sůtisk, neboť převážná část je potiskována jednobarevně. Z těchto důvodů postačují i rámečky vyrobené z bukového dřeva, impregnované nejlépe dvousložkovým lakem. Tím se zabrání nejen vnikání vody a chemikálií do pórů dřeva a jeho kroucení, ale i pozdějším problémům při vlastním tisku. Pouze plochy, určené k nalepení síťoviny, ponecháme v původním stavu. Pokud je potiskování výrobků prováděno pravidelně na výkonném zařízení, doporučuje se vyrobit rámy z hliníku, a to buď z profilů nebo odléváním. Obdobně je tomu při použití ráků z ocelových profilů.

Většina výrobků nemá ideální povrch. Aby byl zaručen dostatečný styk šablony i s nerovným povrchem potiskovaného výrobku (propadliny), je nutno používat výhradně polyamidovou tkaninu v kvalitě 90 T - 120 T. Při velkém vypnutí dochází k odtržení síťoviny od rámu nebo dokonce k jejímu prasknutí. Pro extrémní požadavky elektronického průmyslu s jeho miniaturními součástmi je vhodná jen kovová dokonale rozměrově stálá síťovina, která je vlastně nepružícím nositelem šablony. Životnost šablony, ale i vlastní technologie, tj. přítlačná síla tříče, ostré hrany výrobků atd. Velký tlak na tříč má za následek nejen rychlé opotřebení, ale i vytažení tkaniny. To pak způsobuje rozmazávání detailů pro případ vytváření barevných záclon po odpoutání šablony od výrobku.

Na životnost šablony má vliv i velikost odskoku, resp. vzdálenost šablony od výrobku. I když tato veličina je závislá na stupni napnutosti tkaniny. Protože šablona je nejvíce namáhána hranami tříče, doporučuje se exponovaná místa zesílit samolepící folií, textilní páskou nebo alespoň kopírovacím roztokem.

Tvar a kvalita tříče ovlivňuje spolu s tiskovou šablonou výsledný tisk. Zejména čistotu, ostrost obrysů, stejnoměrnost a tloušťku barevného nánosů, tj. spotřebu barvy.

Tříč uvádí šablonu do styku s potiskovanou surovinou v přímce, která v důsledku pružnosti obou členů nabývá podoby úzkého proužku. Tlakem a rovnoměrným pohybem tříče po povrchu šablony je barva hrnuta dopředu a současně protlačována průchodnými oky síťoviny. Tříč, zhotovený z pryže nebo z jiného pružného plastu je nakloněn k rovině šablony pod určitým úhlem, který přímo ovlivňuje množství barvy, jež pronikne na rub šablony. Do určité hranice působí na výsledek i tlak. Jestliže tento tlak mírně zvýšíme, vzroste tření mezi tříčem a síťovinou a pružný tříč se prohne.

Tříč rozhoduje o trvanlivosti šablony. Je-li přitlačován na šablonu velkou silou, způsobuje její oddělení a šablona pak tiskne i v místech, která mají zůstat čistá. Z těchto důvodů je tříčový pás na konci zaoblen, aby nedocházelo k nadměrnému opotřebování šablony v místech styku s jeho hranou.

Pro zajištění rovnoměrného nánosu barvy po celé šíři tištěného obrazu musí tříč přesahovat okraje tištěné plochy minimálně o 5 mm na každé straně. Protože profil se při tisku opotřebovává, je třeba kontrolovat jeho kvalitu, resp. rovnost profilu přiložením na rovnou plochu (např. sklo). Tříč musí po celé délce přiléhat k ploše.

K přípravným pracem před vlastním potiskem patří nejen manipulace s výrobky, ale především příprava potiskovaného povrchu.

U výrobků z plastických hmot, jmenovitě u polyetylenu a polypropylenu (PE, PP). Jak je všobecně známo, sítotisková barva na povrchu výrobku ulpívá tím, že se zapíjí do drobných pórů materiálu (papír), nebo naleptává samotný materiál (PVC, polystyren). U polyelefinů, tj. PE a PP však k dobrému zakotvení barvy je třeba chemické reakce mezi povrchem výrobku a složkami obsaženými v sítotiskové barvě. Z tohoto důvodu je nutno polotovary a výrobky z těchto materiálů povrchově upravovat. V podstatě se jedná o krátkodobé působení nesvítivého, tj. bezbarvého plamene, přičemž dochází nejen k oxidaci, ale i k mírnému natavení povrchové vrstvy materiálu.

Ožehování, spojené s následným tiskem, je z technologického hlediska nejvýhodnější, neboť zaktivovaný povrch je prakticky během několika sekund potištěn. Vzdálenost hořáku od výrobku se volí tak, aby vnitřní část

(ostré kuželky) plamene byly v těsné blízkosti povrchu.

Provádí-li se ožehování samostatně je nutno počítat s časovým omezením aktivovaného povrchu. Zde je nutno připomenout, že ožehovací zařízení stejně jako provoz sítotiskáren podléhá schvalovacímu řízení, především Inspektoriátu bezpečnosti práce.

Většina trojrozměrných výrobků, ať již ze skla, kovu, papíru, či plastických hmot, prochází výrobním procesem, ve kterém je potiskovaný předmět více či méně vystaven různým činidlům, jako je olej, prach, mastnota apod., takže barva nemá možnost se dokonale spojit s potiskovaným materiálem. Tyto nečistoty je nutno z povrchu tištěných ploch odstranit. Čistící proces je závislý nejen na druhu materiálu, ze kterého je výrobek či polotovar zhotoven, ale i na velikosti, tvaru a v neposlední řadě i na cíli použití výrobku. K odstranění mastnoty je možno použít jak saponátový roztok, tak i organická ředidla (etylalkohol, Iron apod.).

Poněkud odlišná situace je u výrobků z některých plastických hmot, jmenovitě u polyethylenu a polypropylenu (PE, PP), kde je ještě mimo výše uvedené přípravné práce nutná zvláštní úprava povrchu výrobku. Jak je všeobecně známo, sítotisková barva na povrchu výrobku ulpívá tím, že se zapíjí do drobných pórů materiálu (papír), nebo naleptává samotný materiál (PVC, polystyren). U polyelefinů, tj. PE a PP však k dobrému zakotvení barvy je třeba chemické reakce mezi povrchem výrobku a složkami obsaženými v sítotiskové barvě. Z tohoto důvodu je nutno polotovary a výrobky z těchto

materiálů povrchově upravovat.

Předúprava polyelefinů je nutná i pro použití jiných tiskových resp. dekorativních metod např. tampoprint.

K předúpravě povrchů výrobků z polyelefinů se zpracovatelům nabízí tři metody :

- a) ožeh
- b) koronový výboj
- c) chemická činidla

Ad a)

Pro trojrozměrné výrobky je nejvíce rozšířená metoda ožehování pomocí oxidačního plamene. V podstatě se jedná o krátkodobé působení nesvítivého, tj. bezbarvého plamene, přičemž dochází nejen k oxidaci, ale i mírnému natavení povrchové vrstvy materiálu. K ožehování je možno použít jak zemní plyn, tak i propan-butan.

Ožehování, spojené s následným tiskem, je z technologického hlediska nejvýhodnější, neboť zaktivovaný povrch je prakticky během několika sekund potištěn.

Ad b)

Koronový efekt spočívá v bombardování povrchu polymeru elektrony. Elektrony opouštějí elektrodu a jsou urychlovány vysokým napětím směrem na povrch potiskovaného předmětu. Přitom se srážejí s molekulami ve vzduchu a s pomocí okolního světla vytvářejí ozón a oxidy dusíku. Když elektrony dopadnou na polyetylen, mají tolik energie, že je umožněno

je jich zapojení mezi atomy uhlíku nebo uhlíku a vodíku.

Pokud tloušťka nebo tvar výrobku neumožňuje použít způsob prozáření, mohou být použity i jiné způsoby předúpravy. Zde se nabízí možnost užití tzv. volně zářící elektrody.

Ad c)

Chemická příprava povrchu před potiskem nebo nánosem barvy přichází v úvahu pouze u výrobků s nepravidelným tvarem, tj. kterých nelze výše uvedených metod použít.

Kvalitativních zkoušek, zda povrch výrobků z polyelefinů je či není předupraven pro potisk, je v provozu zapotřebí již proto, že tato změna není lidským okem viditelná. Z tohoto důvodu je třeba jednoduché metody pro zjištění, zda výrobky jsou předupraveny, u folie pak, která strana apod. U trojrozměrných výrobků může nadměrná předúprava vést k tomu, že polární kapaliny (voda) sníží adhezi barevného nátěru natolik, že je lze snadno setřít.

K zjišťování dokonalosti předúpravy povrchu výrobku slouží celá řada metod. Mezi nejznámější a provozně velmi jednoduché kvalitativní metody patří tzv. **zkouška vodou**. Předmět se vloží na několik vteřin do vody a po jeho vyjmutí zůstává na ožehnutých plochách souvislý vodní film, zatímco na neožehnutých plochách se voda sráží v kapky.

Jinou metodou je použití **samolepící fólie** nebo **etikety**. Na ožehnutý povrch se pod určitým tlakem a po dobu desítek sekund přitlačí etiketa nebo proužek samolepící acetátové fólie.

Na volný konec samolepky se pak zavěšuje závaží a zjišťuje se potřebná síla k odtržení. Na neožehnutém povrchu je velikost této síly menší než u ožehnutého povrchu.

Další metoda je založena na **barevné afinitě**, resp. různém druhu stupně zbarvení ožehnutého povrchu. Výrobek se ponoří na několik sekund do fenolcarbolfuchsinového roztoku a po této době se porovnává zbarvení povrchu ožehnutého a neožehnutého. Zbarvení je tím intenzivnější, čím intenzivnější je předúprava.

Přesněji než výše uvedenými způsoby lze určit stupeň předúpravy **inkousty**. Tyto inkousty jsou nabízeny v tekuté formě nebo jako fixy. Inkousty sami ukazují míru povrchového napětí. Různá namíchání inkoustu umožňují přesné určení míry povrchové energie potiskované hmoty. V případě negativních výsledků je třeba zvýšit intenzitu plamene, tj. přidat směs vzduchu a plynu, případně zmenšit vzdálenost hořáku od výrobku.

Při plošném tisku je šablona i výrobek pevně uchycen v přípravku, nebo na potiskovacím stroji. Třís se pohybuje v podélné nebo v příčné ose výrobku. U jednoduchých sítotiskových přípravků se výrobky vkládají ručně do středících přípravků z důvodu přesného ustavení proti šabloně. Mezi ploché předměty však patří i nejrůznější krabičky z tenkostěnných materiálů (vakuově tvarované PVC, polystyren), nebo ploché láhve.

Tenkostnné výrobky je nutno při vlastním potisku zesílit, resp. podepřít, aby přítlačná síla tříče je nedeformovala. U plně otevřených krabiček se tak děje pomocí trnu, na který se výrobek nasazuje ručně.

U lahví z polyetylénu se zpevnění tvaru provádí naplněním předmětu stlačeným vzduchem. Pro tyto případy jsou konstruovány poloautomatické nebo automatické stroje, které zajišťují naplnění výrobku tlakovým vzduchem těsně před potiskem. Při předfukování výrobku je nutno dbát, aby výrobek byl pouze zpevněn, nikoli přefouknut. V tomto případě by došlo k zdeformování tvaru, což se ve výsledném tisku projevuje slitou kresbou, především ve střední části výrobku. Při nedofouknutí, resp. slabém zpevnění výrobku se uprostřed tisku objevují slepá tj. *netisknoucí místa*.

Sušení se provádí buď volně na paletách nebo v lískách nebo v horkovzdušných průchozích tunelech. Jinou variantou je nasazení tzv. *druhého ožehu*.

Tunely mohou být dvojího typu :

a) **jednoduché**

b) **trojdílné** - v první části se teplota pohybuje okolo 90° - 80°C , zde výrobek dostane tzv. *tepelný šok* a odpaří se přebytečné množství rozpouštědel, v druhé části se teplota sníží na 80° - 70°C . V této části se odpaří největší množství rozpouštědel. Ve třetí části dochází k postupnému ochlazování výrobku až na normální teplotu 20°C .

5. Tvorba báze znalostí

Před zahájením sestavování báze znalostí byl sestaven v problematice potisku sítotiskem okruh, který by tato diplomová práce měla obsáhnout. Bylo potřebné určit oblast potisku, která by byla dostatečně reprezentativním vzorkem ze široké škály jednotlivých oblastí. Bylo také nutné zvolit nejpodstatnější příčiny, které jsou pro rozhodování o volbě jejich odstranění nejdůležitější. Také bylo zřejmé, že řešení tohoto problému bude náročné zejména na množství uzlů a řídicích vazeb. Aby bylo možno aplikovat celou oblast, musela být jedna báze rozdělena na dvě části.

Problémem bylo, jak co nejlépe v bázi znalostí prezentovat konkrétní hodnoty u příslušných uzlů, které vyjadřují odstranění příčin. Komplikace přinesl fakt, že uživatel musí odpovídat ve většině případů pouze "ano" či "ne" a intervalem $(-5, +5)$ zřídka. Tato inferenční síť je sestavena tak, aby se co nejvíce přiblížila praxi. Pokud by uživatel všude odpovídal intervalem, cílové hypotézy by byly zkreslené a neodpovídaly by skutečnosti. Síť byla takto sestavena na základě zkušeností znalostního inženýra. Bylo tak ušetřeno několik pravidel, ale zato přibýlo řídicích vazeb. V síti jsou uzly, které představují příčiny chyb, seřazeny tak, aby co nejlépe odpovídaly skutečnosti a zkušenostem.

Jednotlivé uzly, které obsahují odstranění příčin představují cílové hypotézy, kterým hned od počátku byla

přiřazena apriorní pravděpodobnost.

Prvním krokem ladění báze znalostí bylo zajištění správného kladení dotazů. Nejprve byla celá báze znalostí v jednom celku. Odpovědi na otázky měly rozhodnout, kterým směrem se bude konsultace dále ubírat. Takto sestavená báze znalostí byla však takového rozsahu, že přesahovala možnosti demoverze systému FEL - EXPERT 3.1, která je na KTK VŠST Liberec pro potřeby výuky instalována. Bylo tedy nutné tuto bázi znalostí rozdělit na dvě na sebe navazující báze znalostí.

První část je začátkem celé báze znalostí a druhá část na ni navazuje. Uživateli je v části I dána informace, aby spustil další část. Abychom zachovali celou síť, bylo nutno přistoupit na tuto verzi, rozdělit bázi, v jiném případě by nebyly splněny požadavky.

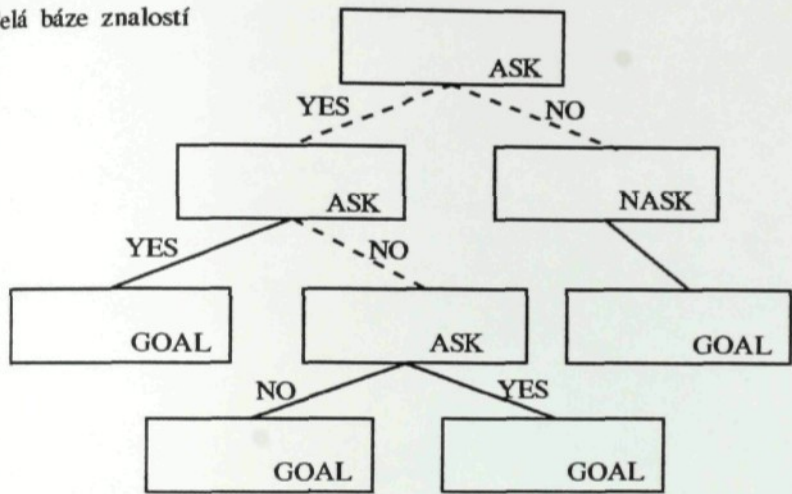
Dále bylo nutné zajistit, aby systém nekladl chybné nebo zbytečné dotazy, a to prostřednictvím řídicích kontextových vazeb. Jde v podstatě o to, aby se konsultace ubírala v síti správným směrem a nekladla otázky z oblasti, na kterou uživatel odpověděl záporně (tzn. že nechce pokračovat daným směrem). Omezující uzly těchto kontextových vazeb jsou listové, nekvantitativní a Bayesovské a je na nich vyžadována jednoznačná odpověď "ano" či "ne".

Pokud jsou ve většině případů splněny všechny potřebné kontexty, dostane uživatel několik cílových hypotéz, pro náš případ však připadá v úvahu pouze jedna cílová hypotéza a to vždy ta první. V druhé části si hned na začátku uživatel

zvolí, jakou cestou se bude konsultace ubírat pomocí S - uzlu .

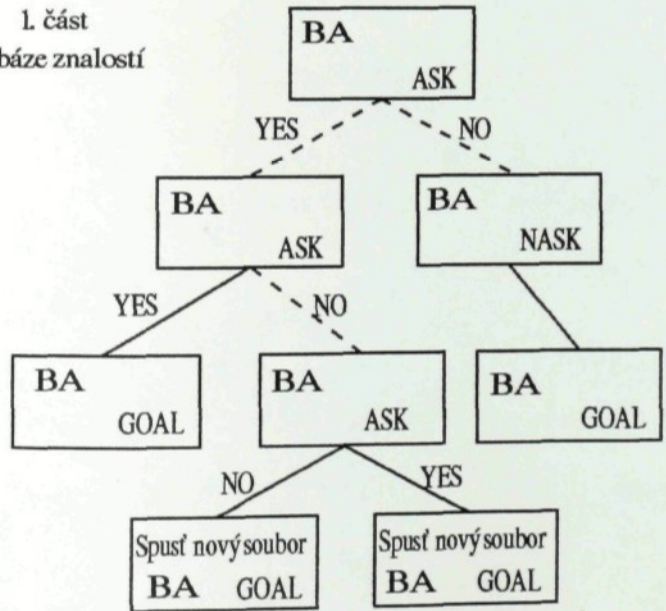
Na obr . 7 je znázorněna základní filosofie sestavení báze znalostí nejprve jako celku a potom po rozdělení na oné dvě části
 obr.8 a,b

Celá báze znalostí



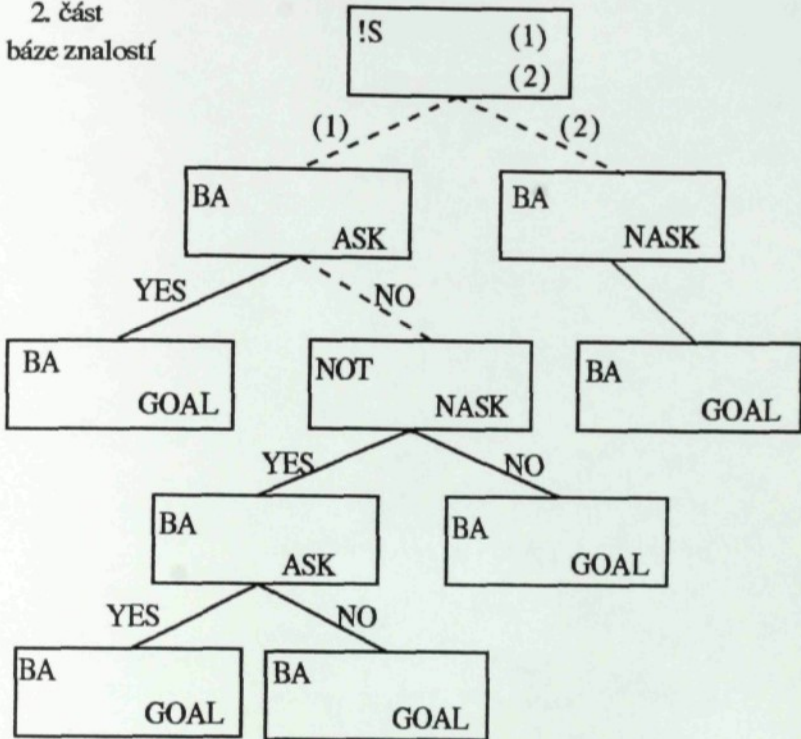
obr. 7

1. část
 báze znalostí



obr. 8 a

2. část
báze znalostí



obr. 8 b

Když byla báze znalostí ve stavu, kdy systém kladl dotazy správně a v logickém pořadí, bylo možno přistoupit k závěrečné fázi ladění - ke stanovení takových ohodnocení a zejména pravidel, aby se systém dopracoval ke správné odpovědi. Při ladění se postupovalo od úloh jednoduchých s jednoznačným závěrem až k úlohám složitějším. Velké ulehčení práce umožnily tzv. \$-direktivy, díky kterým bylo možno získat detailní informace o aktuálních hodnotách pravděpodobností jednotlivých uzlů v daných časových okamžicích konsultace a o způsobu uvažování systému vůbec.

6. Parametry báze znalostí

Báze znalostí Chyba . 31

Počet uzlů :	31
Počet cílových hypotéz :	12
Počet mezilehlých uzlů :	3
Počet listových uzlů :	16
Počet pravidel :	18
Počet kontextů :	18

Báze znalostí Chyba1 . 31

Počet uzlů :	51
Počet cílových hypotéz :	20
Počet mezilehlých uzlů :	11
Počet listových uzlů :	19
Počet pravidel :	31
- z toho:	
S-uzel -- Bayesovský nekvantitativní uzel:	2
Počet kontextů :	19

7. Závěr

Cílem diplomové práce bylo sestavení báze znalostí pro prázdný expertní systém FEL - EXPERT verze 3.1, která by řešila problematiku při hledání příčin chyb při potisku sitotiskem výrobků z polyelefinů (PE, PP).

V příloze diplomové práce jsou uvedeny protokoly o konzultacích s oběma bázemi znalostí. V těchto i ostatních případech odpovídalo pořadí cílových hypotéz znalostem a zkušenostem odborníků z dané oblasti. Z kapacitních důvodů není výsledkem práce jedna báze znalostí, jak bylo původně zadáno, ale báze dvě.

Při řešení práce se neukázalo být účelné, používat jedné z předností systému t.j. využít možnosti práce s neurčitostí v odpovědích uživatele. I přesto však výsledky odpovídající znalostem odborníků potvrdily, že aplikace systému FEL - EXPERT byla ta správná.

Při sestavování báze znalostí bylo přihlédnuto na rozsah práce. Vytvořená báze znalostí se může použít i při zjišťování příčin chyb při potisku z jiných materiálů než je polyelefin, pouze se v některých případech poopraví texty některých uzlů.

V této úloze je nutné používat při konzultaci oba soubory (chyba.3l a chyba1.3l), avšak i to záleží na uživateli. Hlavním kritériem je odpovídat s rozvahou na všechny dotazy, které jsou

uživateli kladeny.

Do budoucna by bylo možné sestavit bázi znalostí pro potisk jiných materiálů, nejlépe však v plné verzi systému FEL - EXPERT.

Tyto báze znalostí budou využívány na Katedře technické kybernetiky jako ukázka pro předmět UIES a na Katedře balících a polygrafických strojů v V.ročníku v předmětu " Vybrané statě oboru ".

8. Seznam literatury

- (1) Popper M. - Kelemen J.: Expertné systémy,
ALFA, Bratislava, 1989
- (2) Mařík V. - Zdráhal Z. : Expertní systémy,
Ústav pro informační systémy v
kultuře, Praha, 1987
- (3) Mařík V. - Vlček T. - Zdráhal Z.: Expertní systém
FEL - EXPERT verze 2.9 a 3.1,
FEL ČVUT Praha, 1990
- (4) Mařík V. - Zdráhal Z.: Expertní systémy FEL - EXPERT 2.5
a MIFELEX -příručka pro uživatele
FEL ČVUT Praha, 1986
- (5) Brzobohatá J.: Použití expertního systému FEL - Expert
k identifikaci textilního vlákna
Diplomová práce , VŠST Liberec , 1993
- (6) Doležalová M.: Použití systému FEL - Expert pro výběr
textilního vlákna
Diplomová práce, VŠST Liberec, 1992
- (7) Buchel H. - Schnius H.: Siebdruck - Digest, Verlag Der
Siebdruck, Lubeck 1992
- (8) Šanc R. : Zavedení potiskování přepravek Coca - cola
sítotiskem,
Technická zpráva , Plastimat, Liberec , 1991
- (9) Šalda J. - Svoboda L.: Přehled polygrafie
SPN , Praha, 1977

9. Seznam příloh

1. Vnější reprezentace báze znalostí.
2. Protokoly o konzultacích.
3. Část inferenční sítě.

Příloha č. 1

OCHT	BA
. Objevuje se chyba pri tisku ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.5800	ASK
CHPCM	BA
. Chybi nebo prebyva nektera cast motivu ? (ano = Y nebo ne =	
0.2300	ASK
NPB	BA
. Nerovnomerny pas barvy ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2200	ASK
PHTG	BA
. Poskozena hrana tricove gummy ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2000	ASK
BNNO	BA
. Barva nedrzi-nedostatecny ozeh ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2500	ASK
CHCM	BA
. Chybi cast motivu ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2150	ASK
ST	BA
. Svetly tisk ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2500	ASK
MB	BA
. Malo barvy ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.1780	ASK
ZPS	BA
. Zaschle partie sablony ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2620	ASK
PBBR	BA
. Propusti barva v blizkosti ramu ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2500	ASK
PS	BA
. Je praskla sablona ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2000	ASK
SVPP	BA
. Sablona je vysoko nad potiskovany m predmetem ?	
	(ano = Y nebo ne = N) @
0.2010	ASK
OTN	BA
. Okraje tisku jsou nepravidelne ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2350	ASK
VSE	BA
. Vytvareji se slunicka ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2500	ASK
UKMN	BA
. Uprostred nebo na konci motiv nedotisten ?	
	(ano = Y nebo ne = N) @
0.2190	ASK

SNBZT	BA
.Silny nanos barvy nebo zalevani tisku na konci ?	
	(ano = Y nebo ne = N) @
0.2100	ASK
VVH	BA
.Velka vzdalenost horaku @	
0.2600	NASK
MVH	BA
.Mala vzdalenost horaku @	
0.2500	NASK
VMVTG	BA
.Velmi mala vzdalenost tricove gumy @	
0.2100	NASK
ZPTG	BA
.Zmensit pritlak tricove gumy @	
0.0250	GOAL
SVH	BA
.Seridit vzdalenost horaku @	
0.0240	GOAL
PR	BA
.Prebrousit @	
0.0150	GOAL
MMBZT	BA
.Male mnozstvi barvy na zacatku tisku @	
0.0210	GOAL
SOR	BA
.Sablonu ocistit redidlem @	
0.0098	GOAL
UTZ	BA
.Uhel trice zmensit @	
0.0101	GOAL
SOP	BA
.Sablonu ocistit,odmastit,podlepit nebo vymenit @	
0.0155	GOAL
SVSP	BA
.Snizit vzdalenost sablony a podlepit paskou @	
0.0205	GOAL
SPTPS	BA
.Snizit pritlak trice a podlepit sablonu @	
0.0200	GOAL
S1.31	BA
.Spust novy soubor 'CHYBA1.31' @	
0.0190	GOAL
ZRVV	BA
.Zvyseni relativni vlhkosti vzduchu @	
0.0095	GOAL
IV	BA
.Vymenit sablonu - je chybna @	
0.0099	GOAL

1	VVH	SVH	0.0100	0.9400
2	MVH	SVH	0.0900	0.2600
3	BNNO	VVH	0.0500	0.9500
4	BNNO	MVH	0.0500	0.2500
5	MB	MMBZT	0.0300	0.9400
6	PHTG	PR	0.0100	0.9000
7	PHTG	VMVTG	0.0200	0.2100
8	VMVTG	ZPTG	0.0900	0.2100
9	ZPS	UTZ	0.0900	0.1100
10	ZPS	SOR	0.028	0.9950
11	PBBR	SOP	0.2900	0.3100
12	PS	SOP	0.0950	0.9100
13	SVPP	SVSP	0.1950	0.9800
14	SVPP	SPTPS	0.5000	0.5100
15	VSE	IV	0.1500	0.1540
16	UKMN	S1.31	0.0920	0.2560
17	SNBZT	S1.31	0.0910	0.2600
18	VSE	ZRVV	0.0455	0.9540

BNNO	0.0000	0.1500	OCHT
CHPCM	0.9500	1.0000	OCHT
VVH	0.9500	1.0000	BNNO
MVH	0.0000	0.1500	BNNO
NPB	0.0000	0.1700	CHPCM
PHTG	0.9600	1.0000	NPB
VMVTG	0.0000	0.1510	PHTG
MB	0.9400	1.0000	ST
ZPS	0.0000	0.1200	MB
ST	0.0000	0.1500	NPB
SNBZT	0.0000	0.1100	ST
PBBR	0.0000	0.1400	OTN
OTN	0.0000	0.2000	CHCM
PS	0.9000	1.0000	PBBR
SVPP	0.0000	0.1110	PS
CHCM	0.9600	1.0000	CHPCM
UKMN	0.9450	1.0000	CHCM
VSE	0.9600	1.0000	OTN

SBZT BA
 .Silny nanos barvy nebo zalevani tisku na konci ?
 (ano = Y nebo ne = N) @
 0.30 ASK

UKMN BA
 .Uprostred nebo na konci motiv nedotisten ?
 (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2300 ASK

CHP BA
 .Chces pokracovat ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.5100 ASK

NU BA
 .Nedotisten uprostred ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2310 ASK

TV BA
 .Tric je vyduty ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2100 ASK

SNB BA
 .Silny nanos barvy ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2120 ASK

RPT BA
 .Rozmazane partie tisku ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2058 ASK

MCHND BA
 .Motiv chybi nahore nebo dole ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2100 ASK

TGNVM BA
 .Tricova guma neni vedena za motiv ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2300 ASK

PTV BA
 .Pritlak trice je velky ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2501 ASK

TPSP BA
 .Tric povoluje ve stredni partii ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2530 ASK

THT BA
 .Tupa hrana trice ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2500 ASK

TDPS BA
 .Tric dopada pozde na sablonu ? (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2100 ASK

PBSPT BA
 .Proteceni barvy sablonou nez prejede po sablone tric ?
 (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2550 ASK

OTN BA
 .Okraje tisku jsou nepravidelne (slunicka) ?
 (ano = Y nebo ne = N) @
 0.2100 ASK

MVVS	BA
.Mala nebo velka vzdalenost sablony ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2300	ASK
TGU	BA
.Tricova guma je uzka ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2100	ASK
RPT1	BA
.Rozmazane partie tisku ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2100	ASK
VSE	BA
.Vytvareji se slunicka ? (ano = Y nebo ne = N) @	
0.2195	ASK
SBZT1	BA
.Silny nanos barvy nebo zalevani tisku na konci @	
0.302	NASK
UKMN1	BA
.Uprostred nebo na konci motiv nedotisten @	
0.2100	NASK
NOTTV	NOT
.Negace TV @	
	NASK
NOTNU	NOT
.Negace NU @	
	NASK
NOTTGNVM	NOT
.Negace TGNVM @	
	NASK
NOTPTV	NOT
.Negace PTV @	
	NASK
NOTSNB	NOT
.Negace SNB @	
	NASK
NOTRPT	NOT
.Negace RPT @	
	NASK
NOTMCHND	NOT
.Negace MCHND @	
	NASK
NOTUKMN	NOT
.Negace UKMN @	
	NASK
NOTSBZT	NOT
.Negace SBZT @	
	NASK
ZC	!S
.Zadej cestu : motiv na konci nebo uprostred nedotisten (0)	
silny nanos barvy nebo motiv nedotisten (1) @	

KS	BA
.Konsultace skoncena @	
0.0120	GOAL
PZTPS	BA
.Prodlouzit zdvih trice nebo presun sablony @	
0.0210	GOAL
PRB	BA
.Prebrousit @	
0.0210	GOAL
ZP	BA
.Zdeformovana prepravka @	
0.0950	GOAL
PDT	BA
.Povoluje drzak trice @	
0.0230	GOAL
SUMM	BA
.Na sablone udrzovat male mnozstvi @	
0.0195	GOAL
MUNT	BA
.Zvetsit uhel nastaveni trice @	
0.0195	GOAL
PRE	BA
.Prebrousit @	
0.0195	GOAL
STTG	BA
.Snizit tlak na tricovou gumu @	
0.0155	GOAL
PZT	BA
.Prodlouzit zdvih trice @	
0.0201	GOAL
PNNTDS	BA
.Seridit koncove spinace @	
0.2105	GOAL
VBZMO	BA
.Vybrat barvu zpet do manipulacniho ramu @	
0.0195	GOAL
SVS	BA
.Seridit vysku sablony @	
0.0201	GOAL
ZTTHD	BA
.Zmensit tlak trice na hlave drzaku @	
0.00955	GOAL
STPTO	BA
.Seridit, tric presazen za tisknuty obraz @	
0.0150	GOAL

SUGDT BA
 .Spatne uchycena guma v drzaku trice @
 0.0195 GOAL

MVVS1 BA
 .Mala nebo velka vzdalenost sablony @
 0.0250 GOAL

CHVS BA
 .Vymenit sablonu-chybna @
 0.0195 GOAL

ZRVV BA
 .Zvyseni relativni vlhkosti vzduchu @
 0.0095 GOAL

VE BA
 .Ionizace vzduchu @
 0.0099 GOAL

31

1	ZC	UKMN1	0.9000	0.1000
2	ZC	SBZT1	0.9000	0.1000
3	CHP	KS	0.21500	0.2200
4	SBZT	NOTSBZT		
5	SNB	NOTSNB		
6	PTV	STTG	0.09000	0.9500
7	TV	PRB	0.05000	0.2500
8	MCHND	NOTMCHND		
9	TGNVM	PZTPS	0.0500	0.9200
10	TPSP	ZP	0.2900	0.3000
11	TPSP	PDT	0.0500	0.9100
12	THT	PRE	0.0900	0.9600
13	THT	MUNT	0.2280	0.2520
14	TDPS	PZT	0.0500	0.9500
15	TDPS	PNNTDS	0.2400	0.2500
16	PBSPT	VBZMO	0.0300	0.9600
17	PBSPT	SUMM	0.2150	0.2210
18	VSE	CHVS	0.2500	0.3500
19	MVVS	SVS	0.0450	0.9500
20	MVVS	ZTTHD	0.2600	0.2900
21	TGU	STPTO	0.0510	0.9500
22	TGU	SUGDT	0.2190	0.2210
23	VSE	ZRVV	0.0500	0.9600
24	RPT1	MVVS1	0.021	0.2500
25	TV	NOTTV		
26	NU	NOTNU		
27	TGNVM	NOTTGNVM		
28	PTV	NOTPTV		
29	RPT	NOTRPT		
30	UKMN	NOTUKMN		
31	OTN	VE	0.0500	0.5300

ZC	0.9500	1.0000	CHP
UKMN	0.8500	1.0000	UKMN1
SBZT	0.0000	0.1800	SBZT1
NU	0.9500	1.0000	UKMN
TV	0.9600	1.0000	NU
SNB	0.9600	1.0000	SBZT
THT	0.9600	1.0000	SNB
TPSP	0.9500	1.0000	NOTTV
TGNVM	0.9550	1.0000	NOTNU
PTV	0.9500	1.0000	NOTTGNVM
TDPS	0.9500	1.0000	NOTPTV
PBSPT	0.9550	1.0000	NOTSNB
MVVS	0.9600	1.0000	NOTRPT
RPT	0.9560	1.0000	NOTMCHND
TGU	0.9500	1.0000	MCHND
MCHND	0.9500	1.0000	NOTUKMN
RPT1	0.8600	1.0000	NOTSBZT
VSE	0.9600	1.0000	RPT1
OTN	0.9650	1.0000	RPT

Příloha č. 2

```
*****
*
*               FEL EXPERT - ver. 3.1
*
*               *****
```

Record of the consultation : Friday 20.5.1994 15:09

Question	Answer
----------	--------

Objevuje se chyba pri tisku ? (ano = Y nebo ne = N)	5.0
---	-----

Chybi nebo prebyva nektera cast motivu ? (ano = Y nebo ne = N)	5.0
--	-----

Chybi cast motivu ? (ano = Y nebo ne = N)	-5.0
---	------

Okraje tisku jsou nepravidelne ? (ano = Y nebo ne = N)	-5.0
--	------

Propousti barva v blizkosti ramu ? (ano = Y nebo ne = N)	5.0
--	-----

Je praskla sablona ? (ano = Y nebo ne = N)	-5.0
--	------

Sablona je vysoko nad potiskovany m predmetem ? (ano = Y nebo ne = N)	-5.0
---	------

***** RESULTS *****

Hypothesis are ordered in accordance to their weights,
+ and - signs visualize relative change of the weights

Snizit pritlak trice a podlepit sablonu	
0.750 (0.020) +++	

```
*****
*
*               FEL EXPERT - ver. 3.1
*
*               *
*****
```

Record of the consultation : Friday 20.5.1994 15:14

Question	Answer
----------	--------

Objevuje se chyba pri tisku ? (ano = Y nebo ne = N)
5.0

Chybi nebo prebyva nektera cast motivu ? (ano = Y nebo ne = N)
-5.0

Nerovnomerny pas barvy ? (ano = Y nebo ne = N)
-5.0

Svetly tisk ? (ano = Y nebo ne = N)
-5.0

Silny nanos barvy nebo zalevani tisku na konci ?
(ano = Y nebo ne = N)
-5.0

***** RESULTS *****

Hypothesis are ordered in accordance to their weights,
+ and - signs vizualize relative change of the weights

Spust novy soubor 'CHYBA1.31'
0.091 (0.019)

```

*****
*
*           FEL EXPERT - ver. 3.1
*
*
*****

```

Record of the consultation : Friday 20.5.1994 15:29

Question	Answer
----------	--------

Chces pokračovat ? (ano = Y nebo ne = N)	5.0
--	-----

Zadej cestu : motiv na konci nebo uprostred nedotisten (0)	
silny nanos barvy nebo motiv nedotisten (1)	1.000

Silny nanos barvy nebo zalevani tisku na konci ?	
(ano = Y nebo ne = N)	5.0

Silny nanos barvy ? (ano = Y nebo ne = N)	-5.0
---	------

Protecení barvy sablonou nez prejede po sablone tric ?	
(ano = Y nebo ne = N)	-5.0

***** RESULTS *****

Hypothesis are ordered in accordance to their weights,
+ and - signs vizualize relative change of the weights

Na sablone udrzovat male mnozstvi	
0.415 (0.019) ++	

```

*****
*
*               FEL EXPERT - ver. 3.1               *
*
*****

```

Record of the consultation : Friday 20.5.1994 15:34

Question	Answer
----------	--------

Objevuje se chyba pri tisku ? (ano = Y nebo ne = N)	5.0
---	-----

Chybi nebo prebyva nektera cast motivu ? (ano = Y nebo ne = N)	5.0
--	-----

Chybi cast motivu ? (ano = Y nebo ne = N)	5.0
---	-----

Uprostred nebo na konci motiv nedotisten ?	(ano = Y nebo ne = N)
	5.0

***** RESULTS *****

Hypothesis are ordered in accordance to their weights,
+ and - signs vizualize relative change of the weights

Spust novy soubor 'CHYBA1.31'	
0.256	(0.019) +

New consultation Friday 20.5.1994 15:38

Chces pokračovat ? (ano = Y nebo ne = N)
5.0

Zadej cestu : motiv na konci nebo uprostred nedotisten (0)
silny nanos barvy nebo motiv nedotisten (1)
0.000

Uprostred nebo na konci motiv nedotisten ?
(ano = Y nebo ne = N)
5.0

Nedotisten uprostred ? (ano = Y nebo ne = N)
-5.0

Tricova guma neni vedena za motiv ? (ano = Y nebo ne = N)
-5.0

Pritlak trice je velky ? (ano = Y nebo ne = N)
-5.0

Tric dopada pozde na sablonu ? (ano = Y nebo ne = N)
5.0

***** RESULTS *****

Hypothesis are ordered in accordance to their weights,
+ and - signs vizualize relative change of the weights

Prodlouzit zdvih trice
0.950 (0.020) ++++

Příloha č. 3

