

# **Programové prostriedky na tvorbu ES a prehľad niektorých ES (časť 1)**

- 1. Deklaratívne programovacie jazyky**
- 2. Prázdne expertné systémy**
- 3. Vývojové prostredia na tvorbu ES-vol'ne  
šíritelné, komerčné**

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **programovacie jazyky umelej inteligencie**
  - **LISP** ( 50-te roky, funkcionálny jazyk, riešenie problému=funkcia, nezvyklá syntax, efektívne programy s jasným významom, práca so symbolmi )
  - **PROLOG** ( 80-te roky, logické programovanie ⇒ predikátová logika 1. rádu, práca so symbolmi )
  - **objektovo orientované C++ alebo SMALLTALK** ( nutnosť práce s rozmanitými reťazcovými operáciami a dostatok možností na tvorbu údajovo-riadiacich štruktúr )
  - **špeciálne programovacie jazyky** ( Knowledge Representation Language - KRL, Frame Representation Language - FRL, One World Language - OWL) - netriviálne reprezentačné prostriedky, veľmi náročné, viac teoretického významu

# **Programové prostriedky na tvorbu ES**

- **prázdne expertné systémy**
- **ES bez bázy poznatkov!** ( tá sa dopĺňa konkrétnym expertom)
- musí obsahovať jazyk na reprezentáciu poznatkov
- obsahuje modul na údržbu poznatkov
- vhodné na tvorbu malých a stredných systémov
- väčšinou ide o pravidlové systémy (pravidlové programátorské nástroje)
- jednoduchosť použitia
- možno ich použiť aj na PC, sú lacné
- sú však viac orientované na HW než na človeka

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **prázdne expertné systémy**
- **1. Test-It** ( najjednoduchší, pracuje pod MS DOS, BZ sa vytvára v prostredí databázového systému )
- **2. LEVEL 5 OBJECT** ( pracuje v prostredí MS Windows, tvorba hypertextových aplikácií a prepojenie s databázami; tabuľku dát berie ako objekt)
- **Poznámka:** v lit. Kelemen, Liday: ES pre prax, Sofa, sú obširnejšie popísané

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **vývojové prostredia (Shelly) pre ES**
- poskytujú "stavebné bloky" na tvorbu celého ES ( všetkých jeho modulov, nielen BZ )
- dokonalá grafická podpora, podporné nástroje na prostriedky reprezentácie a odvodzovania
- efektívny a pohodlný nástroj, ale drahý
- umožňujú vytvárať
  - deklaratívny program ( báza znalostí )
  - interpretátor dekl. programu (inferenčný mechanizmus)
  - používateľské rozhranie ( komunikačný modul)
- príklady komerčne dostupných prostredí **Egeria, M4, Leonardo, Kappa, NexpertObject, Rworks, G2** a iné; najnovšie sa uplatňujú princípy objektovo - orientovaných programovacích technológií

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **vývojové prostredia (Shelly) pre ES**
- **voľne šírené prostredia (freeware, shareware)-prostriedky na prototypovanie** – je možné si overiť správanie ES bez vynakladania veľkých fin. prostriedkov
- **ES** – malý ES na experimentovanie, prvýkrát popísaný v časopise BYTE r. 1990
- **potreba:** 640kB OP a 1MB na HD, MS DOS
- **práca:** s glob. faktami, spätný a priamy chod, editor faktov a pravidiel, editovanie predpokl. aj dôsl. časti, práca s fuzzy množinami a fuzzy reláciami, vysvetľovací mechanizmus pri dotaze aj pri výsledkoch

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **vývojové prostredia (Shelly) pre ES**
  - **ES**
  - **limit** : rozsah pamäti pre fakty a prav. cca 80KB
  - **neexistencia** prík. riadku pre riadenie behu a vyhodnocovania systému
- 
- **WinExp** – jednoduchý systém na výuku
  - **potrebuje:** MS Windows 3.1 a vyššie
  - **práca:** obmedzenejšie podmienky, príjemnejšie graf. prostredie
  - **neobsahuje fuzzy logiku** a pokial' nie je zaregistrované neumožňuje uloženie na disk

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **MIKE- Micro Interpreter for Knowledge Engineering** –výkonné voľne šíritelné, pôvodne na výukové účely Open University U.K. predm. Znal. inžinierstvo
- naprogramovaný v prologu(Edinburg),distribúcia včítane PC interpretera PROLOGU
- **tri verzie:**
- **v. 1.5** – v zdrojovom tvarе, spustenie aplikácie v Prologu  
⇒programy MIKE
- práca: fakty- prolog. tvar alebo rámce s dedičnosťou a démonmi, IM má spätný aj priamy chod, vysv. mechanizmus „Prečo“- „Ako“
- ladenie: jemné a hrubé trasovanie vykonávania pravidiel a história plnenia pravidiel
- **v. 2.03** – v zdrojovom tvarе, je rozšírená o RETE algoritmus, ktorý urýchľuje priame ret'azenie, o TMS – Truth Maintance System, ktorý ukladá priebeh vzáj. závislostí do prac. pamäti a zabraňuje tvorbe nekonzistentností sledovaním vzájomných väzieb

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **v. 2.03** - možnosť práce s fuzzy množinami alebo Bayesovskou mierou istoty, existencia hypotetických svetov – možnosť vyhodnocovať paralelne rôzne alternatívne situácie – navzájom nezávislé pracovné pamäte; práca so scenármami „What if...“
- **v. 2.5** – v preloženom tvaru s užív. rozhraním, stavovým panelom, už. menu umožňujúce prezeranie prac. pamäti, rámcov, pravidiel, výber BZ a jej načítanie z disku, jej editovanie; nie sú dodané zdrojové texty
- **limit:** prostredie Prologu, ktorý určuje veľkosť BZ, prac. pam., rýchlosť ap.
- je akoby nadstavbou PROLOGu, preto je vhodný pre užívateľov progr. v PROLOGU
- design je podriadený výukovým účelom

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **zdrojový text – podobný Prologu**
- Príklad: rámce a podrámce, naplnenie jednotlivých „slotov“ tj. atribútov a vytvorenie pravidla, „fc“ štartuje priame ret'azenie

```
man subclass_of person with
  sex: male.

tom instance_of man with
  age: 34,
  hobbies: [skiing, photography].

person subclass_of animate_things with
  species: 'homo sapiens',
  vocabulary_item: 'the word PERSON',
  number_of_legs: 2.

'the word PERSON' instance_of english_word with
  number_of_letters: 6,
  first_letter: p,
  last_letter: n,
  other_letters: [e, r, s, o],
  name_for: person.

joseph instance_of person with
  age: 38,
  hobbies: [swimming, tennis].
mary instance_of person with
  age: 37,
  hobbies: [badminton, opera].

rule augment_fillers forward
if
  all hobbies of joseph are H1 &
  all hobbies of mary are H2 &
  prolog(append(H1,H2,NewHobbies))
then
  note the hobbies of joseph is NewHobbies &
  note the hobbies of mary is NewHobbies &
  halt. /* ukončenie testovania pravidiel */

/* Konzultácia prebehne po zadaní prikazu
?- fc.
Výsledok je možné prezrieť zadáním
?- describe joseph. */
```

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **CLIPS - C Language integrated Production System**
- ( 1986 – NASA pre potreby ES, prototyp vznikol za 2 mesiace r. 1985)
- pracuje na všetkých platformách počítačov, je na rozhraní medzi prázdnymi ES a jednoduchým prostredím pre vývoj znalostných systémov, má ľahko osvojiteľnú syntax ( C, LISP )
- **práca:** RETE algoritmus, priame reťazenie, procedurálne programovanie (ako v C, či Pascale); objektové programovanie (ako Smalltalk, Common Lisp)
- **využitie :** rozšírenie do vládnych inštitúcií USA, priemysel, akad. prostredie
- **1993: NASA, armáda, fed. úrady, univerzity ap.**
- **pre akad. účely je zadarmo**

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **reprezentácia znalostí:** pravidlová (heuristiky), objektovo-orientovaná (umožňuje namodelovať zložité systémy vo forme modulárnych častí) a procedurálna paradigma
- **portabilita:** IBM PC, Macintosh, VAX 11780, Sun 3260, zdroj. texty spĺňajú kritériá ANSI na jazyk C
- **integrovateľnosť-rizšíriteľnosť:** vkladanie na úrovni procedurálnej, volaný ako podprogram, môže spolupracovať s C, FORTRANom, ADA
- **interaktívny vývoj:** textovo-orientované prostredie, on-line help, integr. editor, GUI prostredia s viacnásobnými oknami a výsuvné menu
- **verifikácia-testovanie:** množstvo prostriedkov(kontrola nekonzistentnosti, stat. a dyn. kontorla slotov ap.)
- **plne dokumentovaný**

# Programové prostriedky na tvorbu ES

## •Príklad CLIPS:

**Definovanie šablony (štruktúrovaného faktu)**

**(deftemplate destinacia**

**(slot miesto (type SYMBOL))**

**(slot typ (type SYMBOL) (allowed-symbols hotel**

**hostel apartman chata stan penzion))**

**(multislot oblast (type SYMBOL))**

**(multislot strava (type SYMBOL))**

**(multislot aktivity (type SYMBOL))**

**)**

**Definovanie pravidla:**

**(defrule strava\_pracujuci**

**(stav pracujuci)**

**=>**

**(printout t " \* O aky typ stravy mate zaujem? ")**

**(bind ?odpoved (read))**

**(assert (strava ?odpoved))**

**)**

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **fuzzy Clips** - Knowledge Systems Laboratory, Institute for Information Technology, National Research Council Canada
- práca s fazzy faktami a pravidlami, rozhodovanie môže byť: presné, nepresné, zmiešané; využívanie neistoty a „fuzzy“ úlohy
- r. 1996 v. 6.02 aj pre IBM PC, MS DOS, MS Windows 3.1, zdroj. texty v C
- **wxClips** – Artificial Intelligence Applications Institute, University of Edinburgh, dve verzie 6.0 a 6.02A- fuzzy
- výlučne pre GUI prostredia, knižnicu funkcií pre prístup ku podmnožine wxWindows a vývoj. prostredie pre programy, ktoré sú schopné využívať knižnicu
- rozšírenia obsahujú ODBC, DDE rozhranie klient-server ap.
- **jessClips** – na báze JAVA

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **RT-Expert – Real Time Intelligent Systems**, založený na jazyku na podporu rozhodovania, ktorý bol vyvinutý pre NASA a US Air Force, **nejedná sa o shell**, ale o nástroj umožňujúci integrovať do užív. programu rozhodovanie na základe **pravidiel**, pravidlá sa aktivujú zmenami dát a dosiahnutím nastaveného času, možnosť **spätného reťazenia, prehľadávania do hĺbky**
- **systém pre MS DOS v prostredí Borland C**, pre výukové, výskumné a osobné použitie, pre komerčné na MS Win a UNIX nutnosť zakúpenia licencie

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **komerčné vývojové prostredia**
- **ACQUIRE – programový balík na podporu tvorby aplikácií ES**
- dve časti:
  - získavanie informácií od experta a vytvorenie BZ použiteľnej v aplikácii
  - IM využívajúci BZ v situáciách, kde možno znalosti použiť
- **prostredia:** MS Win, je priamo použiteľný pre doménového experta (bez programátora)
- **princíp:** rozpoznávanie vzorov, reprez. znalostí v tvare rámcov, prod. pravidiel a rozh. tabuliek
- **neurčitosť je spracovaná kvalitatívne**
- cena cca 995\$

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **Arity Expert Development Package** – nadstavba Arity Prologu, zameraný na získavanie znalostí od expertov a na oblast' organizovania práce s nimi
- je možné využívať výhody Prologu a pritom netreba v ňom vedieť programovať
- **prostredie sa skladá:**
  - **BZ**- koncepty a pravidlá, ktoré popisujú vzájomné vzťahy znalostív systéme
    - koncept-popis triedy objektov alebo ideí vhodných na reprezentáciu; BZ – taxonómia rámcov a klasifikujúcich koncepty a pravidlá rozširujúce popis vzťahov medzi konceptami
  - **IM**-hľadá závery podľa informácií v BZ

# Programové prostriedky na tvorbu ES

- **Arity Expert Development Package**
- **Vysvetľovací mechanizmus** – odpovedá na základe jednoduchej anglickej syntaxe
- **riadiaci mechanizmus** – umožňuje prispôsobenie aplikácie podľa požiadaviek (otázky, vysvetľovanie, poradie a spôsob vyhodnocovania výpočtov ap.)
- **predikáty ES** – slúžia na kontrolu konceptov, zistovanie vlastností konceptov, generovanie vzťahov medzi konceptami, testovanie pravidiel zadávaním čiastkových cieľov, sledovanie odvodzovacieho procesu ap.
- **využívajú faktor neistoty** ako v pravidlách tak v záveroch a odpovediach užívateľa na kladené otázky, má tri typy výpočtu: štandardný, fuzzy, pravdepodobnosťný
- možnosť vytvorenia **distribuovateľnej samostatnej aplikácie**

# Programové prostriedky na tvorbu ES

název	výrobce	charakteristika	URL
EXSYS	EXSYS	pravidla	<a href="http://www.exsysinfo.com/">www.exsysinfo.com/</a>
G2	GenSym	reálný čas	<a href="http://www.gensym.com/">www.gensym.com/</a>
KappaPC	IntelliCorp.	hybridní	<a href="http://www.intellicorp.com/">www.intellicorp.com/</a>
Level_5	Level 5	pravidla	<a href="http://www.L5r.com/">www.L5r.com/</a>
M4	Teknowledge	pravidla	<a href="http://www.teknowledge.com/">www.teknowledge.com/</a>
Nexpert Object	Neuron Data	hybridní	<a href="http://www.neurondata.com/">www.neurondata.com/</a>
XpertRule	Attar	pravidla	<a href="http://www.attar.com/">www.attar.com/</a>
Clips	NASA	hybridní	<a href="http://www.jsc.nasa.gov/">www.jsc.nasa.gov/</a>

Tabulka 5.2: Informace o zahraničních systémech

# **Prostriedky na tvorbu ES (časť 2.)**

## **Niekteré príklady ES.**

**ES: Exlipse,Exsys, G2**

**ES vytvorené v ČR**

**Poznámky k tvorbe ES**

# Prostriedky na tvorbu ES (časť2.)

- **ECLIPSE**

- Firma **The Haley Enterprise**, vychádza z CLIPSu verzie 4.3, implementovaný v rôznych platformách, vysoká rýchlosť používaním algoritmu RETE
- **Vlastnosti** zodpovedajú CLPSu, iný spôsob vývoja⇒okrem priameho reťazenia používa aj spätné, podpora spolupráce s dBase, viacnásobné ciele
- Novšie verzie spolupráca s **Vbasic**, tak, že jeho lišta je obohatená o možnosť práce s pravidlami
- Udalosti IM vykonávajú kód daný vo VB
- **Distribúcia:** na www možnosť stiahnuť archívny súbor, na požiadanie heslo na odarchívovanie zdarma, zdarma ja aj jednomes. testovanie

# Prostriedky na tvorbu ES (časť2.)

- **EXSYS**
  - Firma **EXSYS Inc. New Mexico**, USA,
  - **Prostredia** MSDOS, MSWin, Sun Open Lok, Unix, Vax, Macintosh
  - **Vlastnosti:** pravidlový systém, IM: priame+nepriame ret'azenie,SQL-rozhranie, lin. Programovanie, neurónové siete, fuzzy-logiku ap.
  - Určený hlavne pre expertov, nie je nutná program. Zdatnosť
  - **Filozofia:** viacúrovňový prístup k vývoju aplikácie⇒4 úrovne nástrojov:
    - **EXSYS RuleBook**
    - **EXSYS RuleBook Plus**

# **Prostriedky na tvorbu ES (časť2.)**

- **EXSYS Rule Book**
- Aplikácie sa konštruujú rozhodovacími stromami (diagramy), rýchla končtrukcia pravidiel, stromy sa okamžite testujú na kompletnosť, aby nedošlo k log. chybám
- **EXSYS RuleBook Plus**
- Tiež rozhod. stromy, ale pomocou procedurálneho jazyka možnosť ovládať logiku rozhodovania, riadiť riešenie problému, +rozhrania SQL,tab. procesory, práca s rámcam, tab.technológiou  
⇒možnosť komunikácie s inou aplikáciou cez súbor

# Prostriedky na tvorbu ES (časť2.)

- **G2-svetová špička v ES, Gensym Corporation, Cambridge, USA**
  - **ES reálneho času**, s vysokými nárokmi na kontinuálne a inteligentné sledovanie procesov, diag. účely a riadenie
  - **aplik. oblasti:** riadenie výr. procesov, telekomunikácie, kozmické lety, medicína, finančníctvo, robotika
  - **základné aplikačné možnosti:** náhrada ľud. operátora, rozhodovanie a riadenie odozvy na udalosti v nepretržitej prevádzke, aplikácia aj procedurálnych aj pravidlových znalostí a prav. heuristiky, sledovať a vyhodnocovať relácie medzi objektami, získavať inf. z rôznych zdrojov, spolupráca viacerých G2 systémov

# Prostriedky na tvorbu ES (časť2.)

- **Vlastnosti G2:**
  - práca s **objektami**, zotriedenými do **riad**, vytvárajú sa bud' cez menu alebo klonovaním
  - **objekty** môžu byť:
    - **trvalé**-permanentné, v báze znalostí
    - **dynamické**-pri vykonávaní procedúr resp. pri akcii s pravidlom
  - objekty sú reprezentované ikonou, ktorú je možno navrhnúť
  - k objektu patria s ním **spojené atribúty**
  - **riady**: usporiadane hierarchicky, dedičnosť
  - premenné a parametre: meniace sa, špec. rady, vlastné atribúty(zabezpečovanie história zmien prem.)
  - parameter-má vždy priradenú hodnotu, ale premenná expiruje-stráca hodnotu⇒možnosť nastaviť čas expirácie
  - **konekcie a relácie** - prepojenia a vyáj. vzťahy

# Prostriedky na tvorbu ES (časť 2.)

- **pravidlá** – znalosti experta a určujú ako reagovať na danú situáciu
- **procedúry** – riadia činnosť systému alebo obsahujú niektoré znalosti
- **funkcie** – ako u iných prog.jaz. + funkciabelárne, externé ( v C, Fortran )
- **IM** – pracuje v reálnom čase, komunikuje s užívateľom, ovládanie režimu:
  - sledovanie **klúčových pravidiel**
  - zameranie sa na **určité objekty** a vyhodnocuje len pravidlá súvisiace s nimi alebo pravidlá týkajúce sa určitej kategórie tried
    - **priame reťazenie** pre pravidlá
    - **spätné** pri hľadaní hodnôt

# Prostriedky na tvorbu ES (časť 2.)

- **simulátor** – interný simulátor vhodný pre testovanie
- vývojové rozhranie – práca návrhara (editovanie, vytv. ikon, dokumentácia, praca s BZ ap.)
- **užívateľské rozhranie** – komunikácia konc. užívateľa ( rôzne druhy menu, prac. priestory, riadiace prvky, panely hlásení, cudzojazyčné texty ap. )
- **telewindows** – vzdialený simultánny prístup viacerých užívateľov, pričom je plne zachovaná funkčnosť pre nich, pracujú však s jednou bázou znalostí ( v danom okamihu)
- **dátové rozhrania** – s ext. procesmi, inými G2, ext. systémami

# Prostriedky na tvorbu ES (časť 2.)

- Ďalšie systémy:
- **KAPPA** – IntelliCorp, USA
  - plne objektovo-orientované prostredie
  - interaktívne graf. rozhranie
  - výkonný jazyk
  - knižnica graf. rozhrania
  - roahrania – št. databázy, tab. procesory, VB, graf. balíky, CAD balíky ap.
  - agendou riadené ret'azenie, zasielanie správ
  - nutnosť: ovládanie objektového spôsobu práce
  - jazyk na spracovanie udalostí pod Win je **KAL** – bud' ako interpret alebo prekladá do C a potom prekladač Microsoft C resp. Borland C do DLL a tá je 3\* rýchlejšia ako pôv. zdrojový text

# Prostriedky na tvorbu ES (časť2.)

- **M4 – Teknowledge, USA-** vyšší systém
  - jadro, ktoré je možné spojiť s knižnicou 110 procedúr ( DLL, VBX alebo sa zintegruje cez EXE)
  - pravidlové systémy+práca s procedúrami aj s objektami
  - stačia na tvorbu priemerné program. vedomosti a zručnosti
  - spätné ret'azenie
  - práca s neurčitost'ou
  - priame ret'azenie volané procedúrami (whenfound- whencached)
  - fakty a pravidlá, procedúry
  - premenné + porovnávanie vzorov
  - rekurzie+ iterácie
  - práca so zoznamami, objekty+dedičnosť, ret'azce, prík.jazyk ap.
  - možnosť kódovania BZ, VM, veľké BZ

# Prostriedky na tvorbu ES (časť 2.)

- **Vytvorené v českej republike:**
- EQUANT – MÚ a ÚI ČSAV (80 roky)
- SAK – VŠE
- FEL-EXPERT- ČVUT
- TEAM – VŠE – Praha v spolupráci s psychológom, zameriava sa na vyhodnocovanie práce riešiteľských skupín
- [lisp.vse.cz/~berka/es\\_6prt.ps](http://lisp.vse.cz/~berka/es_6prt.ps)
- **1.Poznámka: dedikované systémy** – systémy tvorené najprv v prázdnom ES, neskôr upravované podľa požiadaviek užívateľov na aplikáciu šitú na mieru

# Prostriedky na tvorbu ES (časť 2.)

- **2. Poznámka: testovanie ES** – na testovanie výkonov počítačov sa používajú bežne testovacie programy tzv. **benchmarks**
- podobne sa navrhujú testovacie systémy na ES
- postavia sa určité typy BZ a na nich sa otestujú ES ako rýchlo a kvalitne dokážu spracovať tieto BZ
- iná možnosť je práca s reálnou BZ potom sa vyhodnocuje
  - **úspornosť**
  - **zrozumiteľnosť**
  - **zhoda doporučenia zo závermi experta**
  - **počty položených dopl. otázok**
  - **otázka editoru, interface, vysvetlovanie a pod.**

# Tvorba ES.

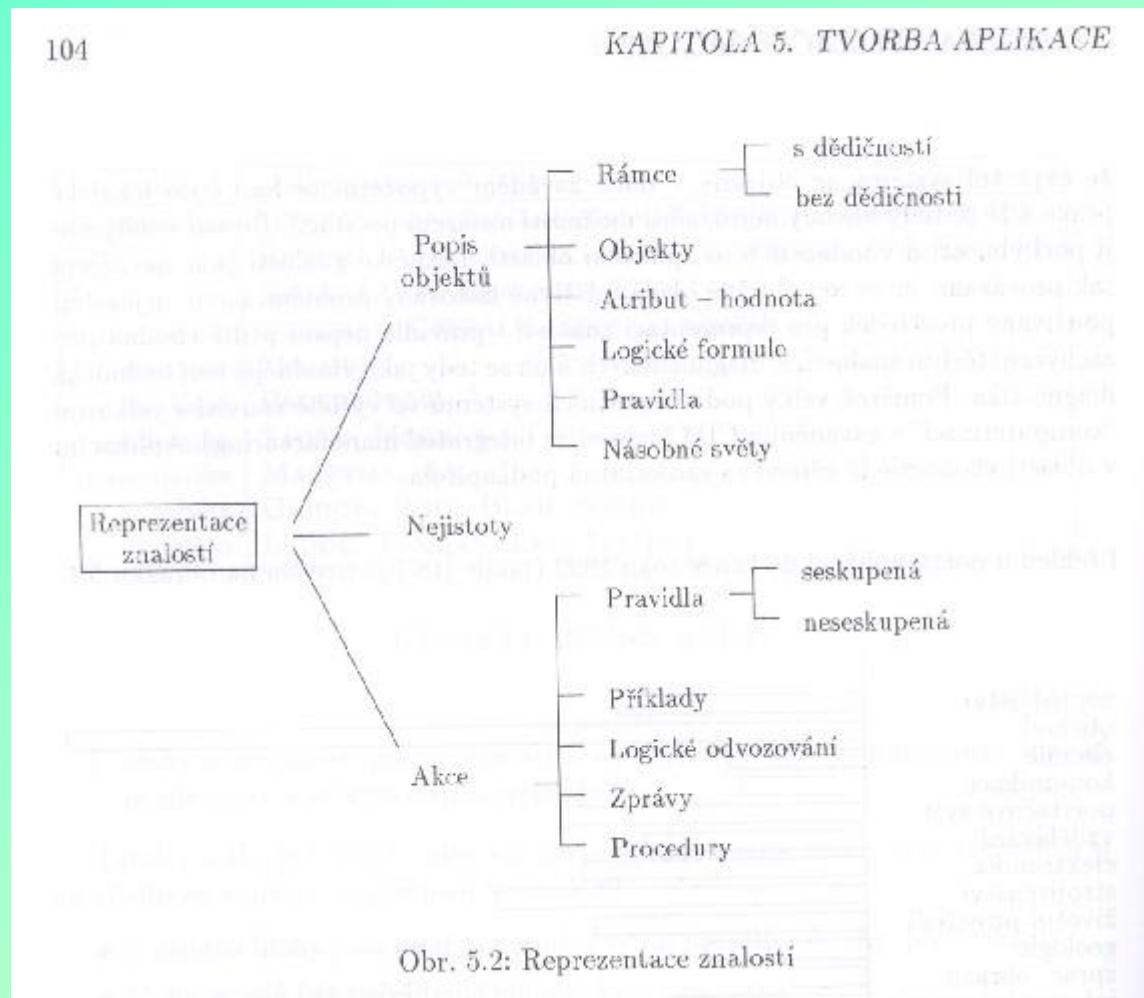
**Špetka praxe  
vydá za tony  
teórie.**

**Murphyho zákony**

**Reprezentácia  
znalostí**

104

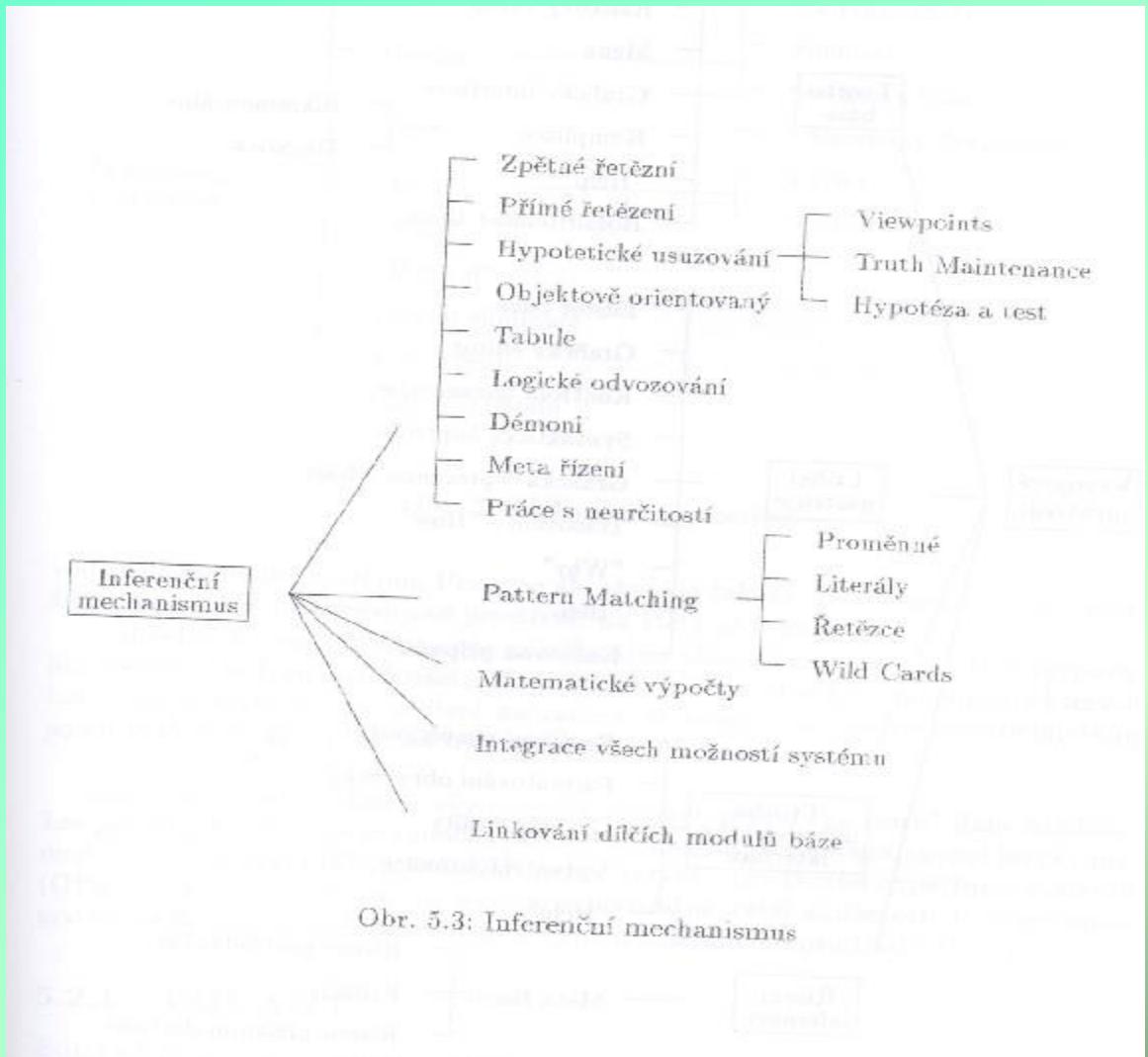
KAPITOLA 5. TVORBA APLIKACE



Obr. 5.2: Reprezentace znalostí

# Inferenčný mechanizmus

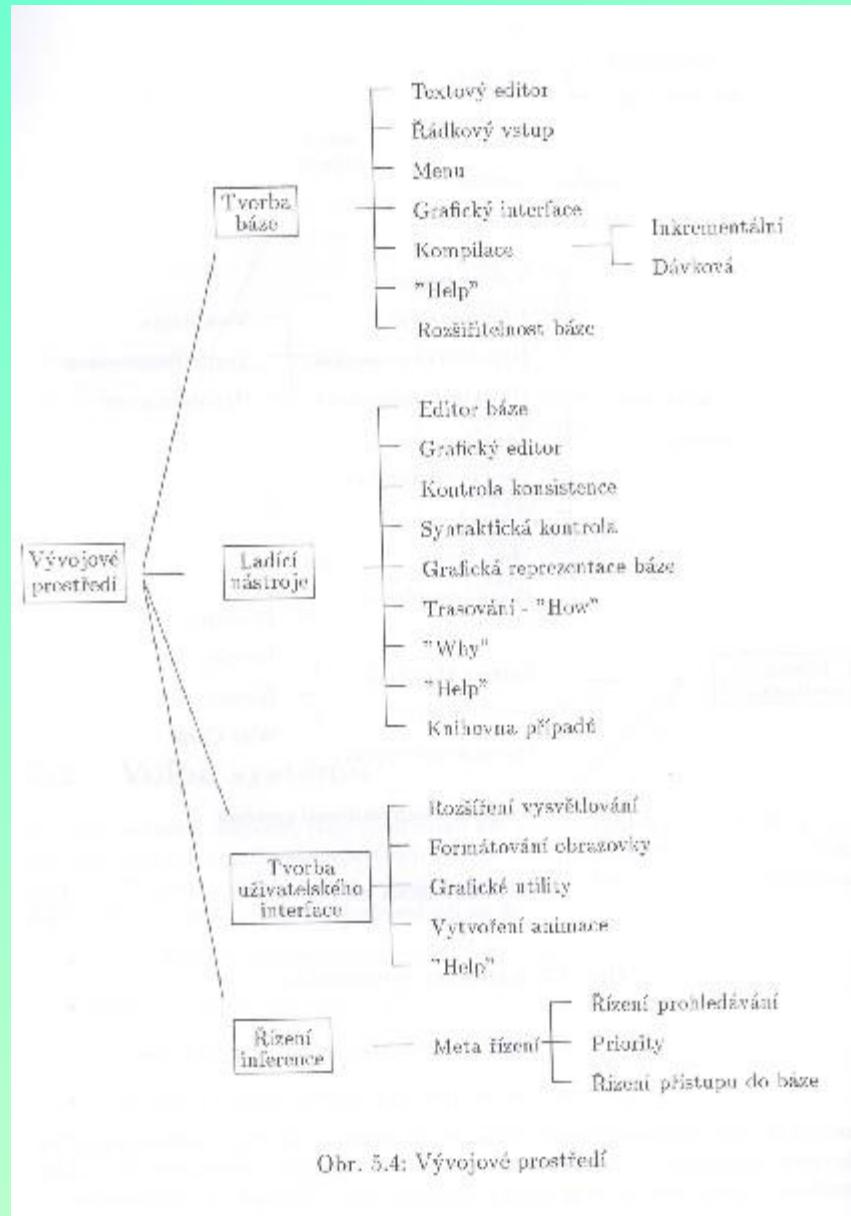
## Tvorba ES.



Obr. 5.3: Inferenční mechanismus

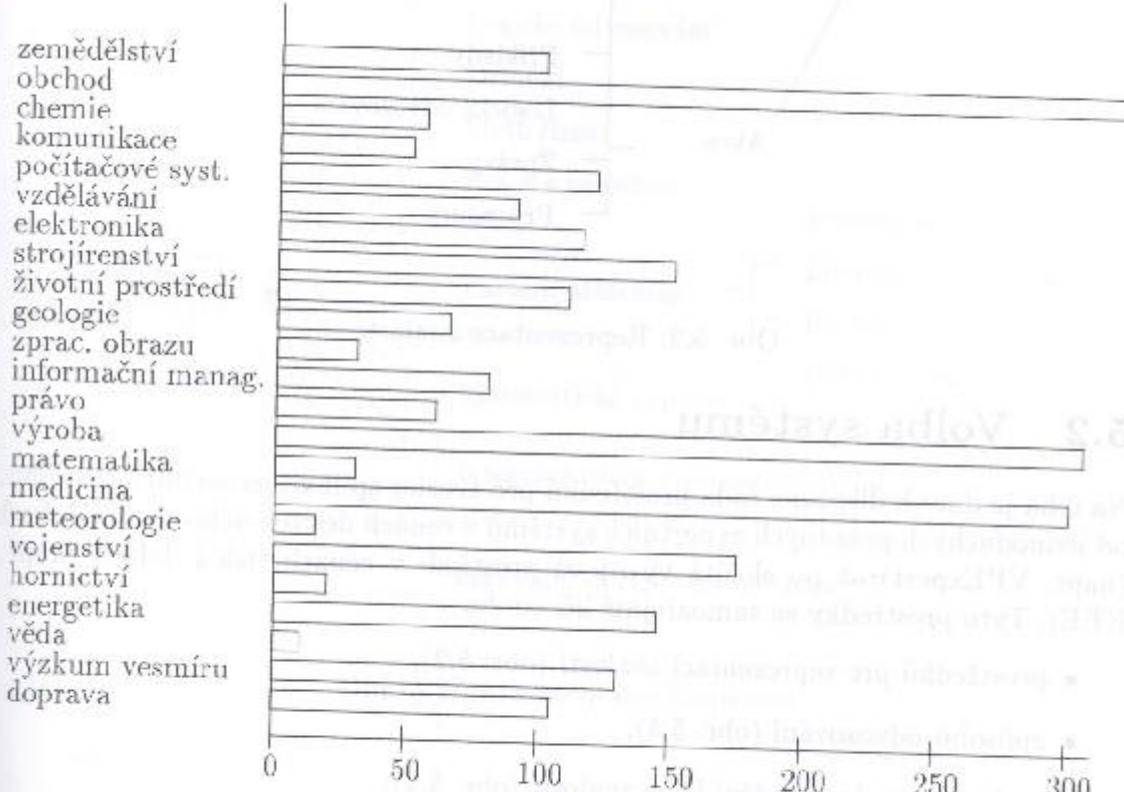
# Tvorba ES.

## Vývojové prostredie



Obr. 5.4: Vývojové prostředí

# Nasadenie ES do praxe v r. 1992



Obr. 5.1: Počet aplikací