



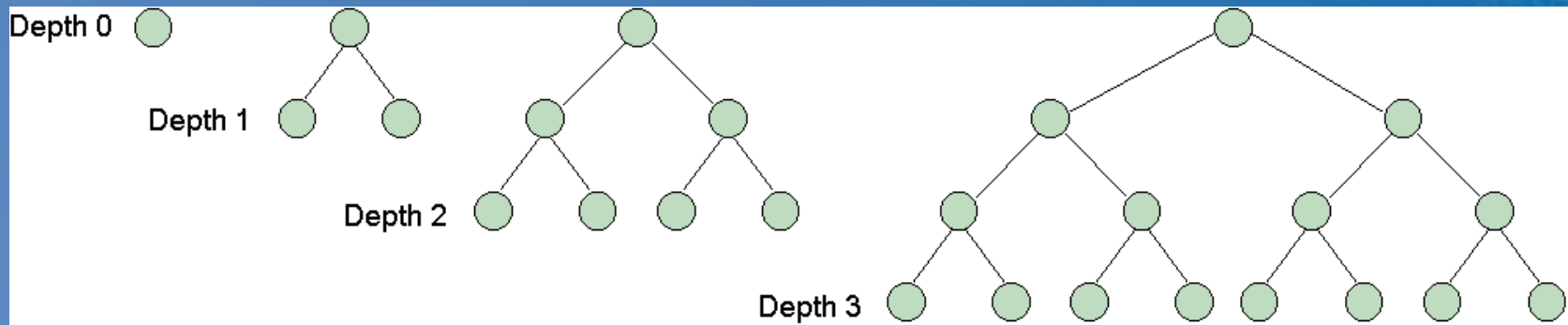
# Expertní systemy

PSY 481

# Stavové pole



Expertní systémy (produkční systémy) mohou být přirovnány k nástrojům používaným při řešení problémů (problem solving). Konkrétněji na technikách založených na hledání cíle pomocí stavového pole.



Pojmem stavové pole (prostor) je myšlena grafická forma reprezentací stavů systému tak, že jsou možné stavy kauzálně rozmístěny v prostoru, což zvyšuje přehlednost vyjádření. Objevují se i ve formě matematické formalizace, která již nenabízí výhody přehlednosti.

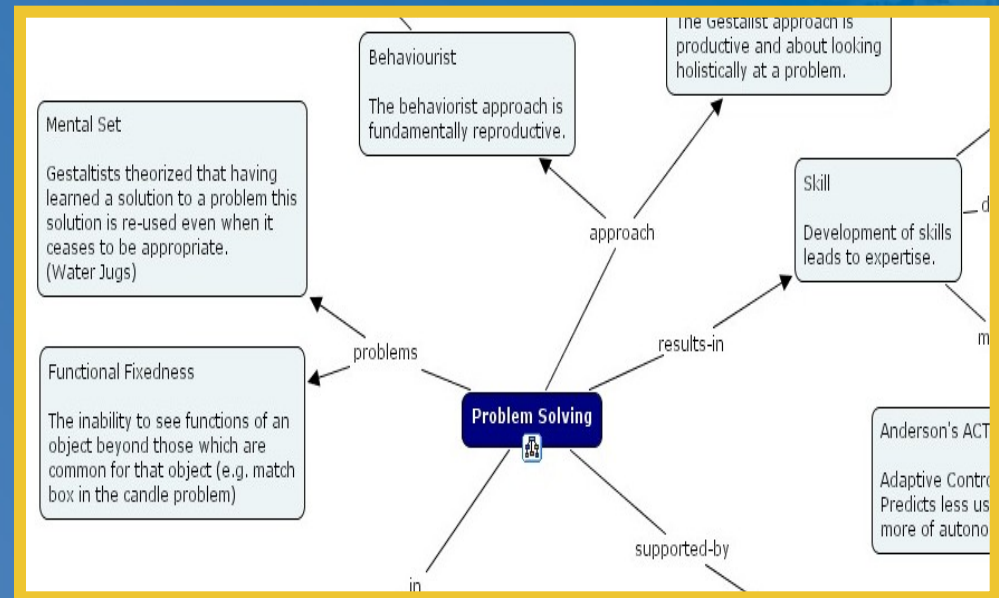
# Problem Solving



Psychologie vymezuje rámec dle typů problémů se kterým se setkáváme (problémy s mezerou, příliš složité problémy), dle způsobu zadání apod.

Příkladem může být Sternbergovo dělení faktorů, které způsobují složitost řešené úlohy:

1. počet kroků (procesů)
2. počet komponent
3. zátěž paměti a pozornosti
4. zátěž adaptability ( exekutivy a metakognice)





# Prohledávání stavového prostoru



## Neinformované prohledávání stavového prostoru

- a) do šířky
- b) do hloubky

## Informované prohledávání

$f$  - hodnotící funkce (vztahuje se k cílovému stavu)

### gradientní (hill climbing) algoritmus

otevře ten uzel, který má nejlepší hodnotu  $f$

### algoritmus uspořádaného prohledávání (best-first search)

rozšíření gradientního algoritmu o paměť (jméno uzlu, jméno rodičovského uzlu)

# Prohledávání stavového prostoru



## Rozšířené možnosti

**Funkce g** - můžeme také použít cenu, která hodnotí kolik už jsme prošli od počátečního stavu

**Funkce h** - heuristika (odhad cesty od daného uzlu k cíli)

Lze zadávat různou důležitost těmto třem hodnotám a podle toho bude algoritmus prohledávat ( $h=0$  a  $g=0$  je náhodné prohledávání)

**Hledání v hierarchicky uspořádaném stavovém prostoru**  
- čím abstraktnější úroveň, tím méně možných řešení.

# Prohledávání stavového prostoru



**Metaznalosti** - vloží uživatel pravidla, které získal na základě analýzy problému a která vedou k řešení efektivněji.

**Použití analogií při prohledávání** - Case based reasoning - podobnost mezi stavovými prostory

**Rozklad úlohy na podúlohy** - dělá se pomocí AND/OR grafů - konjukce nebo disjunkce úloh



# Prohledávání stavového prostoru

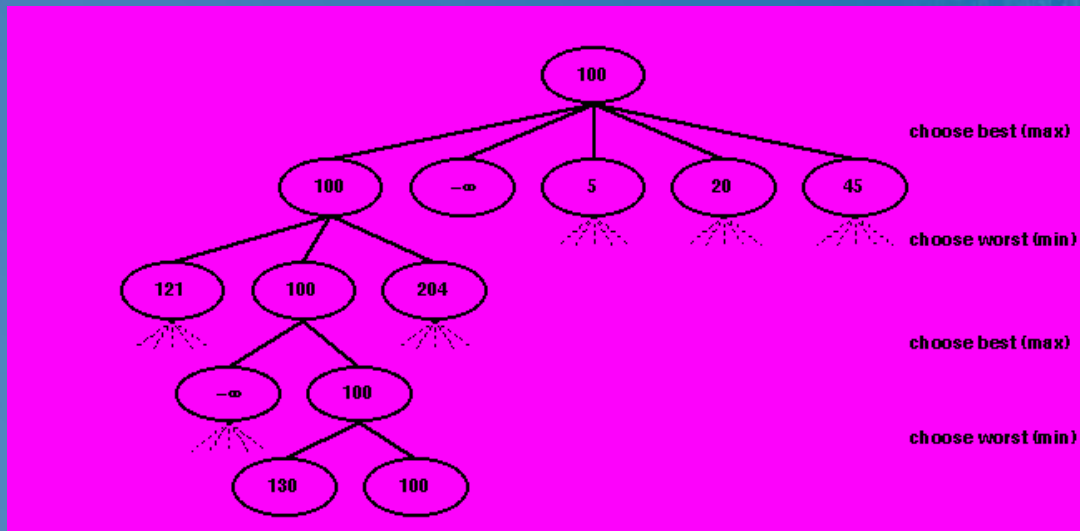
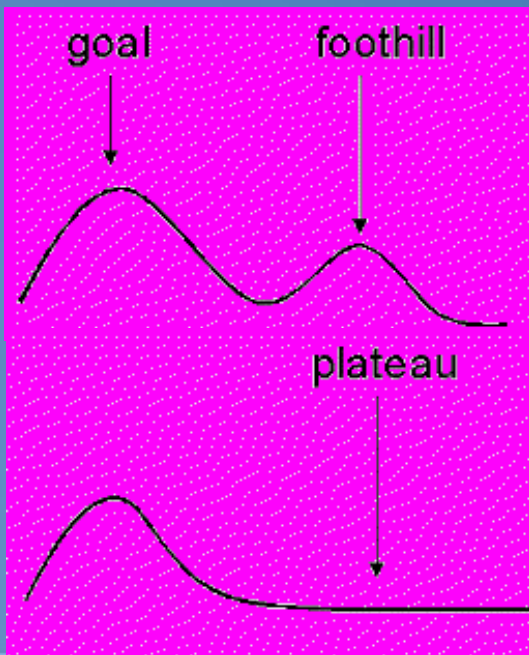


## Metoda prohledávání Minimax

- používáno u typu her s *nulovou sumou*. Jednotlivé tahy jsou vybírány na základě maximalního zisku a zároveň je brán v potaz minimální zisk oponenta.

## Prořezávání alfa/beta (pruning)

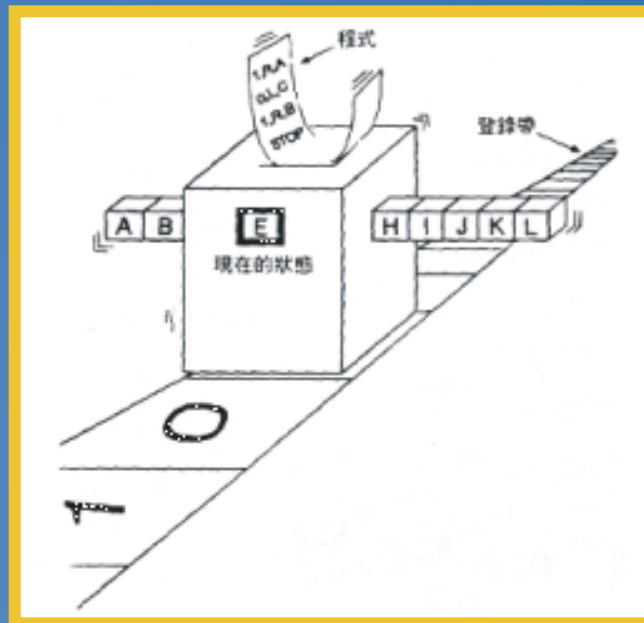
– eliminace větví které nevedou k cíli (malá hodnota  $f$ ). Nejsou citlivé k lokálnímu maximu



# Symbolické systémy



Symbolický funkcionalismus, proud zvaný též jako „stará-dobrá-umělá-intelligence“ (GOFAI), je založen na dvou základních hypotézách – funkcionalistické hypotéze a hypotéze fyzického symbolického systému . Funkcionální hypotéza je v podstatě variantou Church-Turingovy teze.





# Church-Turingova teze



- Libovolný proces, který můžeme nazvat jako efektivní procedura může být realizován pomocí Turingova stroje. (Minsky, 1963)
- Všechny počítačové modely jsou stejné nebo méně výkonné než Turingův stroj (Luger, 1994).
- Složitost či efektivnost algoritmu je prokazatelná tím, jak ji lze provést Turingovým strojem (Crane, 2002).

# Fyzický symbolický systém

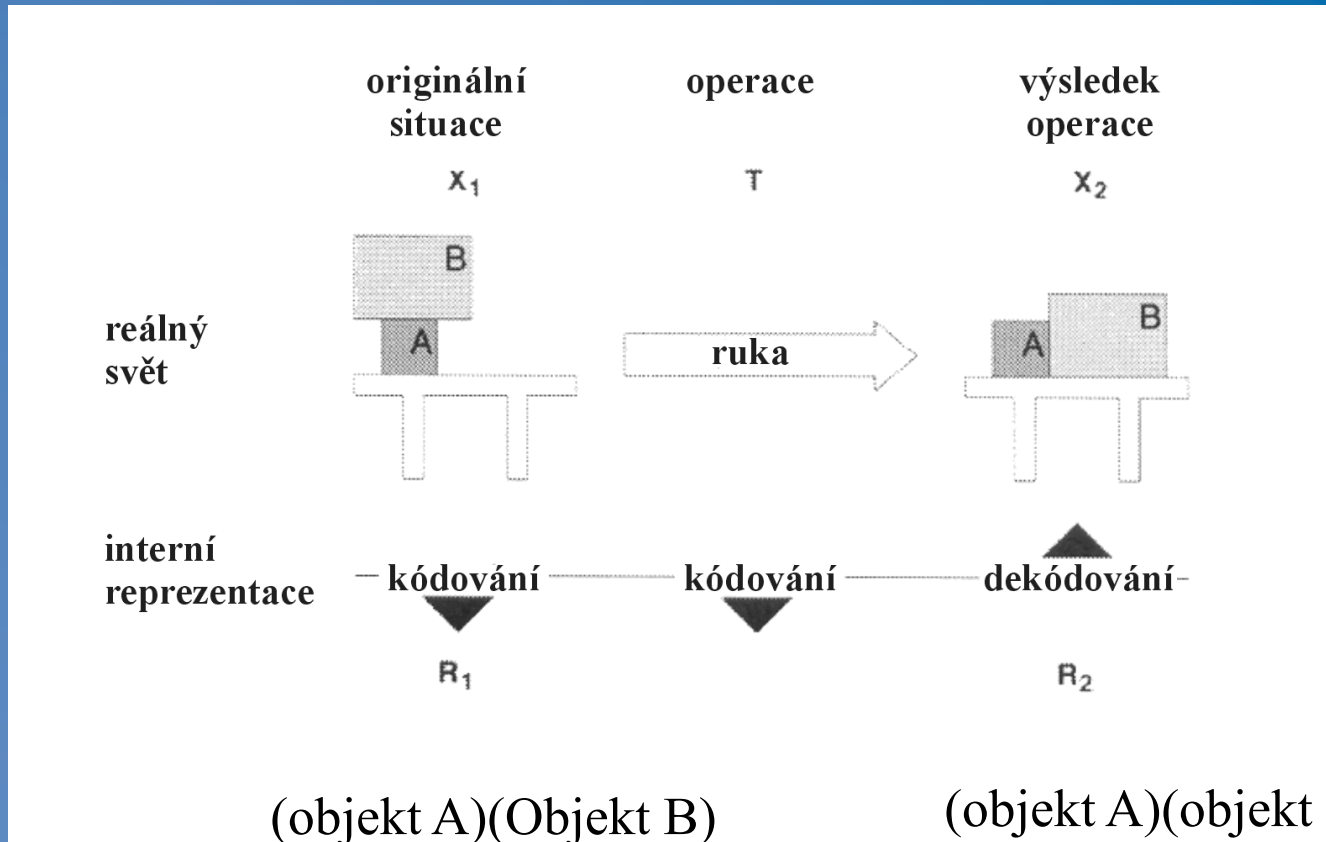


Hypotéza fyzického symbolického systému tvrdí, že:

„Fyzický symbolický systém je dostatečným a nezbytným prostředkem pro prezentaci inteligentního chování.“

Autory hypotézy a následné teorie jsou Allen Newell a Herbert Simon. Z výchozích principů, které autoři zastávali, se jedná spíše o empirický než teoretický přístup ke zkoumání lidské inteligence. Inteligence je zde nazírána jako manipulace se symboly, přičemž systém fyzických symbolů je nutnou podmínkou pro její realizaci. Slovo fyzický je myšleno ve smyslu nutnosti uložení symbolů do určitého fyzického média. To, jakým způsobem je uložen je nepodstatné.

# Fyzický symbolický systém



(objekt A)(Objekt B)

(Stůl S)

(na B A) (na A S)

(objekt A)(objekt B)

(stůl S)

(na A S) (na B S)



# Fyzický symbolický systém



- Jedná se o zachycení prostorových vztahů, které by v případě složitější situace vedlo k nutnosti dlouhého řetězení operátorů.
- Nevýhodou při převodu je právě vyjádření prostorových vztahů jazykovým kódem místo obrazového.
- Se vzrůstající komplexitou (větší počet prvků, vztahů a jejich proměn v čase) vznikne situace, kdy pro záznam měnící se situace potřebujeme takové množství popisujících prvků, že se daný symbolický systém stane neefektivním a bude vyžadovat značné zatížení výpočetního aparátu.
- Přes všechny námitky, se tento způsob reprezentace stal standardem v oblasti umělé inteligence. Největší možnosti jeho využití nabízejí produkční systémy, které pracují se symboly uloženými ve formě znalosti

# Simon-Newell



- Tvorba univerzálního algoritmu (či programu) schopného zpracovávat úlohy z různých oblastí (libovolný typ úlohy).
- Aplikace v klasické Von neumannovské architektuře
- Metoda „top-down“, což znamená, že postup zpracování informace a tvorby chování je řízen z vrchní abstraktní úrovně a poté je spodní konkrétní vrstvou vykonáván.



- Newell tuto koncepci rozvrhl do tří rovin:
- Vrchní úroveň se nazývá „znalostní“ a obsahuje přehled znalostí a cílů, které může systém dosahovat.
- Prostřední logická úroveň vytváří posloupnost operací vedoucích k řešení a zpracovává je do algoritmické formy.
- Spodní úroveň implementační poté přiřazuje jednotlivé operace konkrétním programům na jejich vykonání

# Logic Theorist



Simon a Newell se zaměřili na ověřování teorémů v elementární symbolické logice.

Používali v procesu ověřování teorému „výrokového kalkulu“, složeného z propozičních výroků spojovaných pomocí operátorů „nebo“ a „implikuje“ do výrazu, které jsou také propozicemi a je možné jim přisoudit pravdivostní hodnotu.

Primárním cílem programu nebylo ověřovat teorémy, které již logikové potvrdili. Z 52 teorémů dokázal Logic Theorist ověřit 38.

Chtěli se dozvědět, které druhy pravidel lidé používají, pokud hovoří o intuici a dalších principech, jež nejsou přímo přístupné zkoumání.

Výsledků bylo později využito v oblastech jako jsou šachové programy, řešení problému apod.



# General Problem Solver



General Problem Solver byl spuštěn v roce 1957.

GPS vycházel z předpokladu, že zpracování informace je spíše doménově obecné než doménově specifické.

Rozdíl oproti LT je, že axiomy (tedy základní stavební kameny vyvozování) nahradíme znalostní bází, obsahující sérii základních postupů (receptů) při řešení problému.

Pokud je systému dána znalost o určitém aspektu světa, schopnost obecného usuzování mu umožní vyřešit problém.

Požadované informace byly systému dodávány formou „diferenčních tabulek“, specifikující rozdíl mezi danou situací a cílovým stavem. Pro zpracování těchto tabulek se používá *means-end analýza* (analýza prostředků a cílů).

# Analýza prostředků a cílů



V základě se dá způsob práce GPS shrnout do následujících kroků:

- 1. Zjistí rozdíl mezi současnou pozicí a cílovým stavem.*
- 2. Najdi operátor který typicky redukuje tento rozdíl.*
- 3. Urči , jestli může být operátor aplikován na danou situaci.*
  - pokud ano, použij jej*
  - pokud ne, urči situaci, za které může být operátor použit.*  
*(tvorba nového podúkolů)*
- 4. Vrať se na 1.*

Modifikací podmínek pomocí jiných operátorů je dosaženo výsledků, jenž nejsou ovlivněny pouze algoritmem programu, ale i vstupními daty. Ty ovlivní způsob práce a tvorbu posloupností (sekvence) operátorů.

# Rozklad úlohy na podúlohy



GPS používá 3 procedury - Transform - sestavuje a řeší podúlohu, Reduce - hledá nejefektivnější krok, Apply - aplikuje pravidlo na stav.

Pokročilá verze STRIPS - Stanford - hledání vhodné kombinace operátorů pro přechod od počátečního ke koncovému stavu.

PLANNER - MIT - rozdělení databáze na:

- a) fakta vážící se k aktuálně řešené úloze
- b) bázi obecných znalostí ve formě pravidel - procedurální znalost



# Expertní systém



Počítačový program simulující rozhodovací činnost lidského, experta při řešení složitých úloh a využívající vhodně zakódovaných speciálních znalostí převzatých od experta s cílem dosáhnout ve zvolené problémové oblasti kvality rozhodování na úrovni experta.



# Expertní systém



- počítačový systém hledající řešení problému v rozsahu určitého souboru tvrzení nebo jistého seskupení znalostí, které byly formulované experty pro danou specifickou oblast
- systém založený na reprezentaci poznatků expertů, které využívá při řešení zadaných úloh
- systém kooperujících programů na řešení vymezené tříd úloh, v jednotlivých problémových oblastech obvykle řešené experty
- počítačový systém vybavený znalostmi odborníka (experta) ze specifické oblasti, v jejichž rozsahu je schopný učinit rozhodnutí rychlostí kvalitou vyrovnávající se nejméně průměrnému specialistovi.

# Expertní systémy

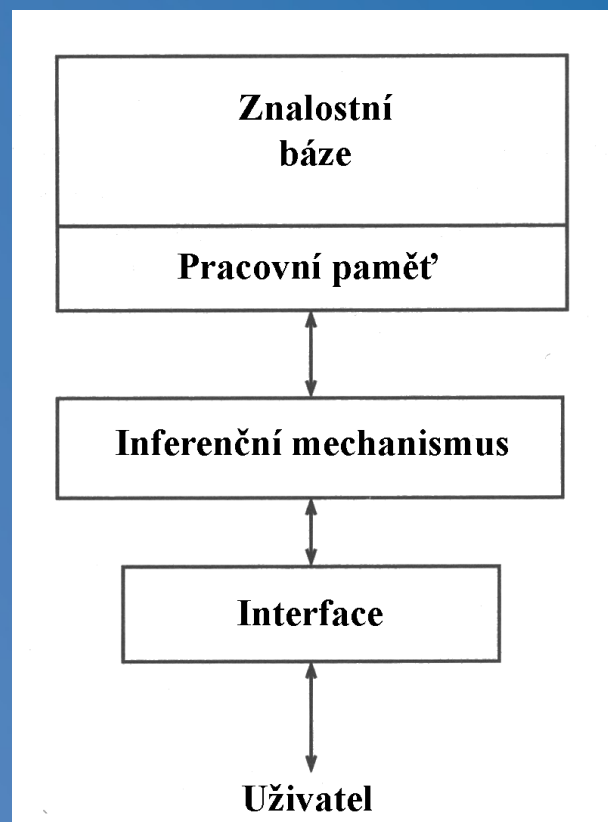


Dělení podle způsobu uložení znalostí:

- systémy založené na pravidlech
- systémy založené na rámcích
- systémy založené na logickém programování
- použití Bayesovské neurčitosti při hledání řešení



# Systemy založené na pravidlech



# Systemy založené na rámcích



**JMÉNO RÁMCE: Škoda Favorit**  
**položky:**

**ČÍSLO RÁMCE: 1**

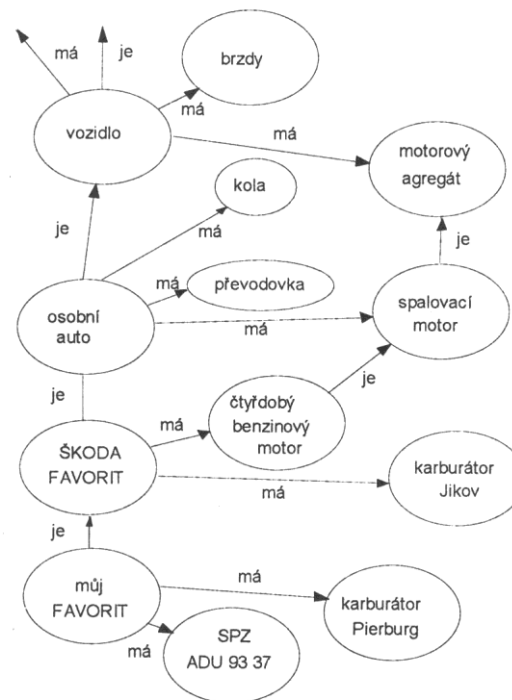
**IS-A: osobní auto**

**MOTOR: čtyřdobý benzínový**

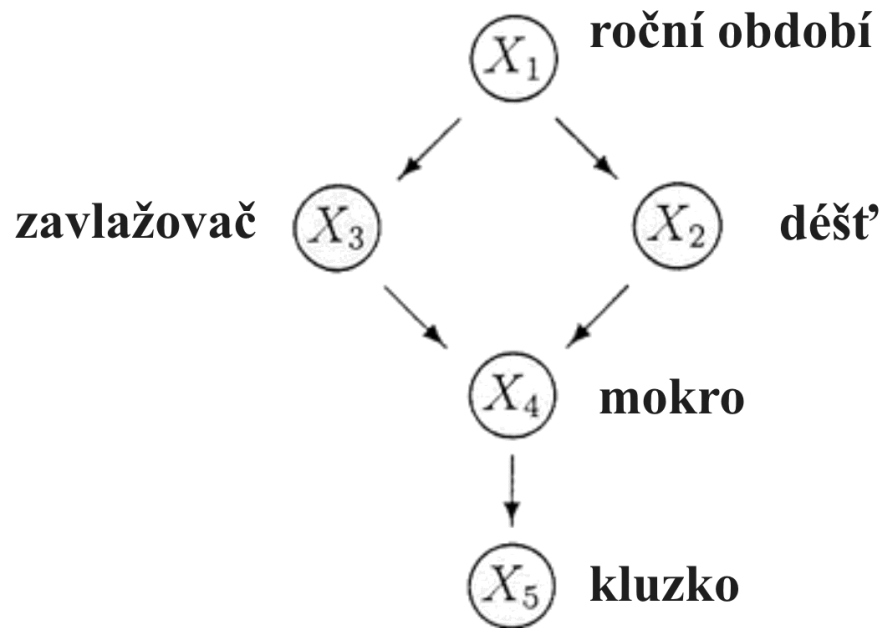
**PŘEVODOVKA: manuální**

**KARBURÁTOR: Jikov**

**... atd.**

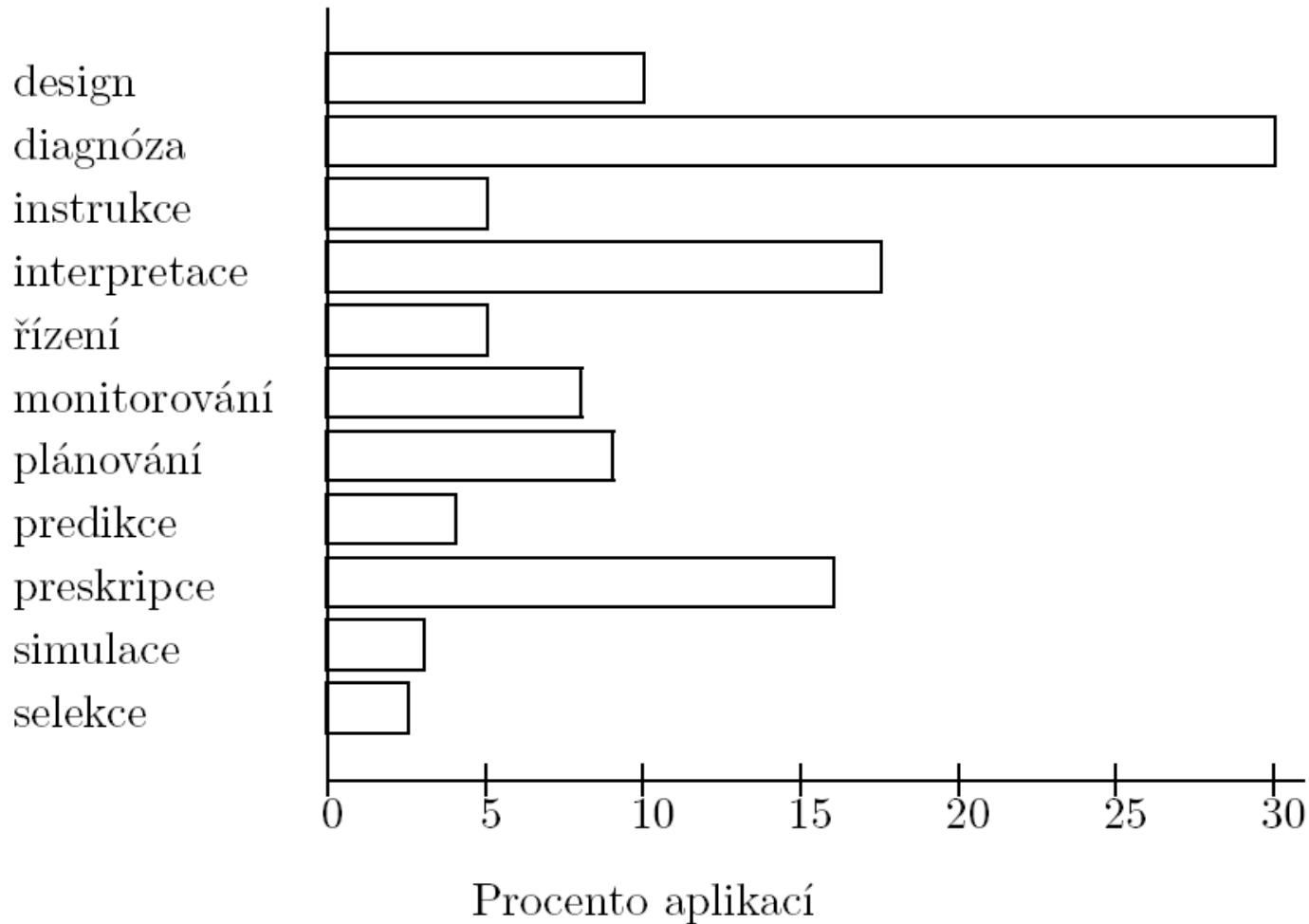


# Bayesovské sítě





# Oblasti aplikace ES



# Konkrétní aplikace



- lékařství MYCIN, CASNET/GLAUCOMA,  
INTERNIST/CADUCEUS, PIP, RHEUM,  
PUFF, ONCOCIN, MEDICO, PROTIS,  
DM, CADIAG, NEUREX, VM, HEADMED,  
EEG, ...
- chemie DENDRAL, CRYNALIS, SECS, SYNCHEM
- genetika MOLGEN
- geologie PROSPECTOR
- mechanika SACON, MECHANO
- matematika MACSYMA, AM
- výuka GUIDON, WHY, BLAH, SOPHIE
- právo LEGOL, TAXMAN, LRS, MATRIM
- ekonomika XCON, XSEL, FAST, PLANET, ...

# Nedostatky expertních systémů



- Úzká oblast expertízy
- Nedostatek znalosti o vlastních možnostech a omezeních
- Využívání povrchové a málo strukturované znalosti
- Příliš jednoduchý řídicí mechanismus
- Neschopnost využívat zdravý rozum
- Omezené jazykové prostředky pro vyjadřování faktů a znalostí
- Omezené vysvětlovací schopnosti
- Neschopnost pomoci či poradit při základním navrhování znalostí (takové problémy má i člověk)
- Existence "znalostního cara"



# Teoretické problémy



- Větší využití hloubkových znalostí
- Vnořování i kauzální modelů do expertních systémů
- Uvažování na základě analogií
- Práce z různorodými zdroji znalostí
- Práce v reálném čase
- Schopnost uvažovat o čase
- Učení z vlastních zkušeností
- Propojení expertních systémů s prostředím (embodiement)

# Příště



V následující hodině se budeme zabývat

**Vtělená kognitivní věda**

**Agentový přístup**

Úkol do příště:

**Rolf Pfeifer a Christian Scheier:**

**Understanding intelligence**

V informačním systému jej naleznete v sekci studijních materiálů.

# Konec



Děkuju za pozornost

