



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Název projektu	Rozvoj vzdělávání na Slezské univerzitě v Opavě
Registrační číslo projektu	CZ.02.2.69/0.0./0.0/16_015/0002400

**Expertní systémy**

**Znalosti**

**Jan Górecki**



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

# Charakteristické rysy znalostí

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- . znalosti umožňují odvodit nové informace
- . znalosti ukazují zákonitosti, vztahy, pravidla
- . prakticky používané při řešení problémů
- . zobecnění empirických zkušeností
- . heuristická, intuitivní povaha (tacitní znalosti)
- . neúplné, měnící se
- . nepřesné, neurčité, nejisté, vágní
- . spojené se způsobem usuzování
- . úzce specializované

Pojetí znalostí v rámci logiky usuzování a inferenčního mechanismu, který ji prakticky realizuje:

Nová znalost je taková, která není daným inferenčním mechanismem odvoditelná z již dostupných znalostí.

---

# Informace a znalosti

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

Rozhodovací proces – expert vybavený znalostmi zvažuje data relevantní pro daný problém a činí rozhodnutí

- Znalosti expert získal vzděláním a zkušeností
- Vybraná data představují informace

Zdroj znalostí (expert) a zdroj informací (sebraná data) se liší

- Jestliže se můžeme spolehnout při sběru na automatický proces nebo úředníka, hovoříme o datech, resp. informacích. Správnost dat může být objektivně verifikována.
  - Jestliže hledáme experta, potom hovoříme o znalostech obsahujících abstrakce a generalizace.
-

# Hierarchie znalostí

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- . moudrost
  - . znalost
  - . informace
  - . data
  - . šum
-

# Formy reprezentace znalostí (1)

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

. Predikátová logika, speciálně deskripční logika

---

# Formy reprezentace znalostí (2)

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

## . Rámce

- datové struktury reprezentující stereotypní situace
  - postupné vyplňování stránek, předdefinované hodnoty
  - dědičnost v hierarchii rámců (generalizace – specifikace)
  - teorii vytvořil M. Minsky
  - na jejím základě vzniklo objektově orientované programování
-

# Formy reprezentace znalostí (3)

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

## . Sémantické sítě

– grafová reprezentace objektů a relací mezi nimi formou orientovaných spojení

---

# Formy reprezentace znalostí (4)

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

## . Konceptuální grafy -zobecnění rámců a sémantických sítí

-J.F.Sowa: Knowledge Representation: Logical, Philosophical,  
and Computational Foundations. 2000, 594 str.

## . Reprezentace znalostí pravidly

---



Egypt: 17. století př.n.l. – tzv. Smythův papyrus (1882) se objevilo 48 pravidel ve stejném tvaru o poraněních hlavy

KDYŽ má pacient tento symptom,  
PAK se jedná o následující poranění

60. a 70. léta – odklon od algoritmů k systémům využívajícím znalosti –  
DENDRAL – analýza molekul – první komerčně úspěšný ES

---

# Tvary pravidel (1)

---



- Pravidla (*rules*) mohou mít například takovéto tvary:
    - IF předpoklad THEN závěr
    - IF situace THEN akce
    - IF podmínka THEN závěr AND akce
    - IF podmínka THEN důsledek1 ELSE důsledek2
  - V předpokladové části (*antecedentu*) se mohou vyskytnout spojky AND a OR, v důsledkové části (*konsekventu*) se může vyskytnout spojka AND. Součástí pravidla může být také tzv. *kontext*, ve kterém má být pravidlo uvažováno.
-

## Tvary pravidel (2)

---



- Jiný způsob zápisu pravidla *if E then H*:  $E \rightarrow H$
  - ( $E$  – evidence,  $H$  – hypothesis).
  - Pravidlo  $E \rightarrow H$  neznamená totéž, co implikace  $E \Rightarrow H$ .
-

# Pravidlové systémy

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- Většina znalostních systémů je založena na pravidlech, nebo kombinuje pravidla s jiným způsobem reprezentace.
  - Pravidlové systémy se od klasických logických systémů odlišují *nemonotonním uvažáním* a možností *zpracování neurčitosti*.
  - Neurčitost se může vyskytnout jednak v předpokladech pravidla, jednak se může týkat pravidla jako celku.
-

# Inference v pravidlových systémech

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- Inference je založena na pravidle *modus ponens*:

$$\frac{E, E \rightarrow H}{H}$$

- To znamená, že jestliže platí předpoklad  $E$  a pravidlo  $E \rightarrow H$ , pak platí závěr  $H$ . Modus ponens představuje přímé usuzování. Nepřímé usuzování je dáno pravidlem *modus tollens*:

$$\frac{\neg H, E \rightarrow H}{\neg E}$$

- Řešení problému spočívá v nalezení řady inferencí (*inference chain*), které tvoří cestu od definice problému k jeho řešení
-

# Základní strategie procesu usuzování

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

## *Usuzování řízené daty (dopředné řetězení, forward chaining):*

Začíná se všemi známými daty a postupuje k závěru. Je vhodné pro problémy zahrnující syntézu (navrhování, konfigurace, plánování, rozvrhování, ... ).

## *Usuzování řízené cíli (zpětné řetězení, backward chaining):*

Vybírá možný závěr a pokouší se dokázat jeho platnost hledáním dat, které jej podporují. Je vhodné pro diagnostické problémy, které mají malý počet cílových hypotéz.

---

# Základní struktury v pravidlových systémech

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

## *Inferenční síť (inference network):*

Závěry pravidel jsou fakta, která korespondují s předpoklady jiných pravidel. Znalostní bázi můžeme vizualizovat jako síť propojených pravidel a faktů.

## *Systém porovnávání se vzorem (pattern-matching system):*

Závěry pravidel jsou obecnější a můžeme je chápat jako kolekce faktů, které mohou nebo nemusí korespondovat se vzory popsanými v předpokladech jiných pravidel.

---

# Inferenční síť

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- Inferenční síť může být reprezentována jako graf, jehož uzly jsou fakta a orientované hrany odpovídají pravidlům.
  - Inferenční sítě jsou užitečné pro domény, kde počet možných řešení je limitován, jako jsou např. *klasifikační nebo diagnostické problémy*. Tyto systémy jsou však méně flexibilní.
  - Inferenční sítě se snadněji implementují a snadněji se v nich zajišťuje vysvětlování.
-



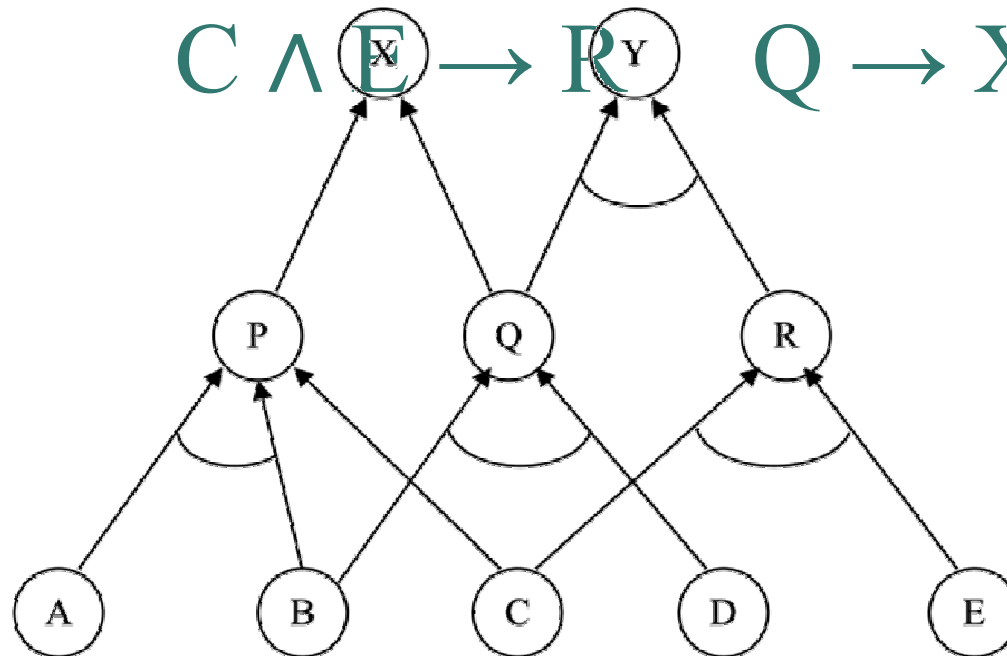
# Inferenční síť - příklad



- $A \wedge B \rightarrow P$     $B \wedge D \rightarrow Q$     $P \rightarrow X$     $Q \wedge R \rightarrow Y$

- $C \rightarrow P$

$C \wedge X \rightarrow R$     $Y \rightarrow R$     $Q \rightarrow X$



# System porovnávání se vzorem

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- Vztahy mezi fakty a pravidly se ustavují až při běhu na základě úspěšného porovnání faktů se vzory, které se nacházejí v levých částech pravidel. V případě shody všech vzorů v levé části pravidla s fakty v bázi faktů se mohou provést akce v pravé části pravidla (např. to může být zápis faktu do báze faktů nebo zrušení faktu v bázi faktů).
  - Systémy založené na porovnání se vzorem se vyznačují vysokou flexibilitou a schopností řešit problémy. Jsou spíše aplikovatelné v doménách, kde počet možných řešení je vysoký nebo neomezený, jako je *navrhování, plánování a syntéza*. V těchto doménách nejsou předdefinovány vztahy mezi fakty a pravidly.
  - V těchto systémech se hůře zajišťuje podpora rozhodování za neurčitosti. V rozsáhlých aplikacích hrozí snížení efektivity při vyhledávání aplikovatelných pravidel.
-

# Základní kroky dopředného řetězení

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

## 1. *Porovnání (matching):*

Pravidla ze znalostní báze jsou porovnávána se známými fakty, aby se zjistilo, u kterých pravidel jsou splněné předpoklady.

## 2. *Řešení konfliktu (conflict resolution):*

Z množiny pravidel se splněnými předpoklady se vybírá pravidlo podle priority a v případě více pravidel se stejnou prioritou podle nějaké strategie .

## 3. *Provedení (execution):*

Provede se pravidlo vybrané v předchozím kroku. Důsledkem provedení pravidla může být přidání nového faktu do báze faktů, odstranění faktu z báze faktů, přidání pravidla do báze znalostí apod.

Obvykle je přitom uplatňována podmínka, že pravidlo může být aktivováno pouze jednou se stejnou množinou faktů.

---

# Příklady strategií řešení konfliktu

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- ***Strategie hledání do hloubky (depth strategy)***: preferována jsou pravidla používající aktuálnější data (data, která se v bázi faktů vyskytují kratší dobu).
  - ***Strategie hledání do šířky (breadth strategy)***: preferována jsou pravidla používající starší data.
  - ***Strategie složitosti resp. specifčnosti (complexity strategy)***: preferována jsou speciálnější pravidla (pravidla mající více podmínek).
  - ***Strategie jednoduchosti (simplicity strategy)***: preferována jsou jednodušší pravidla
-

# Vhodné aplikace pro dopředné řetězení (1)

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

1. *Monitorování a diagnostika řídicích systémů pro řízení procesů v reálném čase*, kde data jsou kontinuálně získávána a měněna a kde existuje málo předem určených vztahů mezi vstupními daty a závěry. V těchto aplikacích se z důvodu potřeby rychlé odezvy používá inferenční síť.
-

## Vhodné aplikace pro dopředné řetězení (2)

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

2. *Problémy zahrnující syntézu (navrhování, konfigurace, plánování, rozvrhování, ...).* V těchto aplikacích existuje mnoho potenciálních řešení a pravidla proto musejí vyjadřovat znalosti jako obecné vzory. Přesné vztahy (inferenční řetězce) tudíž nemohou být předem určeny a musejí být použity systémy porovnávání se vzorem.
-

# Algoritmus zpětného řetězení (1)

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

1. Utvoř zásobník a naplň jej všemi koncovými cíli.
-

# Algoritmus zpětného řetězení (2)

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

2. Shromáždí všechna pravidla schopná splnit cíl na vrcholu zásobníku.  
Je-li zásobník prázdný, pak konec.
-



# Algoritmus zpětného řetězení (3)

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

3. Zkoumej postupně všechna pravidla z předchozího kroku.
    - a) Jsou-li všechny předpoklady splněny, pak odvod' závěr (proved' pravidlo). Jestliže zkoumaný cíl byl koncový, pak jej odstraň ze zásobníku a vrať se na krok 2. Jestliže to byl podcíl (dílčí cíl), odstraň jej ze zásobníku a vrať se ke zpracování předchozího pravidla, které bylo dočasně odloženo.
    - b) Jestliže fakty nalezené v bázi faktů nesplňují předpoklady pravidla, je zkoumání pravidla ukončeno.
-

## Algoritmus zpětného řetězení (4)

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- c) Jestliže pro některý parametr předpokladu chybí hodnota v bázi faktů, zjišťuje se, zda existuje pravidlo, z něhož by mohla být tato hodnota odvozena. Pokud ano, parametr se vloží do zásobníku jako podcíl, zkoumané pravidlo se dočasně odloží a přejde se na krok 2. V opačném případě se tato hodnota zjistí od uživatele a pokračuje se v kroku 3.a) zkoumáním dalšího předpokladu.
-

# Algoritmus zpětného řetězení (5)

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- 4. Jestliže pomocí žádného ze zkoumaných pravidel nebylo možné odvodit hodnotu důsledku, pak daný cíl zůstává neurčen. Odstraní se ze zásobníku a pokračuje se krokem 2.
-

# Vhodné aplikace pro zpětné řetězení

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- Zpětné řetězení je vhodnější pro aplikace, mající mnohem více vstupů než možných závěrů.
  - Dobrou aplikací pro zpětné řetězení je *diagnostika*, kde člověk komunikuje se znalostním systémem a zadává data pomocí klávesnice. Většina diagnostických systémů byla implementována pomocí inferenční sítě, protože vztahy mezi fakty jsou obvykle dobře známy.
  - Ideální pro zpětné řetězení jsou rovněž *klasifikační problémy*. Tento typ aplikace může být implementován buď pomocí inferenční sítě nebo pomocí vzorů v závislosti na složitosti dat.
-

# Příklady pravidlových systémů

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

<b>ART</b>	prázdný ES založený na Lispu, dopředné řetězení, algoritmus Rete
<b>CLIPS</b>	programové prostředí, dopředné řetězení, algoritmus Rete
<b>EXSYS</b>	prázdný expertní systém, dopředné a zpětné řetězení
<b>M.4</b>	programové prostředí, dopředné a zpětné řetězení, porovnávání se vzorem
<b>ILOG-RULES</b>	programové prostředí, dopředné řetězení, algoritmus Xrete
<b>OPS5</b>	programové prostředí, dopředné řetězení, algoritmus Rete

---

# Výhody a nevýhody pravidlových systémů

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- *Výhody:*
    - modularita,
    - uniformita,
    - přirozenost.
-

# Výhody a nevýhody pravidlových systémů

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- *Možné nevýhody a problémy:*
    - nebezpečí nekonečného řetězení,
    - přidání nové rozporné znalosti,
    - modifikace existujících pravidel,
    - neefektivnost,
    - neprůhlednost,
    - pokrytí domény (existují domény vyžadující příliš mnoho pravidel).
-

# Děkuji za pozornost

Některé snímky převzaty od:

RNDr. Jiří Dvořák, CSc. [dvorak@fme.vutbr.cz](mailto:dvorak@fme.vutbr.cz)