



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.
-

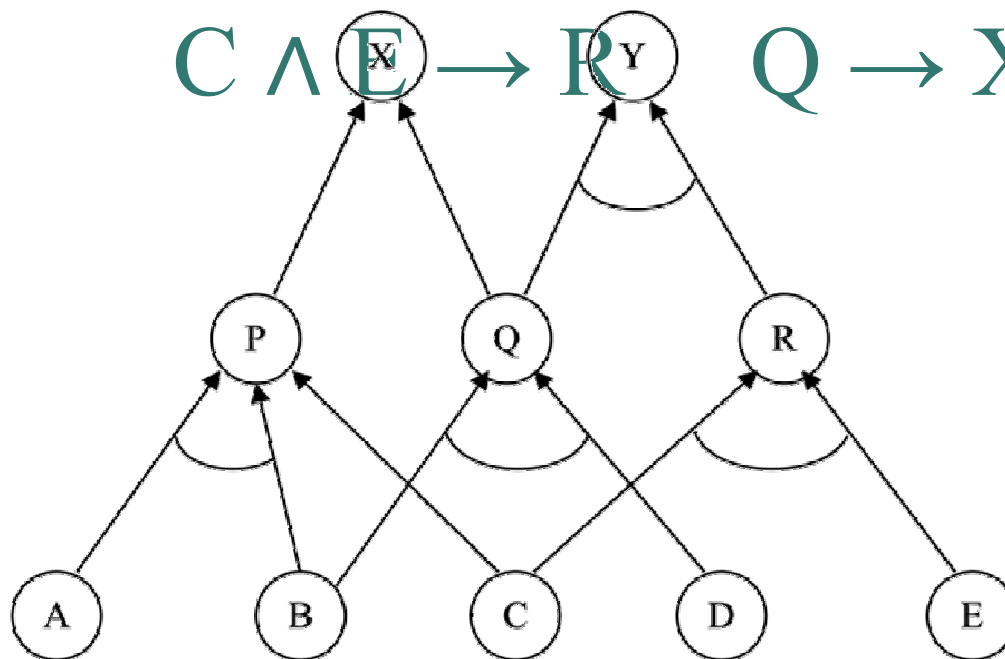
Inferenční síť - příklad



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

- $C \rightarrow P$

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



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

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