



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

# Nepřavidlové a hybridní expertní systémy

Jan Górecki



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

# Nepřávidlové reprezentace znalostí

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- rozhodovací stromy
  - sémantické sítě
  - rámce
  - objekty
-

***Rozhodovací strom** je ohodnocený spojitý acyklický graf.*

Většinou je binární.

Obsahuje **uzly** a **hrany**.

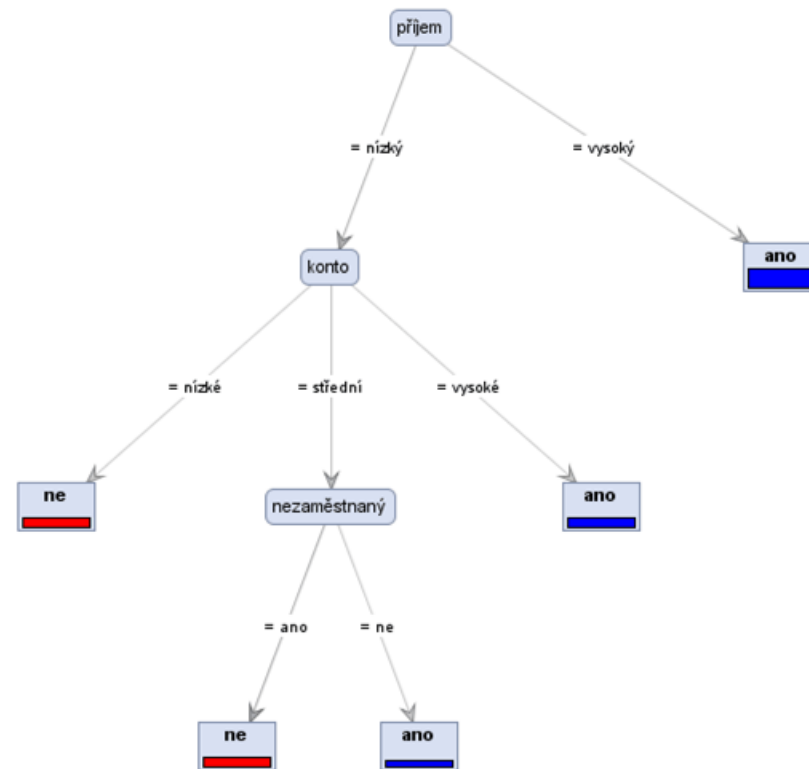
Uzly se dělí na **rozhodovací** (symbol je čtverec), ve kterých dochází k rozhodnutí na základě příslušné podmínky, a **situační** (symbol je kolečko), ve které dochází ke klasifikaci (diagnóze, určení výstupu).

Ze čtvercových uzlů vycházejí hrany, které sumarizují jednotlivé alternativy rozhodování.

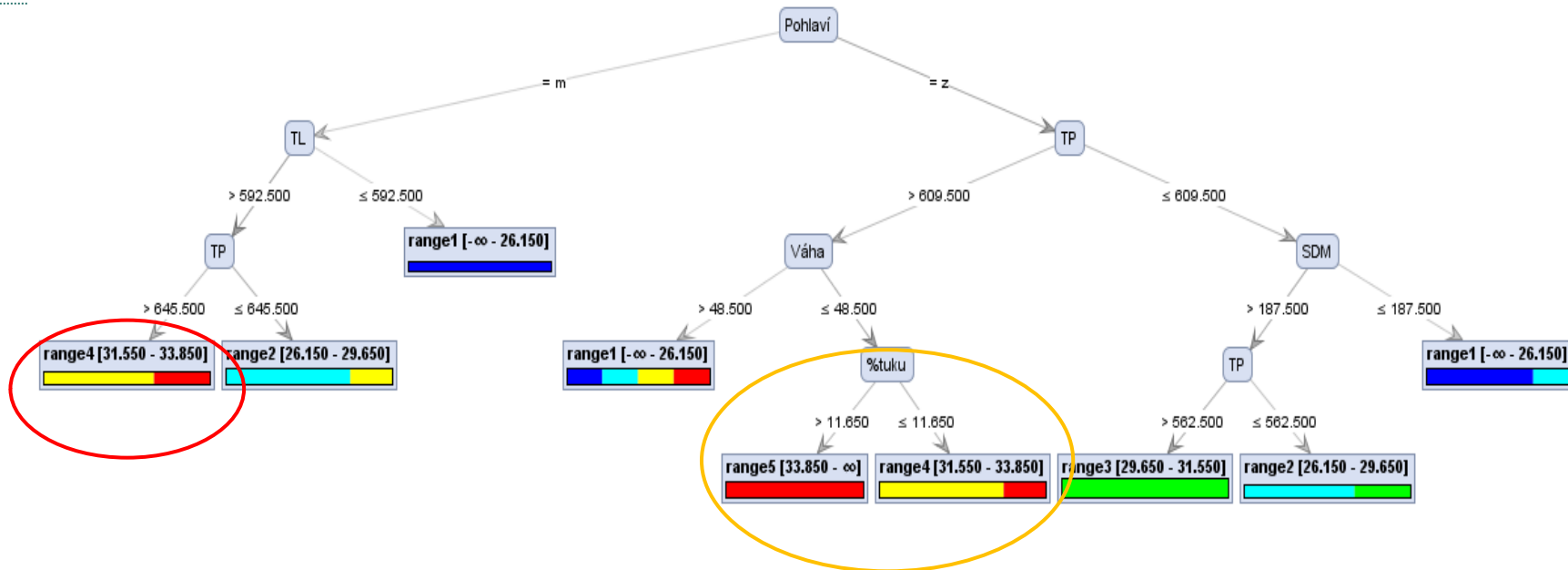
---

# Rozhodovací stromy – příklad žádosti o úvěr

příjem	konto	pohlaví	nezaměstnaný	úvěr
vysoký	vysoké	žena	ne	ano
vysoký	vysoké	muž	ne	ano
nízký	nízké	muž	ne	ne
nízký	vysoké	žena	ano	ano
nízký	vysoké	muž	ano	ano
nízký	nízké	žena	ano	ne
vysoký	nízké	muž	ne	ano
vysoký	nízké	žena	ano	ano
nízký	střední	muž	ano	ne
vysoký	střední	žena	ne	ano
nízký	střední	žena	ano	ne
nízký	střední	muž	ne	ano



# Rozhodovací stromy – příklad hodnocení výšky výskoku



## Mladí krasobruslaři: Věková kategorie 13 až 15 let

Chlapci, kteří skáčou dobře na obě nohy (vysoké TP a TL), jsou nejlepší (červená elipsa). Lze tedy soudit, že pro vysoký výskok do výšky je třeba mít obě nohy „dobré“ (pokud je jedna horší, hned se skáče méně)

U dívek dělí ty lepší od těch horších délka trojskoku TP. Pokud navíc ve skupině těch lepších (TP > 609,5) mají děvčata menší váhu než 48,5 kg, pak skáčou nejvýše (oranžová) - ještě jemněji pak lze tyto nejlepší děvčata rozdělit podle %tuku, kde ty s menším množstvím tuku jsou opravdu ty „nejlepší z nejlepších“.

# Rozhodovací stromy – výhody a nevýhody

---

## Výhody:

- srozumitelnost
- přehlednost
- dobrá interpretovatelnost
- lze převést na sadu pravidel – 1 větev = 1 pravidlo

## Nevýhody:

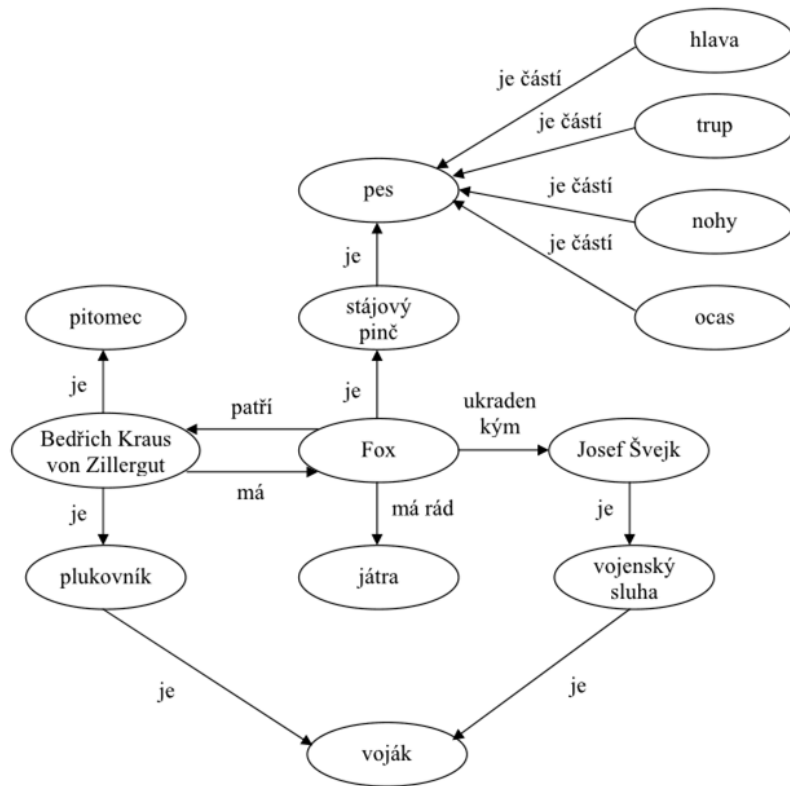
- těžkopádnost – v případě mnoha uzlů a hran
-

*Sémantická síť* (*semantic net*) je ohodnocený orientovaný graf. Uzly reprezentují objekty a hrany představují vztahy mezi objekty. Místo pojmu *sémantická síť* se také používá pojem *asociativní síť*.

Sémantická síť poskytuje vyšší úroveň porozumění akcím, příčinám a událostem, které se vyskytují v odpovídající doméně. To umožňuje úplnější usuzování znalostního systému o problémech z této domény.

---

# Sémantická síť – příklad (1)

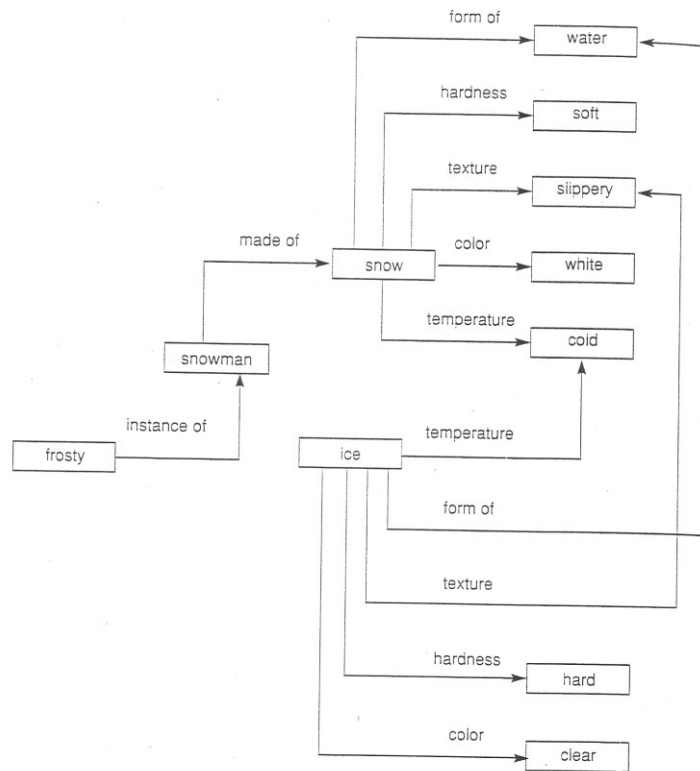




# Sémantická síť – příklad (2)

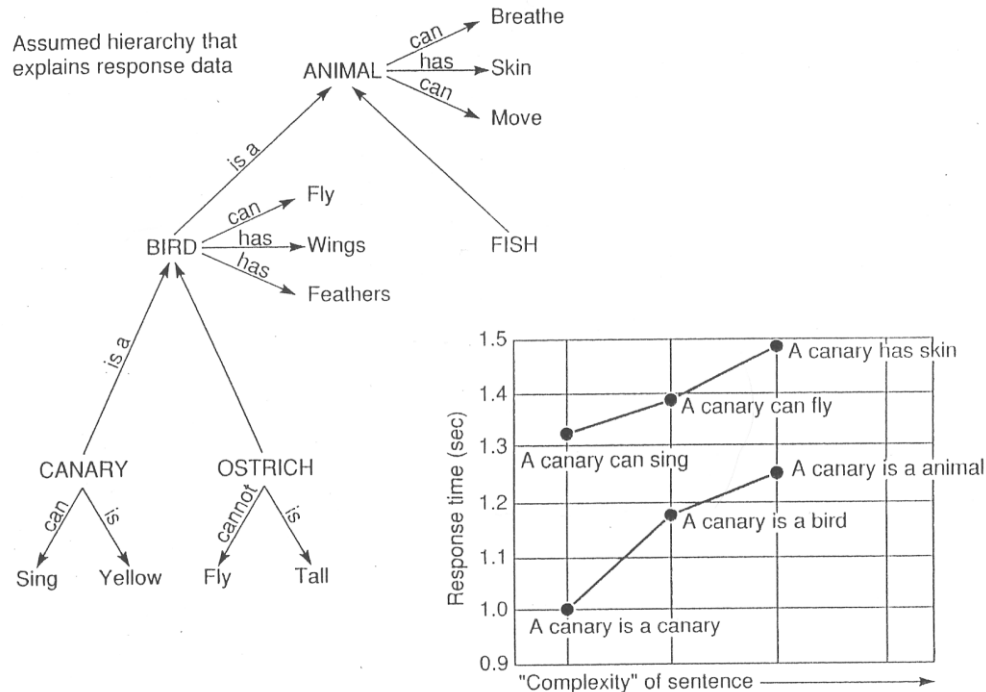


**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ



Network representation of properties of snow and ice.

# Sémantická síť – příklad (3)



Semantic network developed by Collins and Quillian in their research on human information storage and response times

- Sémantická síť umožňuje reprezentaci fyzikálních, kauzálních a taxonomických vztahů a podporuje dědičnost a tranzitivitu.
  - Příklady vztahů v sémantické síti: *is-a*, *has-a*, *part-of*, *number-of*, *connected-to*, *causes*, ...
  - Je nutné si dát pozor na interpretaci vztahu *is-a*, který může mít např. tyto významy: *je instancí*, *je prvkem*, *je podmnožinou*, *je podtřídou*, *je ekvivalentní s*.
-

# Výhody a nevýhody sémantických sítí

---

- *Výhody:*
    - explicitní a jasné vyjádření,
    - redukce doby hledání (pro dotazy typu dědičnosti nebo rozpoznávání).
  
  - *Nevýhody:*
    - neexistence interpretačních standardů,
    - nebezpečí chybné inference,
    - reprezentují pouze binární vztahy – např. vztah Jede(Pendolino, Karviná, Praha, Dnes) nemůže být reprezentován přímo
-

- *Rámce (frames)* jsou struktury pro reprezentaci stereotypních situací a odpovídajících stereotypních činností (*scénářů*). Tento prostředek reprezentace vychází z poznatku, že lidé používají pro analyzování a řešení nových situací rámcové struktury znalostí získaných na základě předchozích zkušeností.
  - Rámce se pokoušejí reprezentovat obecné znalosti o třídách objektů, znalosti pravdivé pro většinu případů. Mohou existovat objekty, které porušují některé vlastnosti popsané v obecném rámci.
  - Rámce jsou preferovaným schématem reprezentace v modelovém a případovém usuzování (*model-based reasoning, case-based reasoning*).
-

# Struktura rámce

---



- Rámec je tvořen jménem a množinou *atributů*.
  - Atribut (*rubrika, slot*) může dále obsahovat položky (*links, facets*), jako např. aktuální hodnotu (*current*), implicitní hodnotu (*default*), rozsah možných hodnot (*range*).
  - Dalšími položkami slotu mohou být speciální procedury, jako např. *if-needed, if-changed, if-added, if-deleted*. Tyto procedury jsou automaticky aktivovány, jestliže nastanou příslušné situace.
  - Typy událostmi řízených procedur v systému FLEX:
    - *launches* (aktivují se při vytváření instance rámce)
    - *watchdogs* (aktivují se při přístupu k aktuální hodnotě slotu)
    - *constraints* (aktivují se před změnou hodnoty slotu)
    - *demons* (aktivují se po změně hodnoty slotu)
-

# Rámeček – příklad (1)

---



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVÍNĚ

## Rámeček Majetek

Jméno: majetek  
Specializace čeho: objekt  
Typ: rozsah: (auto, loď, dům)  
if-added: procedure PŘIDEJ\_MAJETEK  
Vlastník: if-needed: procedure NAJDI\_VLASTNÍKA  
Umístění: rozsah: (doma, práce, mobilní)  
Stav: rozsah: (chybí, špatný, dobrý)  
Záruka: rozsah: (ano, ne)

## Rámeček Auto

Jméno: auto  
Specializace čeho: majetek  
Typ: rozsah: (sedan, sportovní\_vůz)  
Výrobce: rozsah: (GM, Ford, Chrysler)  
Umístění: mobilní  
Kola: 4  
Převodovka: rozsah: (manuální, automatická)  
Motor: rozsah: (benzínový, naftový)

## Rámeček Janovo auto

Jméno: Janovo\_auto  
Specializace čeho: auto  
Typ: sportovní\_vůz  
Výrobce: GM  
Vlastník: Jan Chodec  
Převodovka: automatická  
Motor: benzínový  
Stav: dobrý  
Záruka: ano

---

# Rámec – příklad (2)



## Rámce

**Auto**  
is-a: Vozidlo  
pohon: motor  
...

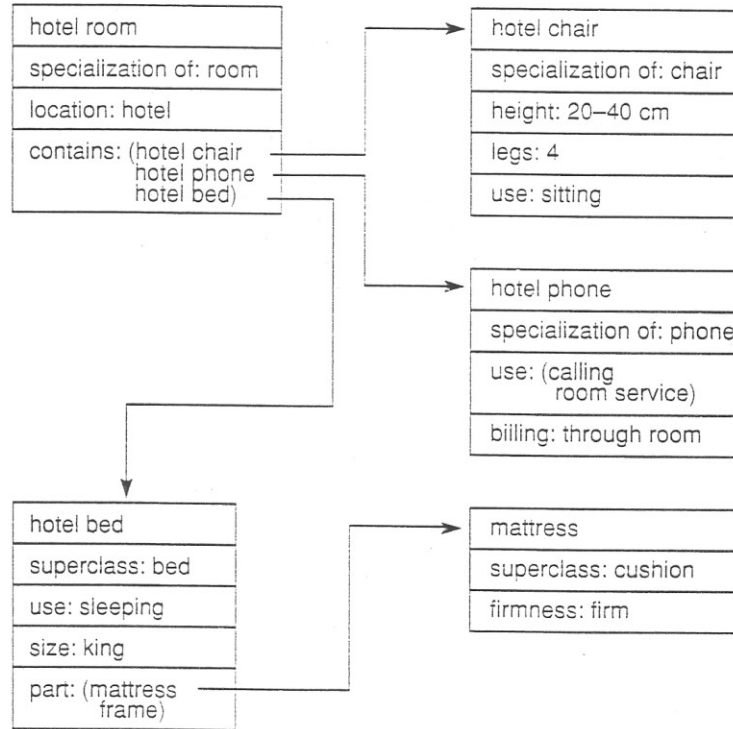
**Osobní auto**  
is-a: Auto  
pohon: motor  
účel: přeprava osob  
...

**Nákladní auto**  
is-a: Auto  
pohon: motor  
účel: přeprava nákladu  
...

**Ford**  
is-a: Osobní auto  
pohon: motor  
účel: přeprava osob  
výrobce: Ford  
...

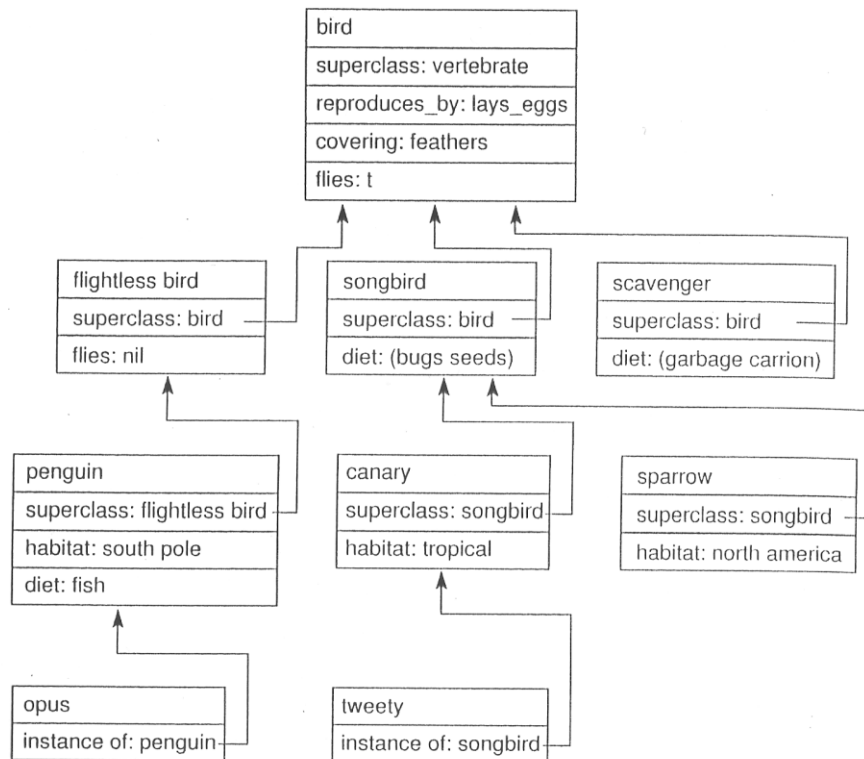


# Rámec – příklad (3)



Portion of the frame description of a hotel room.

# Rámec – příklad (4)



Inheritance system description of birds.

# Vztahy mezi rámci

---



- Mezi rámci mohou existovat vztahy dědičnosti, které umožňují distribuovat informace bez nutnosti jejich zdvojování. Rámec může být specializací jiného obecnějšího rámce (vztah typu *specialization-of*) a současně může být zobecněním jiných rámců (vztah typu *generalization-of*).
  - Příklady vztahů mezi rámci v systému FLEX:
    - *Rodič - potomek (is-a, is-an, is-a-kind-of)*:  
Tento vztah může být typu 1:1, 1:n, n:1. Dědění některého atributu může být pro určitý rámec potlačeno.
    - *Rámec - instance rámce (is-an-instance-of)*.  
Tento vztah je typu 1:1. Přitom je navíc možné dědění nějakého specifického atributu od nějakého specifického rámce.
    - *Vlastnictví rámce*  
Atributem rámce může být jiný rámec.
-

# Výhody a nevýhody rámcových systémů

---

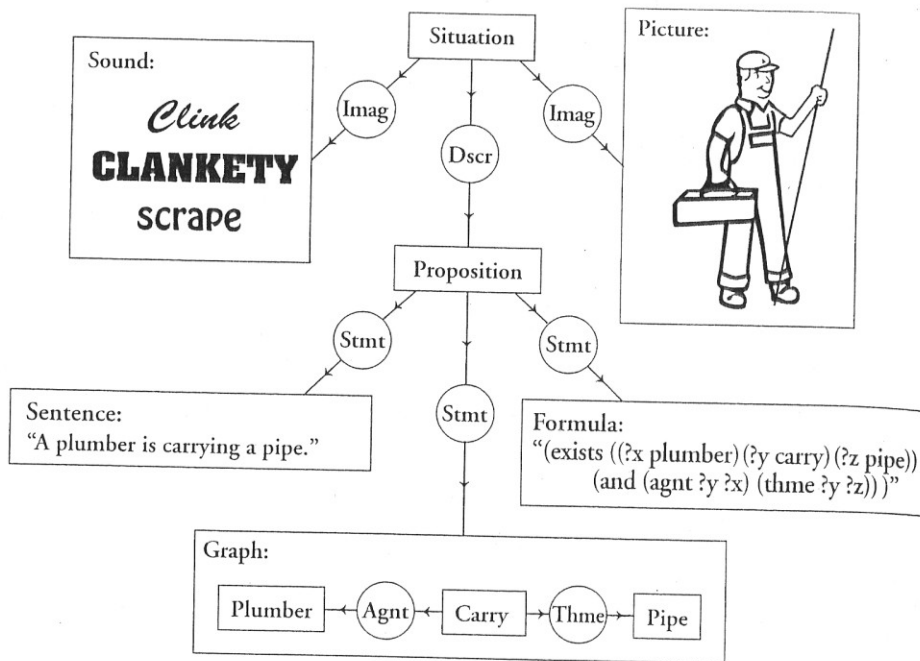


- **Výhody:**
    - snazší usuzování řízené očekáváním (na základě využití démonů),
    - organizace znalostí (větší strukturovanost a organizace než v sémantických sítích),
    - samořízení (schopnost rámců určit svou vlastní aplikovatelnost v dané situaci),
    - uchovávání dynamických hodnot (ve slotech rámců); výhodné při simulaci, plánování, diagnostice, ... .
  - **Nevýhody:**
    - potíže s odlišností objektů od prototypu,
    - obtížné přizpůsobení novým situacím,
-

# Konceptuální grafy



- zobecnění rámců

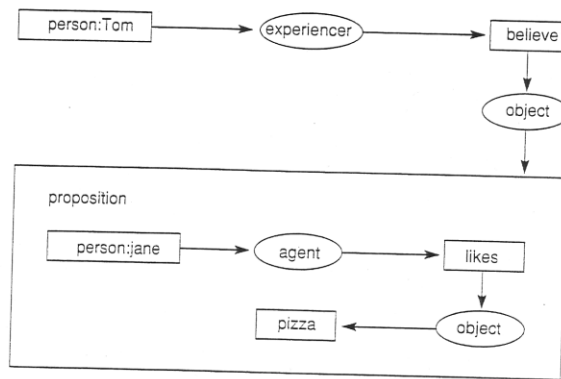


A CG representing a situation of a plumber carrying a pipe

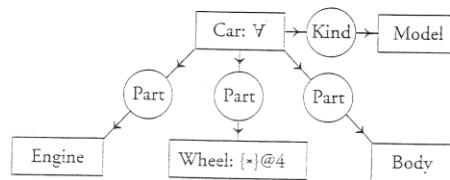
# Konceptuální grafy – příklad (1)



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

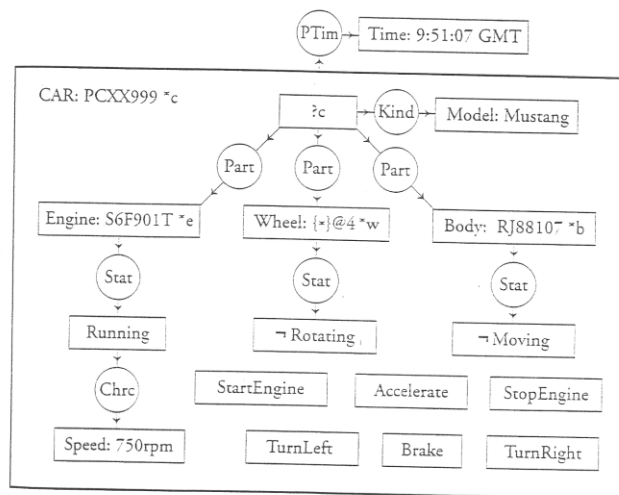
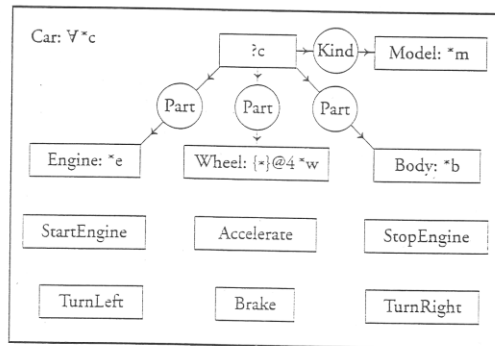


Conceptual graph of the statement "Tom thinks that Jane likes pizza," showing the use of a propositional concept.

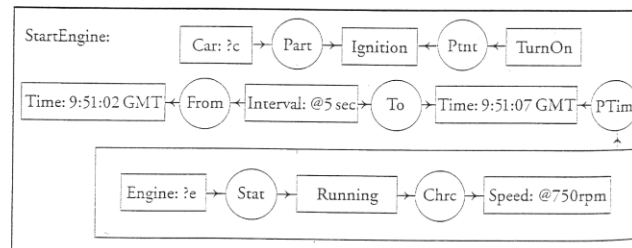
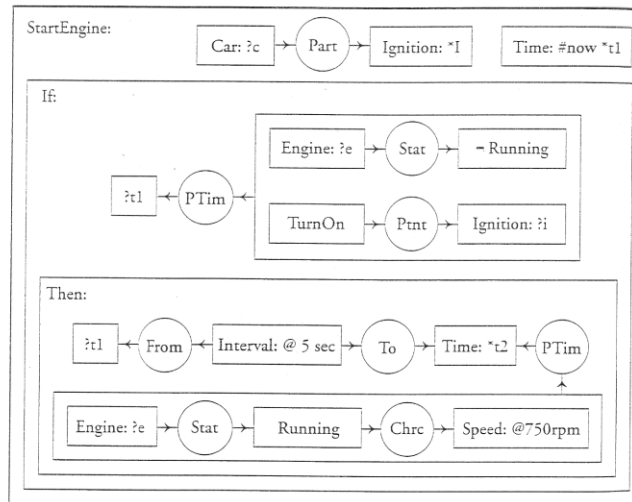


A conceptual graph that describes cars

# Konceptuální grafy – příklad (2)



# Konceptuální grafy – příklad (3)





- **Objekty** podobně jako rámce sdružují deklarativní znalosti a procedurální znalosti.
  - Objekt je programová struktura, obsahující jak **data**, tak **metody** (procedury), které s těmito daty pracují. Data objektu jsou přístupná pouze prostřednictvím metod objektu. Tato vlastnost se označuje jako **zapouzdření (encapsulation)** . Objekt je **instance třídy**.
  - **Třída** je skupina objektů, které mají stejné vlastnosti (datové složky) a stejné chování (metody).
  - Příklady objektových jazyků:
    - jazyky čistě objektové (Smalltalk, Actor, CLOS, ... )
    - jazyky podporující OOP, ale umožňující programovat i neobjektově (Java, Object Pascal, C++, Python... )
-

- ***Dědičnost:***

Od jedné třídy (bázové, rodičovské) můžeme odvodit třídu jinou (odvozenou, dceřinnou).

Dceřinná třída dědí všechny složky své rodičovské třídy a k nim může přidat svoje vlastní. Zděděné metody je možno předefinovat.

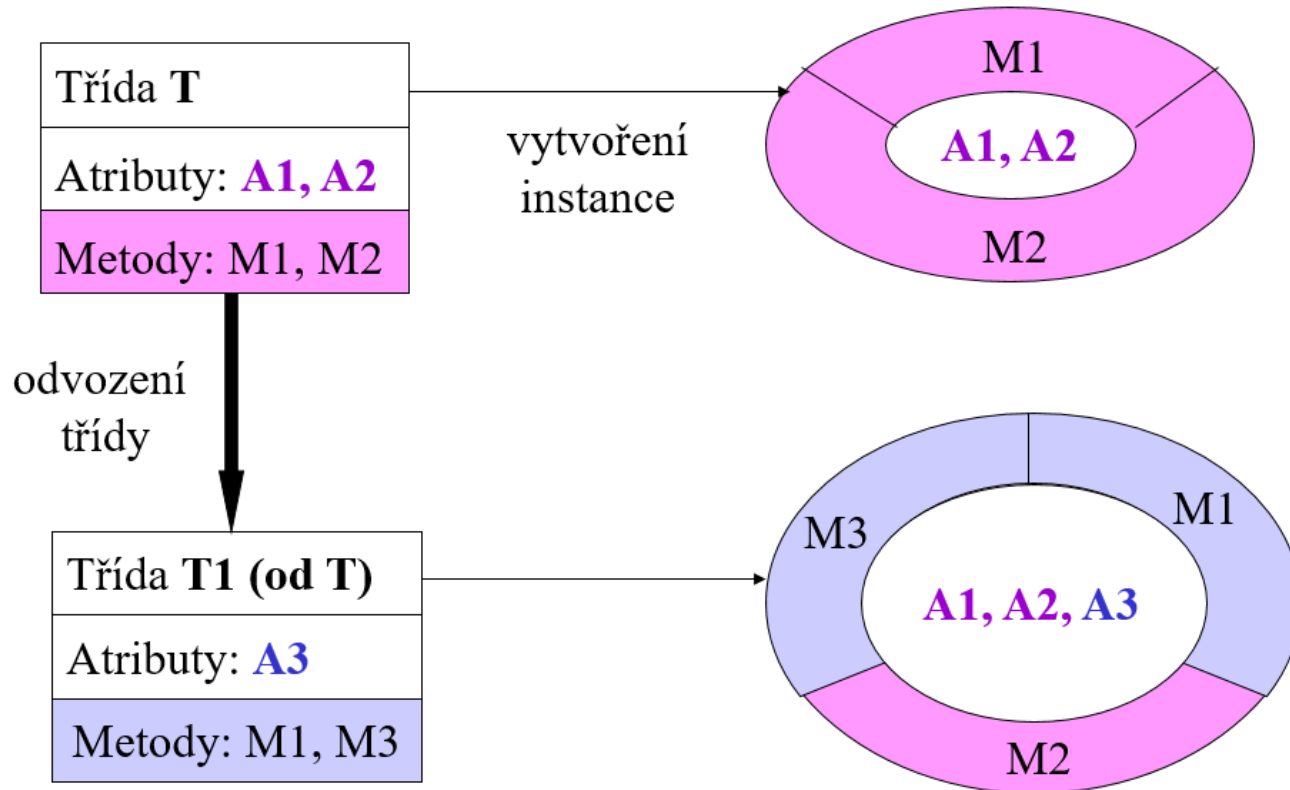
Objekt třídy *předek* může být v programu zastoupen objektem třídy *potomek* (může se jednat i o nepřímého potomka).

- ***Vlastnictví (skládání):***

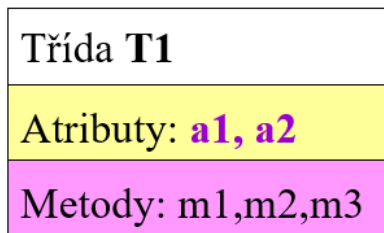
Složkou třídy může být jiná třída.

---

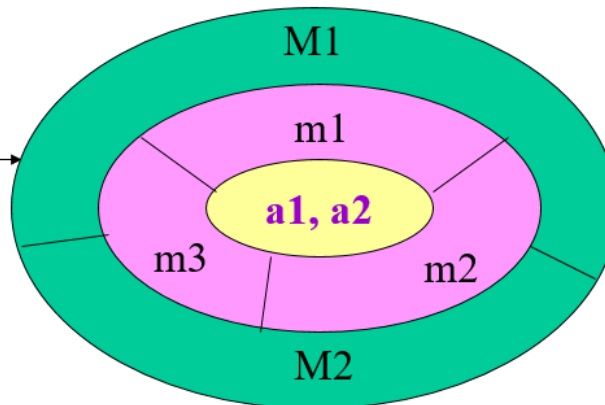
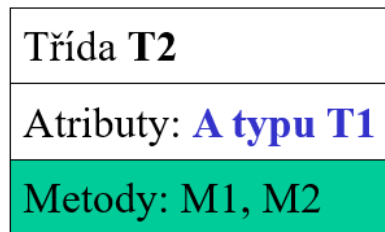
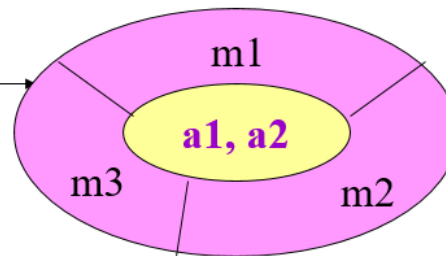
# Třídy, objekty a dědičnost



# Skládání tříd a objektů



vytvoření  
instance



- Objekty spolu komunikují tak, že si navzájem posílají zprávy; obvykle to znamená, že jeden objekt (odesílatel zprávy) volá metodu jiného objektu (příjemce zprávy).
  - Časná vazba (*early binding*) - příjemce zprávy je určen v okamžiku kompilace.
  - Pozdní vazba (*late binding*) - příjemce zprávy je určen až za běhu programu; pomocí pozdní vazby se realizuje *polymorfismus* (mnohotvarost).
-

# Výhody a nevýhody objektů

---



- **Výhody:**
    - abstrakce
    - zapouzdření (ukrývání informace)
    - dědičnost
    - polymorfismus
    - znovupoužitelnost kódu
  
  - **Nevýhody** (podobné jako u rámců):
    - jak se vypořádat s odchylkami od normy?
    - jak zohlednit nové dosud neuvažované situace?
-

- Zatímco u 1. generace expertních systémů byl v rámci jednoho systému používán pouze jeden způsob reprezentace znalostí, expertní systémy 2. generace obvykle používají hybridní (kombinované) reprezentace znalostí.
  - Hybridní reprezentace, které jsou dostupné v nejčastěji používaných prostředcích pro vývoj ES, kombinují pravidlově, rámcově a objektově orientované techniky. Umožňují tzv. *modelový* přístup k tvorbě systému a usnadňují vývoj modelů.
  - Hybridní systémy, kombinující rámce a pravidla, používají např. rámce pro reprezentaci strukturálních znalostí a pravidla pro usuzování o těchto znalostech. Rámce také mohou být využity pro implementaci sémantických sítí.
-

# Příklady hybridních systémů

---



SLEZSKÁ  
UNIVERZITA  
OBCHODNĚ PODNIKATELSKÁ  
FAKULTA V KARVINĚ

- **ACQUIRE**      prázdný ES, pravidla, rámce a objekty
  - **CLIPS**          programové prostředí, objekty a pravidla
  - **FLEX**            programové prostředí implementované v Prologu, pravidla a rámce, dopředné a zpětné řetězení
  - **G2**                objektově orientované prostředí, pravidla, modely a procedury, diagnostické a řídicí aplikace
  - **Rete++**          programové prostředí, pravidla a objekty, dopředné a zpětné řetězení
  - **Rtworks**        programové prostředí, objekty a pravidla
  - **XpertRule**      programové prostředí, rozhodovací stromy a tabulky příkladů
-



# Děkuji za pozornost

Některé snímky převzaty od:

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