

729G78 Artificiell intelligens

Kunskapsrepresentationssystem

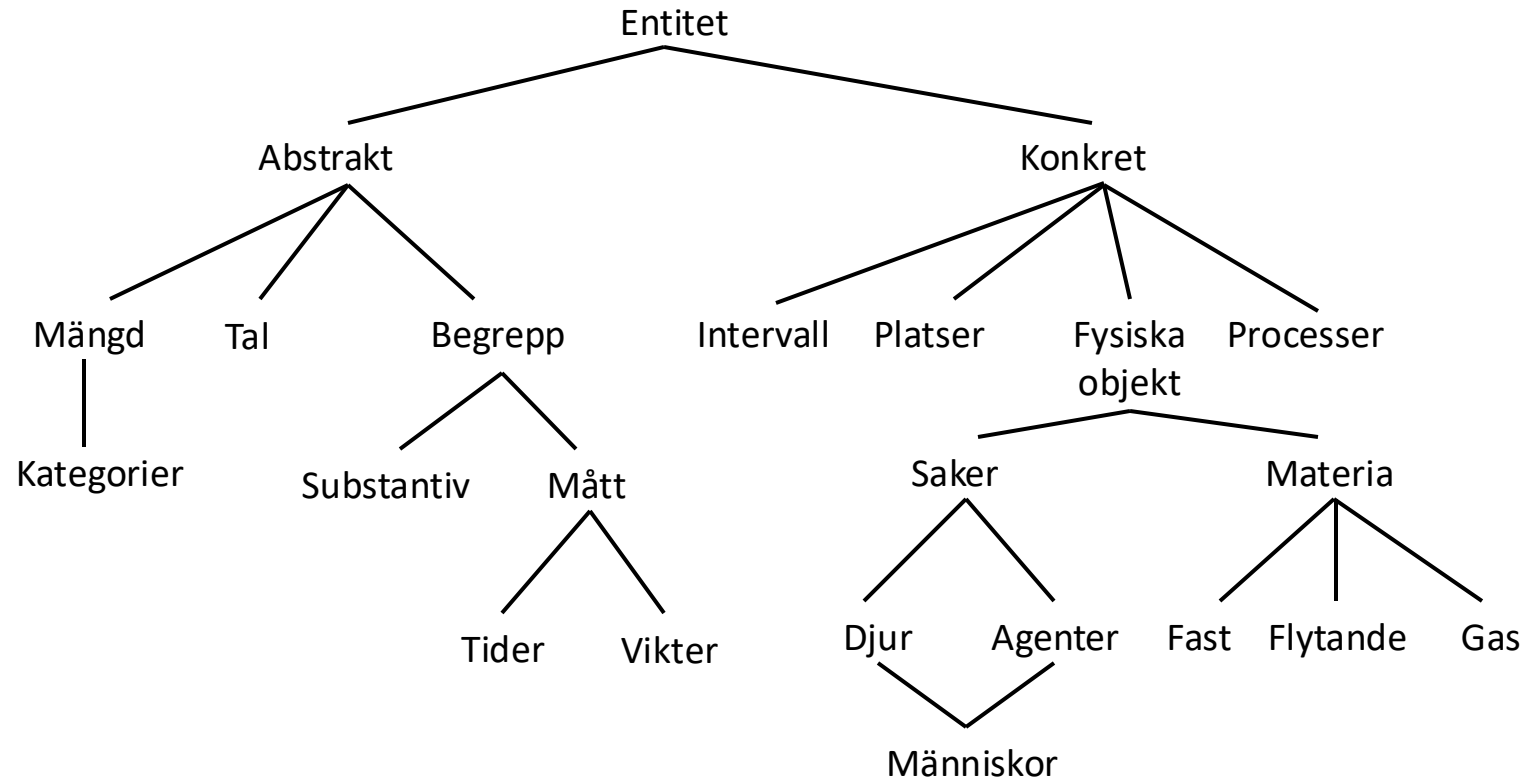
Robin Keskisärkkä

HCS/IDA

Ontologi

- Strukturerad representation av kunskap
- Kategorier och objekt
 - Abstrakta objekt
 - Fysiska objekt
 - Sammansatta objekt
 - Mått och enheter
- Handlingar, situationer och händelser
 - Världen som en sekvens av situationer
 - Tid, rum och förändring
 - Händelser och processer
 - Tidsintervall
- Mentala objekt och uppfattningar

Toppontologi



Exempel på generella ontologier

- Cyc-ontologin

ca 2,5 miljoner axiom

Representationsspråk baserat på predikatlogik

Försöker fånga *sunt förnuft*, allmänna och domänspecifika begrepp

- WORDNET

Lexikal taxonomi för engelska

ca 117 000 synonymgrupper

ca 155 000 unika ordformer

Baserat på psykolingvistiska studier

- DBpedia

Strukturerade fakta från Wikipedia

ca 228 miljoner entiter

ca 800 klasser

ca 3000 relationer

– Extraheras från bland annat infoboxes

Kategorier

- Resonerar inte om objekt utan om koncept, kategorier
 - Ex Guld, inte Boll1, Boll2, Boll3, ...
- Gör om predikat till objekt i språket*
 - Ex. Boll refererar till kategorin Boll, $x \in \text{Boll}$ betyder att x är en boll men vi kan även prata om själva kategorin ex. $\text{Form}(\text{Boll}) = \text{Rund}$
- Kategorier ärver egenskaper
 - Ex Guld $\subset$ Ädelmetall betyder att Guld är en subklass av Ädelmetall och ärver alla dess egenskaper, t.ex. att vara värdefull
 - Ex $\forall x (x \in \text{Guld} \Rightarrow \text{Glittrar}(x) \wedge \text{Dyrt}(x))$

Kategorier

- Resonerar inte om objekt utan om koncept, kategorier
 - Ex Guld, inte Boll1, Boll2, Boll3, ...
- Gör om predikat till objekt i språket*
 - Ex. Boll refererar till kategorin Boll, $x \in \text{Boll}$ betyder att x är en boll men vi kan även prata om själva kategorin ex. $\text{Form}(\text{Boll}) = \text{Rund}$
- Kategorier ärver egen Motsvarar *subclass of* i OWL
 - Ex Guld $\subset$ Ädelmetall betyder att Guld är en subclass av Ädelmetall och ärver alla dess egenskaper, t.ex. att vara värdefull
 - Ex $\forall x (x \in \text{Guld} \Rightarrow \text{Glittrar}(x) \wedge \text{Dyrt}(x))$

Motsvarar *instance of* i OWL

Mängdnotationer

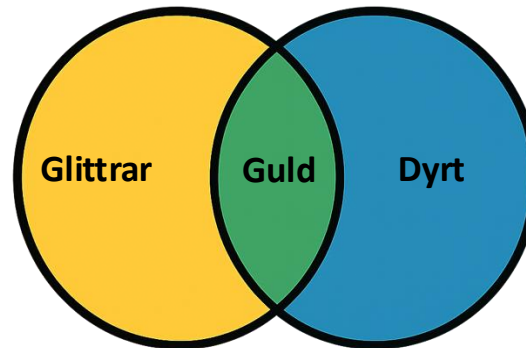
$\forall x(x \in \text{Guld} \Rightarrow \text{Glittrar}(x) \wedge \text{Dyrt}(x))$ *Alla x som tillhör guld glittrar och är dyrt*

motsvarar

$\text{Guld} \subseteq (\text{Glittrar} \cap \text{Dyrt})$

Överlappet mellan

Guld är en delmängd av snittet av det som glittrar och är dyrt



Diskreta tidpunkter eller intervaller?

- Hittills har vi pratat om diskreta tidssteg
 - Holding(Gold) säger inget om när det är sant
 - $\text{Holding}(\text{Gold}, t_0) \wedge \neg \text{T}(\text{Holding}(\text{Gold}), t_0)$ säger att det är sant vid tidpunkten t_0
 - Vad hände under tiden som en handling utfördes?
- Händelsekalkyl (*event calculus*) är en kontinuerlig variant
 - Något händer under intervall
 - Något händer innan ett intervall
 - Något händer efter ett intervall
 - osv.

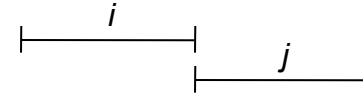
Allens temporala logik

- Tid, intervall och handlingar
- Definierar ett intervall för saker som kan ändras
 - $\forall i \text{ Intervall}(i) \Rightarrow \text{Duration}(i) = (\text{Time}(\text{End}(i)) - \text{Time}(\text{Start}(i)))$
- Huvudsakligen fyra olika relationer
 - $\text{Meets}(e_1, e_2)$ e_1 följs direkt av e_2
 - $\text{Before}(e_1, e_2)$ e_1 slutade innan e_2 startade
 - $\text{During}(e_1, e_2)$ e_1 började och slutade under tiden som e_2 pågick
 - $\text{Overlaps}(e_1, e_2)$ e_1 överlappade i tid med e_2

Temporala relationer

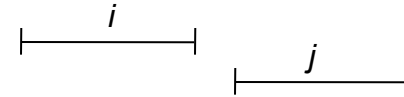
- Meets(i, j)

$$\forall i, j \text{ Meets}(i, j) \Leftrightarrow \text{Time}(\text{End}(i)) = \text{Time}(\text{Start}(j))$$



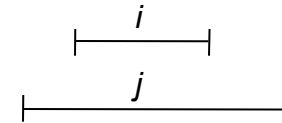
- Before(i, j) After(j, i)

$$\forall i, j \text{ Before}(i, j) \Leftrightarrow \text{Time}(\text{End}(i)) < \text{Time}(\text{Start}(j))$$



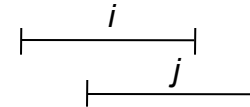
- During(i, j)

$$\forall i, j \text{ During}(i, j) \Leftrightarrow \text{Time}(\text{Start}(j)) \leq \text{Time}(\text{Start}(i)) \wedge \text{Time}(\text{End}(j)) \geq \text{Time}(\text{End}(i))$$



- Overlaps(i, j)

$$\forall i, j \text{ Overlaps}(i, j) \Leftrightarrow \exists k \text{ During}(k, i) \wedge \text{During}(k, j)$$



Strukturerad representation

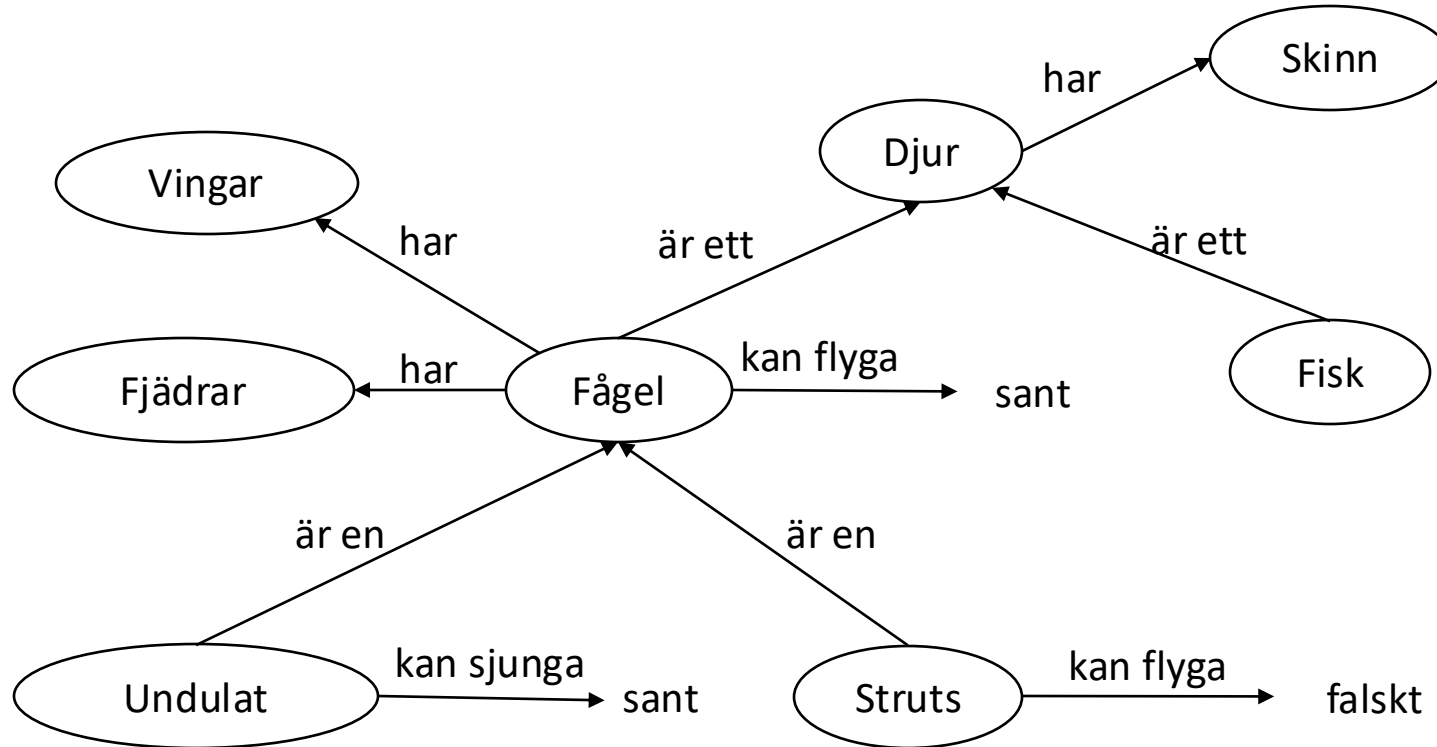
- Baserat på associationsteorier, ex. Quillian och Collins (1969)
Hierarkiska nätverk, koncept och deras relationer
- Experiment med frågor:
 - 1) Är undulat en fågel?
 - 2) Kan undulater sjunga?
 - 3) Kan undulater flyga?
- Resultat
1 och 2 tar lika lång tid att besvara, 3 tar längre tid att besvara
- Hypotes
Människor lagrar information så abstrakt som möjligt
Krävs ett steg för att besvara 1 och 2 men två steg för att besvara 3
Undulat är en fågel, fåglar kan flyga

Strukturerad representation

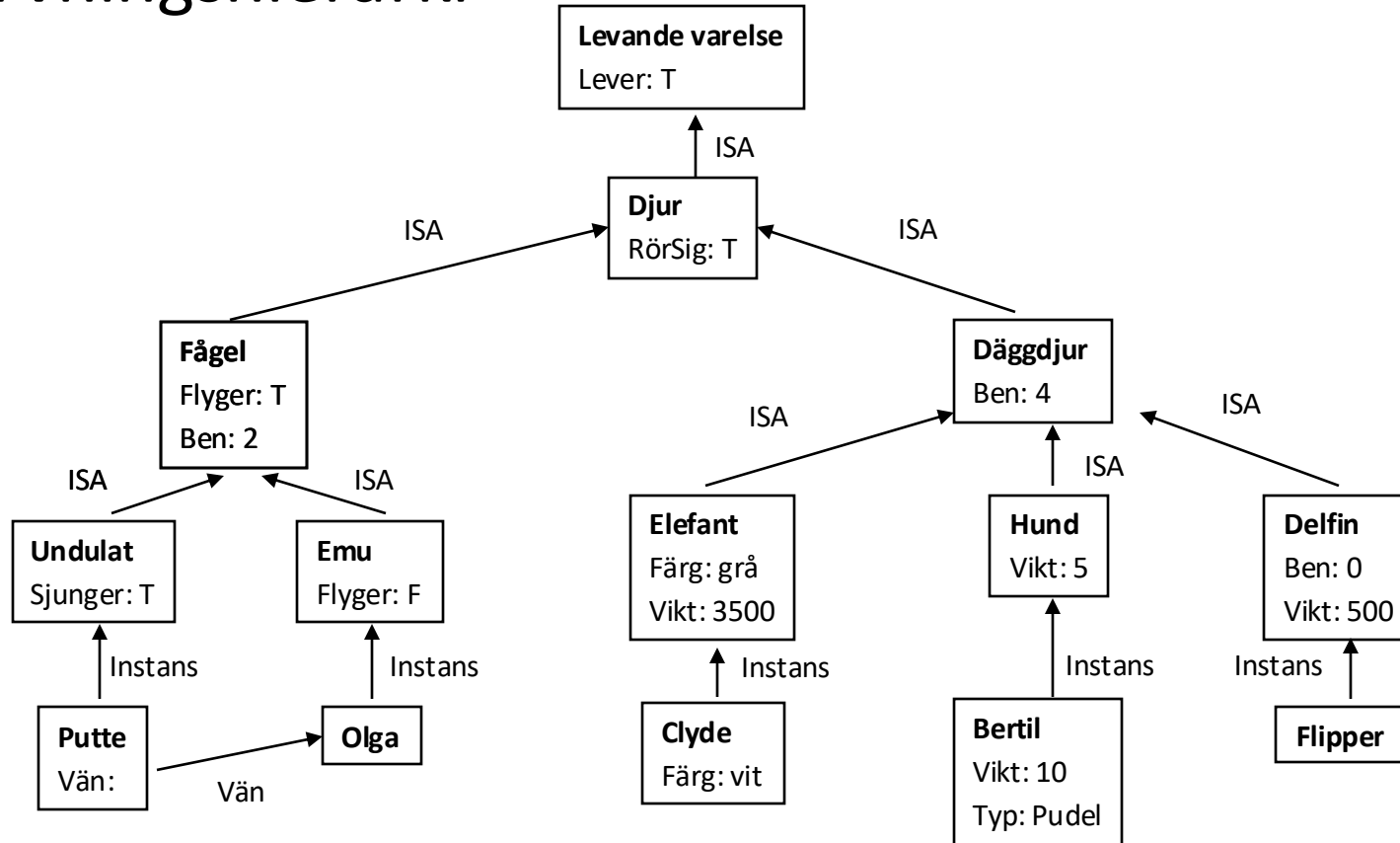
- Egenskapsärvning
 - Standardvärden (default) och undantag
 - Multipel ärvning
 - Förändring, icke-*monotonitet*

Monotonitet: Nya fakta kan inte kan leda till att tidigare giltiga slutsatser blir ogiltiga. Vid icke-monotonitet så inferens blir betydligt mer komplext!

Semantiska nät



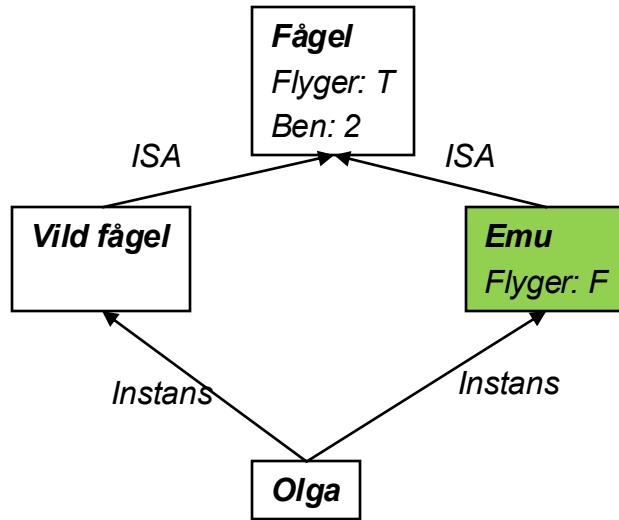
Ärvningshierarki



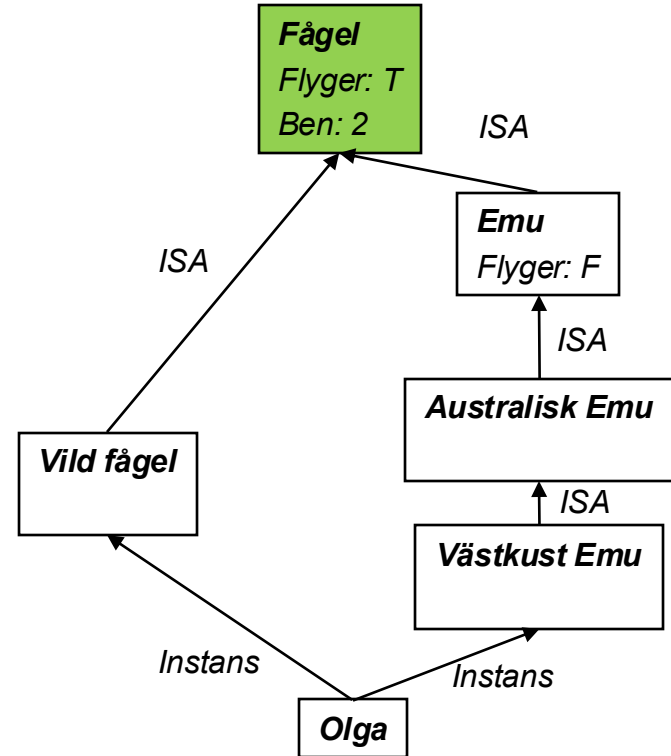
Attribut-värdestrukturer

- Semantiska nät lagrar kunskapen i attribut-värdestrukturer
- Attribut kan ha egenskaper
 - Vilka klasser som kan ha attributet, ex attributet *Inkomst* är inte giltigt för objekt av typen *Emu*
 - Värdebegränsningar, ex $Vikt(Hund) < 200 \text{ kg}$
 - Default-/standardvärde
 - Regler för ärvning
 - Procedurer/kodsnuttar för att räkna ut värden, ex för att räkna ut åldern (kallas också "procedural attachments")

Multipel ärvning



Väljer den mest specifika (betonar nivån)



Inferensavståndet (betonar antal steg)

Semantiska webben

- Ge mening (semantik) åt resurser på webben
 - Mer än bara formattaggar
- Dela data mellan datorer
 - Betydelsen av data begripligt för datorer
 - Metadata som beskriver webbelement
- Standardiserat för språk och format
 - Ontologier och data
 - Web Ontology Language (OWL)

Formalismer

- Beskriva något istället för att bara namnge
- En hierarki
 - RDF, beskriver tripler (subjekt $\rightarrow$ predikat $\rightarrow$ objekt)
 - RDF(S), RDF med klasser
 - OWL, formell semantik
- Klasser, predikat och instanser har unika identifierare (URL:er)
Ex. "Person" motsvaras av `<http://www.test.org/long/url#Person>`

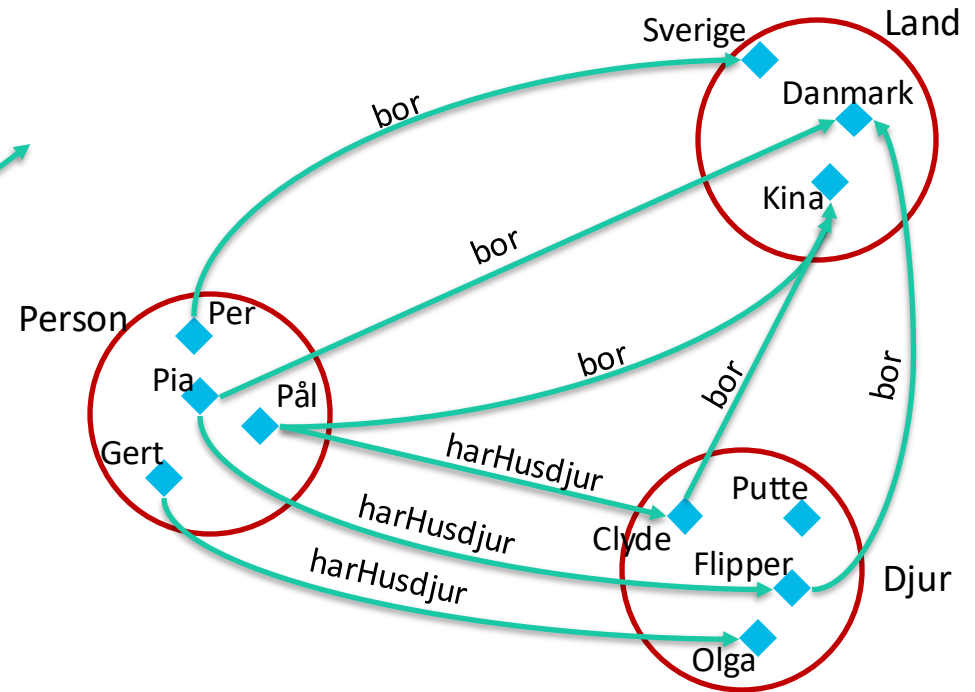
OWL

- Objektorienterat

Instanser/objekt/individer ◆

Klasser/typer/koncept ○

Egenskaper/relationer/roller →



OWL

- Fördefinierade klasskonstruktorer
 - intersectionOf, unionOf, complementOf, oneOf, someValuesFrom, allValuesFrom, minCardinality, maxCardinality
- Fördefinierade axiom
 - subClassOf, equivalentClass, disjointWith, sameIndividualAs, differentFrom, subPropertyOf, equivalentProperty, inverseOf, transitiveProperty, functionalProperty, inverseFunctionalProperty

Hantering av osäker kunskap inom logiken?

- Icke-standardlogik
- Inte en teori utan många
- Utvidgningar

Icke-standardlogik

Rivaler

Probabilistisk logik

Logik baserad på sannolikhet

Flervärd logik

Flera möjliga sanningsvärden

Fuzzy logic

Sanningsgrad i intervallet $[0,1]$

Utvidgningar

Modal logik

L: nödvändigt sann

M: möjligen sann

Temporal logik

Tidslogik

Icke-monoton logik

Tillåter satser som inte bevisats, dvs.
saker kan ändras

Sammanfattning, 1

- Introduktion
 - Kunskapsbaserade agenter
 - Modelleringsparadigm
- Satslogik
 - Syntax
 - Tillåtna uttryck
 - Logiska konnektiv
 - Logiska ekvivalenser
 - Semantik
 - Uttryckens betydelse
 - En mängd modeller
- Inferensregler
 - Ger nya beskrivningar av världen
 - Naturlig deduktion
 - Framåt-/bakåtinferens
 - Resolution
- Metaspråk
 - Språk för att prata om språk
 - Sundhet: Inga "sjuka" (falska) satser kan genereras
 - Fullständighet: Allt som är "fullständigt" sant kan visas

Sammanfattning, 2

- Predikatlogik
 - Syntax
 - Predikat, variabler, kvantifikatorer
 - Översättning till predikatlogik
 - Inferens
 - Fluents och frameproblemet (vad ändras, vad ändras inte)
 - Konvertering till KNF
 - Unifiering och resolution
- Ontologi
 - Kategorier
 - Tid, temporala relationer
 - Händelser
- Strukturerad representation/semantiska nät
 - Ärvning
- Icke-standardlogik