

representação do conhecimento

ontologia

é uma forma geral de representar conceitos (conhecimento)

- classes / categorias
- objetos (podem ser instâncias de conceitos)
- propriedades
- relações

engenharia do conhecimento (EC próximo semestre)

desenvolve e manipula conhecimento e ontologias em particular

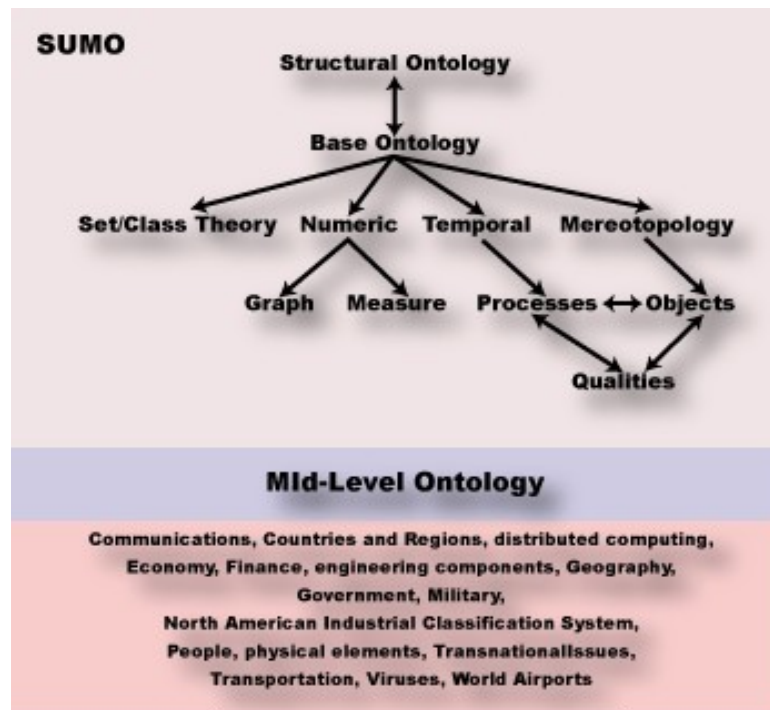
ontologia de nível superior

ex: SUMO

integradora de **ontologias específicas de domínio**

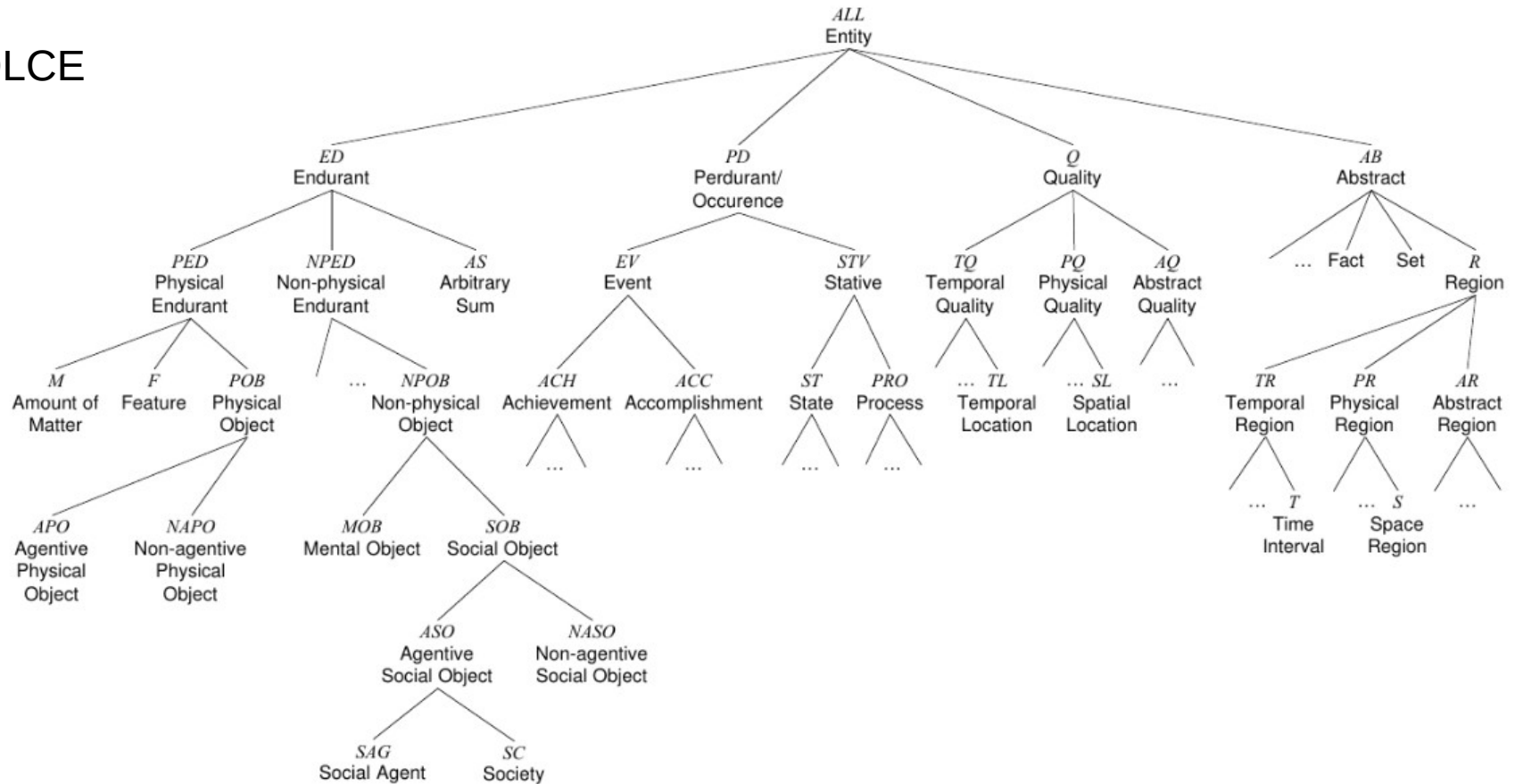
dificuldade em expressar
conceitos genéricos

as exceções (ver adiante)



ontologia de nível superior

ex: DOLCE



ontologias gerais ou específicas

qualquer ontologia é um tratado – um acordo social – entre pessoas com algum motivo comum para partilharem [conhecimento]

Tom Gruber (2004)

processos de criação de ontologias

1. equipa de ontologistas/lógicos

ex: CYC (Lenat & Guha, 1990)

2. importação de categorias, atributos e valores de bases de dados

ex: DBpedia a partir da Wikipedia (Bizer *et al.*, 2007)

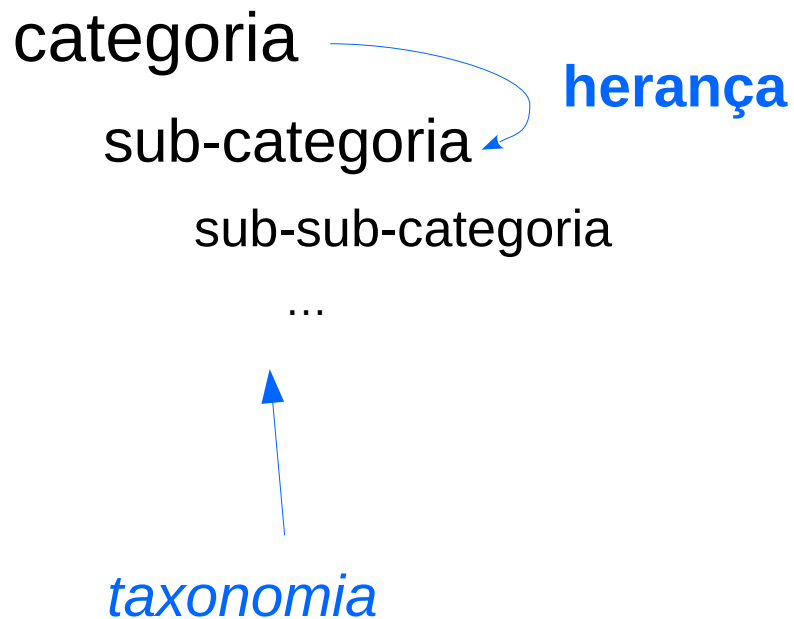
3. análise de documentos de texto e extração de informação

ex: TextRunner a partir de páginas web (Banko & Etzioni, 2008)

4. factos de senso comum por amadores

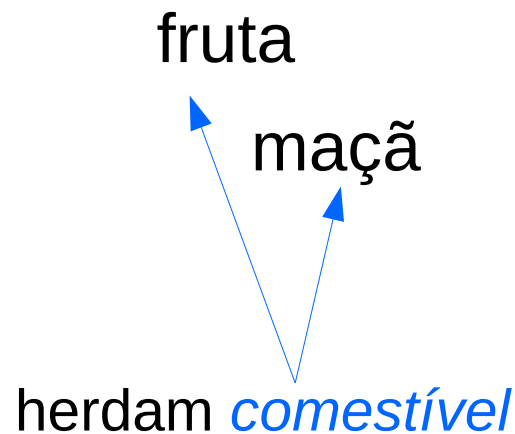
ex: OpenMind → ConceptNet (Singh *et al.*, 2005; Chklovski & Gil, 2005)

herança



ex:

alimento
(propriedade: *comestível*)



composição

uma coisa que é parte
de outra: *PartOf*

PartOf(Lisboa, Portugal)

PartOf(Portugal, Europa)

PartOf(Europa, Terra)

PartOf(guiador, bicicleta)

é uma relação transitiva e
reflexiva

$PartOf(x, y) \wedge PartOf(y, z)$
 $\Rightarrow PartOf(x, z).$

$PartOf(x, x).$

o que permite inferir

PartOf(Lisboa, Terra)

medidas

quantitativas (são simples)

$$\text{comprimento}(L_1) = \text{centímetros}(3,81) = \text{polegadas}(1,5)$$

e conversão

$$\text{centímetros}(2,54 \times d) = \text{polegadas}(d)$$

medidas não quantificáveis numericamente
(relação de ordem é útil)

$$e_1 \in \text{Exercícios} \wedge e_2 \in \text{Exercícios} \wedge \text{De}(e_1, \text{Cálculo}) \wedge \text{De}(e_2, \text{IIA}) \Rightarrow \\ \text{Dificuldade}(e_1) < \text{Dificuldade}(e_2).$$

objetos – coisas e coisa

contáveis

gatos, buracos, teoremas

não contáveis

arroz, água, energia

$a \in \text{arroz} \wedge \text{PartOf}(p, a) \Rightarrow p \in \text{arroz}.$

$b \in \text{água} \Rightarrow \text{PontoDeFusão}(b, \text{Celsius}(0)).$

propriedades de (não) contáveis

propriedades intrínsecas

relativas à substância do objeto (ex: cor, pH)

propriedades extrínsecas

relativas ao próprio objeto (ex: massa, forma)

categoria só com propriedades intrínsecas \Rightarrow não contável

categoria com alguma propriedade extrínseca \Rightarrow contável

eventos – *event calculus*

tem em conta o tempo

asserções com predicado de verdade, T

$T(Em(Inês, FCUL), t)$ t – instante temporal

$Happens(E_1, i)$ evento E_1 acontece no intervalo i

ou, em forma funcional

$Extent(E_1) = i$

intervalos de tempo:

$i = (t_1, t_2)$ t_1 instante de início; t_2 instante de fim

predicados de cálculo de eventos

$T(f, t)$	f é verdadeiro no instante t
$Happens(e, i)$	evento e acontece no intervalo de tempo i
$Initiates(e, f, t)$	evento e causa f a ter valor verdadeiro no instante t
$Terminates(e, f, t)$	evento e causa f a não ter valor verdadeiro no instante t
$Clipped(f, i)$	f deixa de ser verdadeiro durante o intervalo i
$Restored(f, i)$	f torna-se verdadeiro durante o intervalo i
$Start$	evento específico que descreve o estado inicial indicando os termos que são iniciados ou terminados

cálculo de eventos

um termo é verdadeiro num instante se antes foi iniciado por um evento e não foi terminado por outro

$$Happens(e, (t_1, t_2)) \wedge Initiates(e, f, t_1) \wedge \neg Clipped(f, (t_1, t)) \wedge t_1 < t \Rightarrow T(f, t)$$

um termo não é verdadeiro se foi terminado por um evento e não foi restaurado por outro

$$Happens(e, (t_1, t_2)) \wedge Terminates(e, f, t_1) \wedge \neg Restored(f, (t_1, t)) \wedge t_1 < t \Rightarrow \neg T(f, t)$$

predicado T estendido a intervalos

$$T(f, (t_1, t_2)) \Leftrightarrow [\forall t, (t_1 \leq t < t_2) \Rightarrow T(f, t)]$$

exemplo de cálculo de eventos

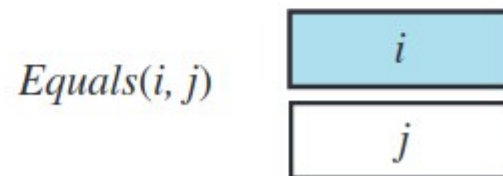
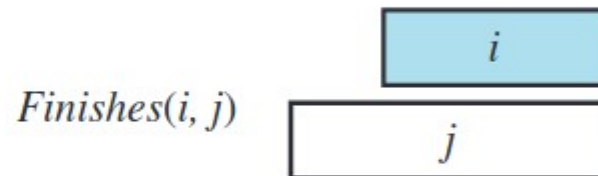
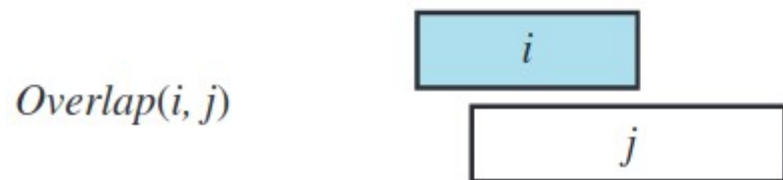
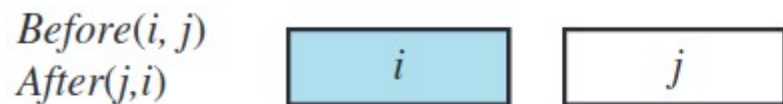
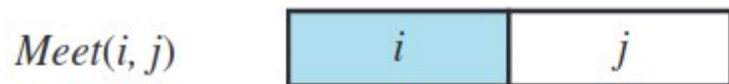
$Initiates(e, TemPão(a), t) \Leftrightarrow e = Start$

$Terminates(e, TemPão(a), t) \Leftrightarrow e \in Come(a)$

agente a tem pão no estado inicial e deixa de ter quando come

cálculo de eventos pode ser estendido para representar eventos simultâneos, acontecimentos externos, eventos contínuos

intervalos de tempo



relações entre intervalos

$Meet(i, j) \Leftrightarrow End(i) = Begin(j)$

$Before(i, j) \Leftrightarrow End(i) < Begin(j)$

$After(j, i) \Leftrightarrow Before(i, j)$

$During(i, j) \Leftrightarrow Begin(j) < Begin(i) < End(i) < End(j)$

$Overlap(i, j) \Leftrightarrow Begin(i) < Begin(j) < End(i) < End(j)$ (não simétrica)

$Begins(i, j) \Leftrightarrow Begin(i) = Begin(j)$

$Finishes(i, j) \Leftrightarrow End(i) = End(j)$

$Equals(i, j) \Leftrightarrow Begin(i) = Begin(j) \wedge End(i) = End(j)$

eventos e objetos mentais

conhecimento acerca de *crenças* ou de *deduções*

atitudes proposicionais

Crê, Sabe, Quer, Pretende, Informa, ...

ex:

Knows(Lois, CanFly(Superman)).

torna-se necessário aceder ao termo do predicado e não só aos objetos dos predicados (como na LPO, por ex.)

lógica modal – breve apontamento

tem operadores que recebem frases como argumentos

ex: “A sabe P ” representa-se $\mathbf{K}_A P$

\mathbf{K} é o operador modal para conhecimento

semântica mais complexa do que na LPO

coleção de mundos possíveis, ex. w_0 : P é verdade, w_1 : P é falso

relações de acessibilidade: w_1 é acessível desde w_0 com respeito ao operador \mathbf{K}_A se tudo em w_1 é consistente com o que A sabe em w_0

$\text{Acc}(\mathbf{K}_A, w_0, w_1)$

dedução em lógica modal

em geral o átomo de conhecimento $\mathbf{K}_A P$ é verdade no mundo w sse P é verdade em qualquer mundo acessível desde w

permite derivações recursivas sobre conhecimento: o que um agente sabe acerca do conhecimento do outro agente, etc.

ex:

$\mathbf{K}_{Lois} [\mathbf{K}_{Clark} Identity(Superman, Clark) \vee \mathbf{K}_{Clark} \neg Identity(Superman, Clark)]$

a Lois sabe que o Clark sabe se é o Super-homem ou não

problema:

assume omnisciência lógica – agente sabe todas as consequências (deduções) dos axiomas que tem