

ONTOLOGIAS

Andreia Malucelli

malu@fe.up.pt

www.fe.up.pt/~malu

Tópicos

- ✿ Motivação
- ✿ O que é ontologia ?
- ✿ Construção de Ontologias
- ✿ Metodologias para construção de ontologias
- ✿ Ferramentas para construção de ontologias
- ✿ Linguagens para construção de ontologias
- ✿ Aprendizagem de Ontologias (*Ontology Learning*)
- ✿ Mapeamento de Ontologias (*Ontology Mapping*)
- ✿ Tradução, Troca e Interoperabilidade (*Translation, Exchange and Interoperability*)
- ✿ Aplicações
- ✿ Conclusões

Motivação

☀ Bateria



Características diferentes

Preços diferentes

Utilidades diferentes

Motivação



O que é ontologia ?

- ✿ Origem na Filosofia:
 - ✓ Especificação do que existe ou do que podemos dizer sobre o mundo.
- ✿ Para sistemas de IA, o que "existe" é aquilo que pode ser representado

Ontologia

- ☀ Tópico popular desde início século noventa
- ☀ Várias comunidades de pesquisa de Inteligência Artificial:
 - ✓ Engenharia do Conhecimento
 - ✓ Processamento de Linguagem Natural
 - ✓ Representação do Conhecimento
 - ✓ Integração de Informação Inteligente
 - ✓ Recuperação de Informação na Internet
 - ✓ Gerenciamento do Conhecimento

Ontologia

Razão para a popularidade: em grande parte devido a grande promessa de um compartilhamento e entendimento comum de algum domínio de conhecimento que possa ser comunicado entre pessoas e computadores.



O que é ontologia ?

- ✿ [Gruber, 1993] “uma especificação explícita de uma conceitualização.”
 - ✓ Explícita: significa que o tipo de conceitos usado e restrições sobre seu uso são explicitamente definidos.
 - ✓ Conceitualização: é basicamente uma idéia do mundo que uma pessoa ou um grupo de pessoas podem ter.

- ✿ [Borst, 1997] “especificação formal de uma conceitualização compartilhada.”
 - ✓ Formal: refere-se ao fato que uma ontologia deveria ser “lida” por máquina.
 - ✓ Compartilhada: ontologia deve refletir o conhecimento consensual, aceito por um grupo.

O que é ontologia ?

- ✿ Definições baseadas no processo da construção de ontologias
 - ✓ [Studer et al., 1998] "taxonomias são consideradas ontologias completas."
 - ✓ "UNSPSC, e-cl@ss, RosettaNet (padrões para domínio de comércio eletrônico) e Yahoo!Directory (taxonomia para pesquisar na web) são consideradas ontologias [Lassila et al., 1999] porque fornecem conceitualização consensual de um dado domínio."

O que é ontologia ?

- ✶ A comunidade de ontologias distingue ontologias que são principalmente uma taxonomia, de ontologias que modelam o domínio de uma maneira mais profunda fornecendo mais restrições sobre a semântica do domínio:

Heavyweight:
adicionam axiomas e
restrições para
ontologias
lightweight.

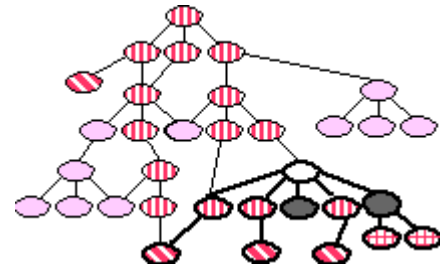


Lightweight: incluem
conceitos, taxonomias dos
conceitos, relacionamentos
entre conceitos e
propriedades que descrevem
os conceitos.

O que é ontologia ?

[Uschold and Jasper, 1999] “uma ontologia pode ter uma variedade de formas, mas necessariamente inclui um vocabulário de termos e alguma especificação de seu significado. Isto inclui definições e uma indicação de como conceitos são inter-relacionados, os quais impõem coletivamente uma estrutura sobre o domínio e restringe as possíveis interpretações do termo.”

O que é ontologia ?... Conclusões



- ✿ Há várias definições na literatura.
- ✿ Há consenso na comunidade de ontologia sobre o seu uso.
- ✿ Diferentes definições fornecem diferentes e complementários pontos de vista da mesma realidade.
- ✿ Alguns autores fornecem definições dependente do processo e em seguida da construção independente do seu uso em aplicações.
- ✿ Alguns autores definem ontologia com base no processo de desenvolvimento.
- ✿ Ontologias objetivam capturar o conhecimento consensual de um modo genérico, podem ser reusáveis e compartilhadas entre aplicações (software) e por grupos de pessoas. Ontologias são normalmente construídas por um grupo de pessoas em diferentes locais [Gómez-Perez, et al., 2002].

Construção de Ontologias

- ✿ Desenvolver uma ontologia envolve (basicamente):

- ✓ Determinar o domínio e escopo

Exemplo

Domínio: Representação do Vinho

Escopo: Aplicações que sugerem combinações entre vinhos e comidas



Outros escopos:

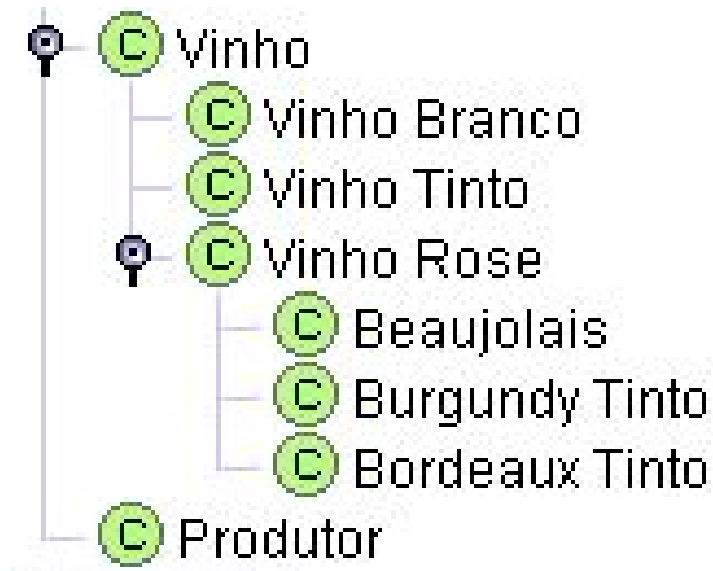
Ajudar clientes em restaurantes decidirem qual vinho pedir

Ajudar compradores de vinhos em garrafeiras

Ajudar transações entre Produtor do vinho e Revendedor do vinho

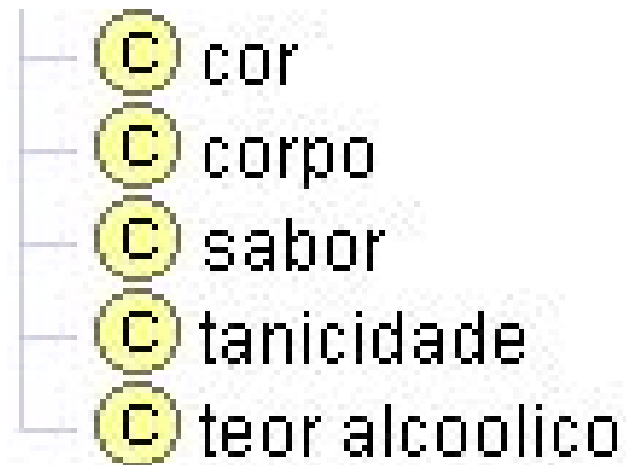
Construção de Ontologias

- ✓ Definir classes na ontologia
- ✓ Organizar as classes em uma taxonomia (subclasse-superclasse)



Construção de Ontologias

✓ Definir atributos (slots)



The screenshot shows a software window titled "S Corpo (type=:STANDARD-SLOT)". The window contains the following fields and options:

- Name:** A text box containing the word "Corpo".
- Value Type:** A dropdown menu with "String" selected.
- Documentation:** A text area containing the text: "É a sensação de opulência provocada pelo vinho à boca. Vinhos de bom corpo ou encorpados são vinhos untuosos na boca e nos dão a".
- Cardinality:** Two options:
- ☒ required at least 1
- ☐ multiple at most

✓ Definir relações

Ontologias - Andreia Malucelli

Construção de Ontologias

- ✓ Definir instâncias: elementos
- ✓ Definir axiomas: sentenças que são sempre verdadeiras
- ✓ Definir funções: ex: cálculo de um preço
- ✓

Construção de Ontologias

- ✿ Questões sobre metodologias, ferramentas e linguagens:
 - ✓ Quais metodologias estão disponíveis para construção de ontologias ou para reusar ontologias já disponíveis em servidores de ontologias ?
 - ✓ Qual é o ciclo de vida de uma ontologia ?
 - ✓ Quais ferramentas suportam o processo de desenvolvimento de ontologia ?
 - ✓ Como as ontologias são armazenadas (bases de dados ou arquivos) ?
 - ✓ As ferramentas têm uma máquina de inferência ?
 - ✓ As ferramentas têm tradutores para diferentes linguagens e formatos ?
 - ✓ Qual é a qualidade das traduções ?
 - ✓ Como as aplicações podem interoperar com servidores de ontologia e/ou usar as ontologias que já estão desenvolvidas ?

Construção de Ontologias



Questões sobre metodologias, ferramentas e linguagens:

- ✓ Qual linguagem deve ser utilizada ?
- ✓ Qual expressividade tem uma linguagem de ontologia ?
- ✓ Quais são os mecanismos de inferência que a linguagem possui ?
- ✓ Qualquer ferramenta suporta qualquer linguagem ?
- ✓ A linguagem escolhida é apropriada para a troca de informações entre diferentes aplicações ?
- ✓ A linguagem facilita a integração da ontologia na aplicação ?
- ✓ A linguagem é compatível com outras linguagens utilizadas para representar o conhecimento e informação na Web ?
- ✓ É necessário ter minha aplicação implementada em diferentes linguagens ?
- ✓ Há tradutores que transformam uma ontologia implementada em uma linguagem para uma outra linguagem ?
- ✓ Como tradutores minimizam a perda de conhecimento no processo de tradução ?

Construção de Ontologias

Metodologia

Ferramenta



Linguagem

Metodologias para Construção de Ontologias

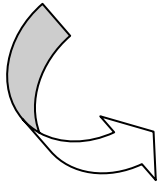


- ✿ Enterprise Ontology
- ✿ TOVE (Toronto Virtual Enterprise)
- ✿ METHONTOLOGY
- ✿ On-To-Knowledge

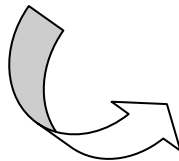
Metodologias para Construção de Ontologias

- ✶ Uschold and King's Method - Enterprise Ontology
[Uschold e King, 1995]

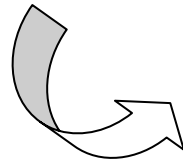
Identificar a proposta da ontologia



Construir a ontologia capturando, codificando e integrando conhecimento apropriado a partir de ontologias existentes



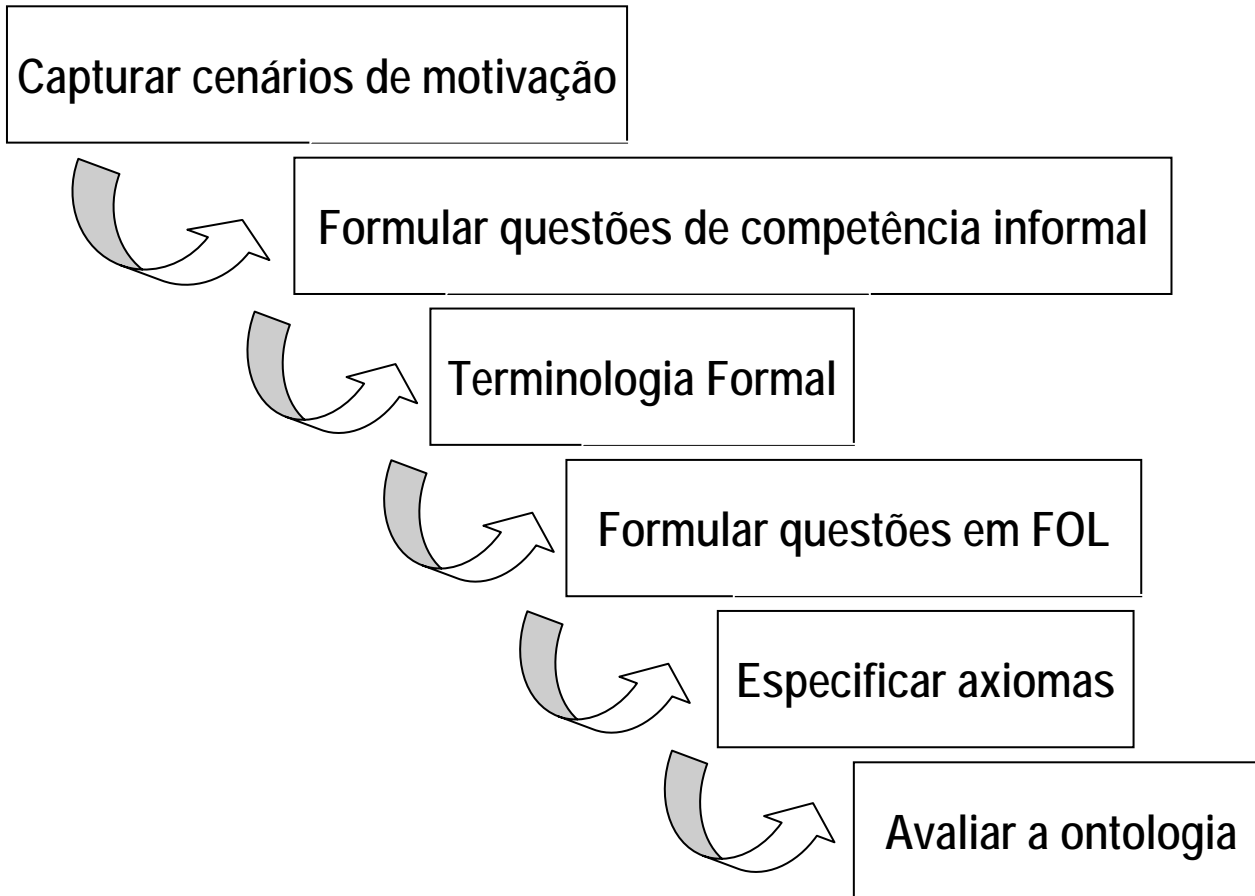
Avaliar a ontologia



Documentar a ontologia

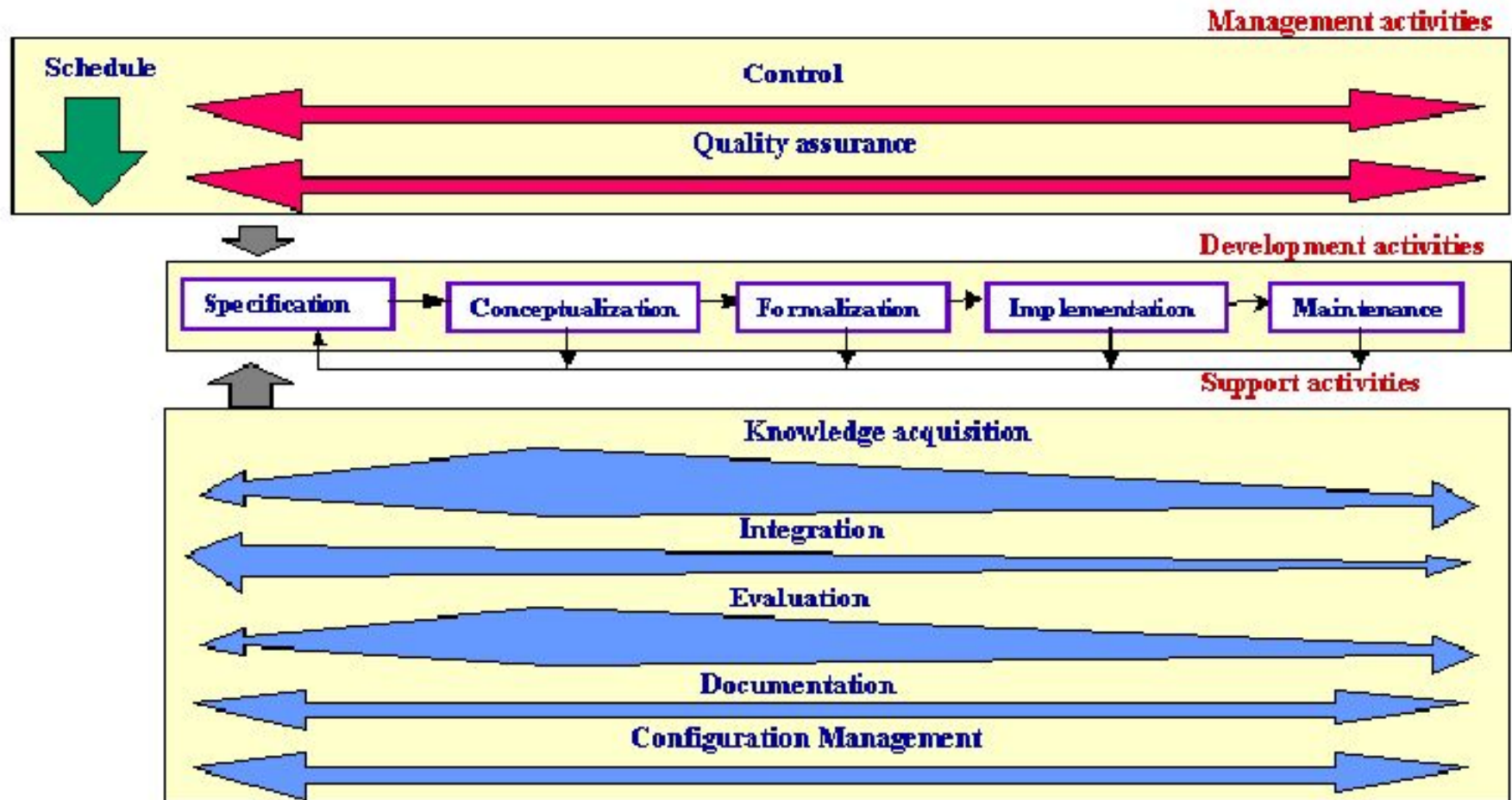
Metodologias para Construção de Ontologias

TOVE (Toronto Virtual Enterprise) [Grüninger e Fox,1995]



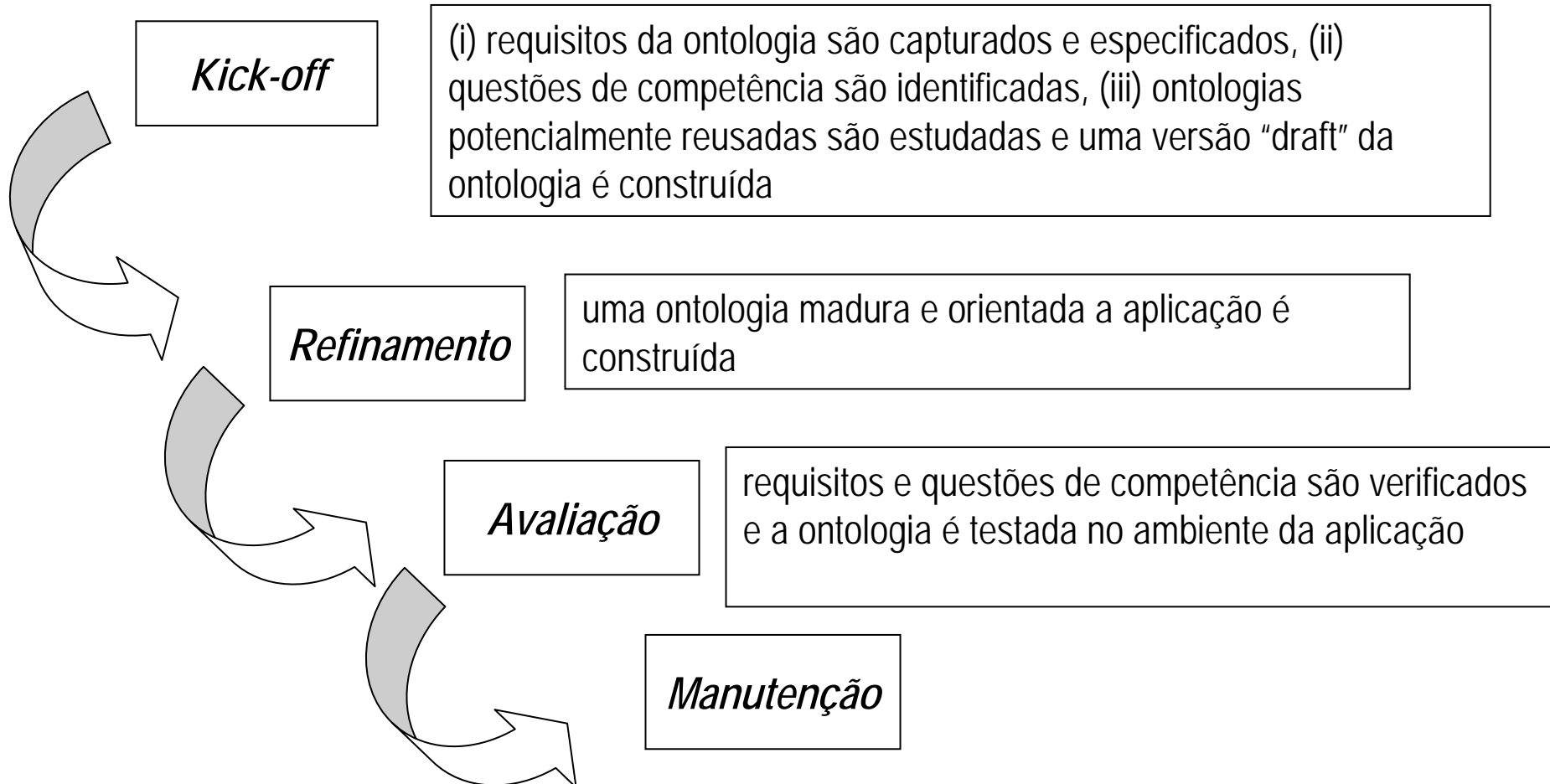
Metodologias para Construção de Ontologias

Methontology [Gómez-Pérez, 1998]



Metodologias para Construção de Ontologias

On-To-Knowledge [Staab et al., 2001]



Metodologias... Conclusões

- ✿ Nenhuma das abordagens é totalmente madura se comparadas com metodologias de engenharia de *software* e de engenharia do conhecimento.
- ✿ Mais madura: Methontology, recomendada pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*)
- ✿ Propostas não unificadas: cada grupo aplica sua própria abordagem

Ferramentas para Construção de Ontologias



Ontolingua

WebONTO

WebODE



Protégé



OntoEdit

OilEd

Apollo

SymOntoX

OntoSaurus

DagEdit

DOE

IsaViz

SemTalk

OntoBuilder

DUET

Ferramentas para Construção de Ontologias



Protégé2000 [Noy et al., 2000]

<http://protege.stanford.edu/>

Características Principais

- ✿ Desenvolvido pelo grupo de Informática Médica de Stanford Universidade de Stanford
- ✿ Código Aberto
- ✿ Aplicação *Standalone*
- ✿ Arquitetura extensível
- ✿ Editor de Ontologia + Biblioteca de *plugins* com funcionalidades
- ✿ Atualmente importa/exporta para Flogic, Jess, OIL, XML, Prolog, acesso OKBC

Ferramentas para Construção de Ontologias



Protégé2000

newspaper Protégé-2000 (C:\Program Files\Protege-2000\examples\newspaper\newspaper.ppr)

Project Window Help

Classes Slots Forms Instances Queries

Relationship S... V C

Content_Layout (type=:STANDARD-CLASS)

Name: Content_Layout

Documentation: Defines a rectangle of space on a page

Constraints

Role: Concrete

Template Slots

Name	Type	Cardinality	Other Facets
sub_rectangles	Instance	multiple	classes={Rectangle}
breakable	Boolean	single	default={false}
main_rectangle	Instance	single	classes={Rectangle}

Relationships:

- THING
- SYSTEM-CLASS
- Author
 - News_Service
 - Columnist
 - Editor
 - Reporter
- Content
 - Billing_Chart
 - Content_Layout
 - Prototype_Newspaper
 - Rectangle
 - Section
- Layout_info
 - Library
 - Newspaper
 - Organization
 - Person
 - Employee

Ferramentas para Construção de Ontologias



WebODE [Arpírez et al. 2001; Corcho et. al, 2002]

<http://delicias.dia.fi.upm.es/webODE/>.

Características Principais

- ✿ Desenvolvido no Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Técnica de Madri
- ✿ Arquitetura extensível
- ✿ Aplicação Web
- ✿ Importa/exporta para XML, RDF(S), OIL, DAML + OIL, CARIN, Flogic, Jess, Prolog
- ✿ Ontologias armazenadas em bases de dados relacional
- ✿ Serviços de documentação, avaliação e fusão de ontologias

Ferramentas para Construção de Ontologias

WebODE



WebODE 2.0 Ontology Travellers Instance Set Clipboard Import Export Help

Show Term Properties Relations With Other Ontologies Graphical Taxonomy Edition Intermediate Representations Inference Engine Instances Back

Instance Attributes for Term *Travel*

Instance Attribute Name	Description	Value Type	Cardinality	Measurement Unit	Precision	Value Interval
arrival date	Date of arrival of the trip	Date	{0, 1}			
company name	Transportation company or companies in charge of a trip.	String	{0, N}			
departure date	Date of departure of the trip	Date	{0, 1}			
single fare	Fare of a single ticket	Float	{0, 1}			

Term Name

Instance Attribute Name

Description

Value Type

Minimum-Maximum Cardinality

Measurement Unit

Precision

Minimum Value

Maximum Value

Browsing area **Edition area**

Clipboard

Ferramentas para Construção de Ontologias



OntoEdit [Sure et al., 2002]

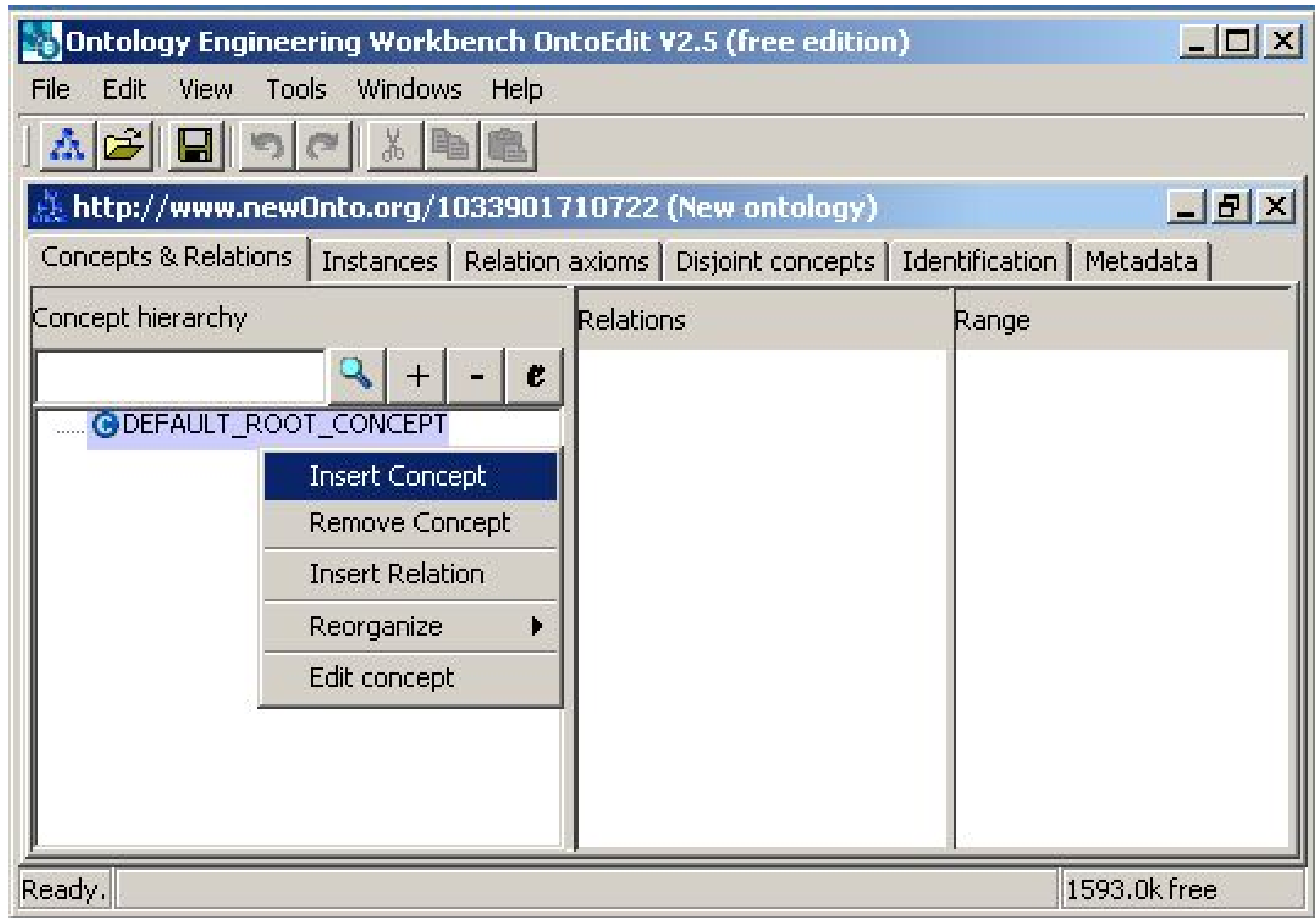
<http://ontoserver.aifb.uni-karlsruhe.de/ontoedit>

- ✿ Características Principais
- ✿ Desenvolvido pela AIFB (Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren) na Universidade de Karlsruhe
- ✿ Arquitetura extensível baseada em plugins
- ✿ Importa/exporta para Flogic, XML, RDF(S), DAML+OIL
- ✿ Versões disponíveis: OntoEdit Free e OntoEdit Professional

Ferramentas para Construção de Ontologias

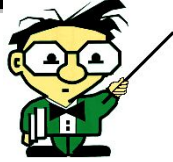


OntoEdit



Ferramentas para Construção de Ontologias

Comparação



- Paradigma de Representação do Conhecimento:

Representam conhecimento seguindo uma abordagem híbrida baseada em frames e lógica de primeira ordem.

- Expressividade:

Todas as ferramentas permitem representar classes, relações, atributos, instâncias e axiomas.

- Serviços de Inferência:

Protégé2000 não possui máquina de inferência, OntoEdit usa Flogic [Kifer et al., 1995] e WebODE usa Ciao Prolog [Hermenegildo et al., 2000]

- Arquitetura de Software e Evolução:

Plataforma Java: Protégé2000, WebODE, OntoEdit

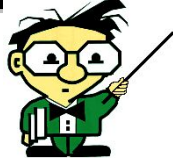
Armazenamento em Banco de Dados: Versão comercial de OntoEdit, Protégé2000 e WebODE

Backup: WebODE

Extensibilidade: Protégé2000, OntoEdit, WebODE

Ferramentas para Construção de Ontologias

Comparação



☀ Interoperabilidade

Muitas das ferramentas importam e exportam para XML e linguagens *markup*.

Não há estudo sobre a qualidade dos tradutores.

Não há resultados sobre a troca de ontologias entre diferentes ferramentas e sobre a quantidade de conhecimento perdido no processo de tradução.

☀ Metodologia

WebODE tem suporte para Methontology

OntoEdit tem suporte para On-To-Knowledge

☀ Construção de Ontologias Cooperativa e Colaborativa

WebODE tem as características mais avançadas

Ferramentas para Construção de Ontologias

Conclusões

- ✿ Existem várias ferramentas similares e não há uma ferramenta completa.
- ✿ A boa seleção entre as ferramentas disponíveis depende da necessidade do usuário.
- ✿ O usuário deve ler sobre as características (descrição, arquitetura, interoperabilidade, representação, serviços de inferência e usabilidade) de cada uma para escolher aquela que está mais de acordo com os seus objetivos.

Ferramentas para Construção de Ontologias

Conclusões



- ✿ Não há correspondência entre as metodologias para construir ontologias e ferramentas, exceto para Methontology e WebODE, assim como On-To-Knowledge and OntoEdit.
- ✿ Muitas ferramentas apenas focam sobre poucas atividades do ciclo de vida como projeto e implementação.
- ✿ Há muitas ferramentas similares disponíveis porém não são capazes de interoperarem o que provoca importantes problemas quando integrando ontologias em bibliotecas de ontologias de diferentes ferramentas, quando fazendo a fusão de ontologias disponíveis em diferentes ferramentas ou linguagens, etc.

Linguagens para Construção de Ontologias

Linguagens de Ontologia Tradicionais	Cycl	Ontolingua	F-Logic	CML	OCML	Loom	KIF
Liguagens padrão para Web	XML	RDF					
Linguagens para ontologia <i>Web-based</i>	OIL	DAML+OIL	SHOE	XOL	OWL		

Linguagens para Construção de Ontologias

Linguagens Tradicionais

- ☀ Ontolingua [Farquhar et. al, 1997; Gruber, 1992]
 - ✓ Baseada em KIF (Knowledge Interchange Format) [Genesereth e Fikes, 1992].
 - ✓ Criada em 1992 pelo Laboratório de Sistemas do Conhecimento da Universidade de Stanford.
 - ✓ Combina paradigmas de frames e predicados de cálculo de primeira ordem.
 - ✓ Mais expressiva de todas as linguagens para representar ontologias.
 - ✓ Permite representar conceitos, taxonomias de conceitos, relações n-árias, axiomas, instâncias e procedimentos.
 - ✓ Nenhum suporte de raciocínio é fornecido com a linguagem.

(define-class female-person (?person)

"female humans"

:iff-def (and (human ?person)

(= (gender ?person) female)))

Linguagens para Construção de Ontologias

Linguagens Padrão para Web

- ✿ RDF [Lassila e Swick, 1999]
Desenvolvida pela W3C (*the World Wide Web Consortium*) como uma linguagem baseada em rede semântica para descrever recursos da Web.
- ✿ RDF Schema [Brickley e Guha, 2002] também desenvolvido pela W3C como uma extensão do RDF com primitivas baseadas em frame.
- ✿ RDF(S) é a combinação de RDF e RDF Schema. É muito mais expressiva. Permite representação de conceitos, taxonomias de conceitos e relações binárias. Algumas máquinas de inferência têm sido criadas para esta linguagem, principalmente para checar as restrições.

```
<Class ID="Female">  
  <subClassOf resource="#Animal"/>  
  <disjointWith resource="#Male"/>  
</Class>
```


Linguagens para Construção de Ontologias

Linguagens para Ontologia baseadas em Web

- ✿ OWL (Ontology Web Language) <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
Recomendação da W3C em 10 de fevereiro de 2004.
 - ✓ Para ser utilizada quando as informações contidas em documentos precisam ser processadas por aplicações em situações em que o conteúdo precisa mais do que ser apresentado apenas para humanos.
 - ✓ Pode ser usada para representar explicitamente o significado de termos em vocabulários e os relacionamentos entre os termos.
 - ✓ Tem mais facilidades para expressar significados e semântica que XML, RDF e RDF(S).
 - ✓ Possui habilidade para representar conteúdo interpretável por máquina na Web
 - ✓ É uma revisão da linguagem DAML + OIL.

Linguagens para Construção de Ontologias

Linguagens para Ontologia baseadas em Web

```
<owl:AllDifferent>
  <owl:distinctMembers rdf:parseType="Colecao">
    <vin:VinhoCor rdf:about="#Tinto" />
    <vin:VinhoCor rdf:about="#Branco" />
    <vin:VinhoCor rdf:about="#Rose" />
  </owl:distinctMembers>
</owl:AllDifferent>
<owl:AllDifferent>
  <owl:distinctMembers rdf:parseType="Colecao">
    <vin:VinhoCorpo rdf:about="#Leve" />
    <vin:VinhoCorpo rdf:about="#Médio" />
    <vin:VinhoCorpo rdf:about="#Cheio" />
  </owl:distinctMembers>
</owl:AllDifferent>
<owl:AllDifferent>
  <owl:distinctMembers rdf:parseType="Colecao">
    <vin:VinhoSabor rdf:about="#Suave" />
    <vin:VinhoSabor rdf:about="#Moderado" />
    <vin:VinhoSabor rdf:about="#Forte" />
  </owl:distinctMembers>
</owl:AllDifferent>
<owl:AllDifferent>
```

[wine.xml](#)

Linguagens para Construção de Ontologias

Comparação

- ✿ Conceitos organizados em taxonomias, relações binárias e instâncias são os únicos componentes que podem ser representados em todas as linguagens apresentadas.
- ✿ Ontolingua e SHOE permitem criar **relações n-árias**, nas outras linguagens estas relações devem ser representadas pela sua decomposição em **relações binárias**.
- ✿ **Axiomas Formais** podem ser definidos em Ontolingua, LOOM, OCML e Flogic
- ✿ **Regras** podem ser definidas em LOOM e OCML
- ✿ **Mecanismos de Inferência** são diversos em cada linguagem

Linguagens para Construção de Ontologias

Conclusões

- ✿ Para construir uma ontologia primeiro é necessário estabelecer o que a aplicação precisa em termos de expressividade e serviços de inferência porque nem todas as linguagens permitem representar os mesmos componentes e raciocínio do mesmo modo.
- ✿ A representação e raciocínio com informações básicas como conceitos, taxonomias e relações binárias não é suficiente se é necessário criar ontologias *heavyweight* e fazer raciocínios complexos com ela.
- ✿ Tradutores entre linguagens ainda não são suficientes para assegurar que a informação não será perdida no processo.
- ✿ Tomar uma boa decisão sobre o uso de uma linguagem específica para representar ontologia é crucial para desenvolver aplicações baseadas em ontologias.

Aprendizagem de Ontologia (*Ontology Learning*)



- ✿ Há diferentes abordagens para *Ontology Learning*, a partir de: textos, instâncias, esquemas de bases de dados, modelos ER, esquemas XML, etc.
- ✿ A mais utilizada e mais interessante para o contexto da Web Semântica é a abordagem a partir de textos.
- ✿ *Ontology Learning* a partir de textos consiste em extrair ontologias aplicando técnicas de linguagem natural e linguística em textos.

Aprendizagem de Ontologia (*Ontology Learning*)

Ferramentas



Ferramentas baseadas em técnicas de linguagem natural e aprendizagem por máquina, há três tipos:

- ✓ Ferramentas baseadas em Classificação Consensual (*Conceptual clustering*): ASIUM [Faure e Nedellec, 1999], Mo'K [Bisson et al., 2000] e SVETLAN [Chaelandar e Grau, 2000]
- ✓ Ferramentas baseadas em Análise Léxica e Sintática (*Lexical and Syntatic Analysis*): Corporum-Ontobuilder [<http://ontoserver.cognit.no/>], LTG [Mikheev e Finch, 1997] e Terminate [Biébow et al., 1999]
- ✓ Ferramentas baseadas em Abordagem Estatística (*Statistical Approach*): Text-To-Onto [Maedche e Staab, 2001]

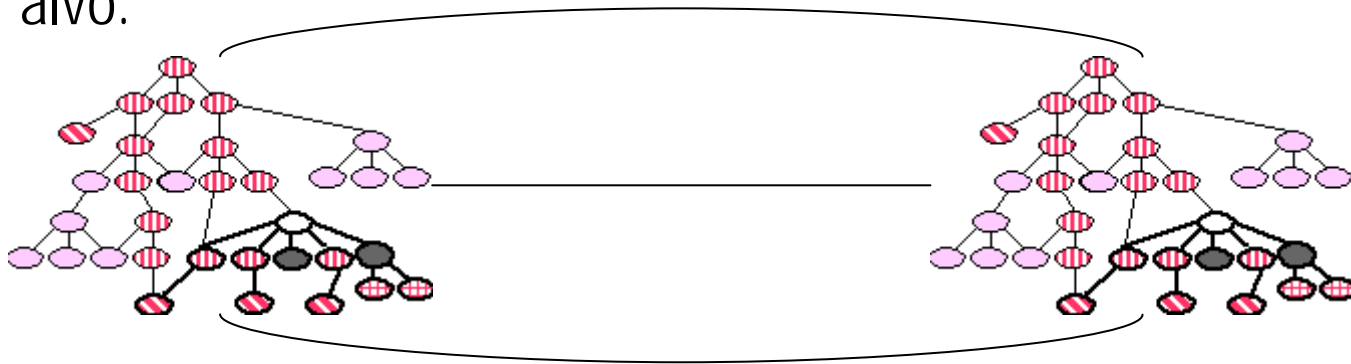
Aprendizagem de Ontologia (*Ontology Learning*)

Conclusões

- ✿ Área nova onde a maioria das abordagens são baseadas em extração do conhecimento a partir de texto usando análise de linguagem natural.
- ✿ Todos os métodos propostos requerem a participação de um ontologista

Mapeamento de Ontologia (*Ontology Mapping*)

- ☀ Mapeamento de Ontologia pode ser definido como uma função que associa termos e expressões definidas em uma ontologia fonte com termos e expressões definidos em uma ontologia alvo.

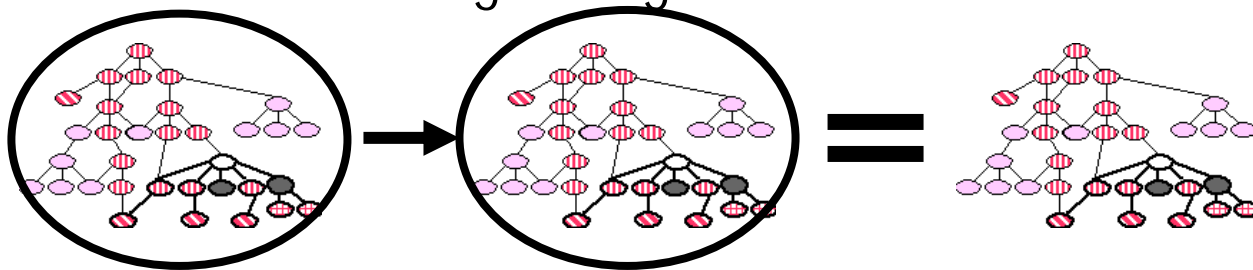


- ☀ Quando um mapeamento é estabelecido não é necessário que as ontologias pertençam ao mesmo domínio.

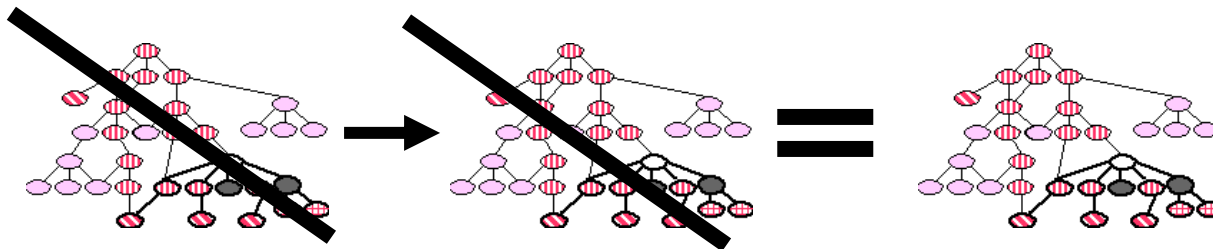
Mapeamento de Ontologia (*Ontology Mapping*)

- ☀ [Noy e Musen, 1999] diferenciam *Ontology Alignment* de

Ontology Alignment (Alinhamento de Ontologia): consiste em estabelecer diferentes tipos de mapeamento entre ontologias preservando as ontologias originais.



Ontology Merging (Junção de Ontologias): consiste em gerar uma única ontologia a partir de ontologias originais.



Mapeamento de Ontologia (*Ontology Mapping*)

Principais Ferramentas

- ✿ Chimaera [McGuinness et al., 2000b]
- ✿ PROMPT [Noy e Musen, 2000]
- ✿ OBSERVER [Mena et al., 1999]
- ✿ OntoMorph [Chalupsky, 2000]
- ✿ Auto-Categorizer
[http://www.appliedsemantics.com/as_solutions_autocat.shtml]
- ✿ WebPicker [Corcho e Gómez-Pérez, 2001a]



Mapeamento de Ontologia (*Ontology Mapping*)

Conclusões

- ✿ Muitas ferramentas estão limitadas às funções de fornecer verificação de classes ou relacionamentos, verificação de consistência, lista de recomendações do que fazer.
- ✿ É uma tarefa difícil porque requer profunda verificação da herança, consistência da inferência, entre outras.
- ✿ É complicado também devido as relações poderem ser muitos-para-um, um-para-muitos, muitos-para-muitos, dentro de um domínio ou em vários domínios.

Tradução, Troca e Interoperabilidade (*Translation, Exchange and Interoperability*)

- ✿ Ontologias são construídas utilizando diferentes linguagens. Cada linguagem com sua sintaxe, expressividade e capacidade de raciocínio. São também baseadas em diferentes paradigmas (frames, lógica de primeira ordem, descritores lógicos, etc.)
- ✿ Ontologias são construídas utilizando diferentes ferramentas para desenvolvimento. Cada ferramenta exporta/importa ontologias para uma ou várias linguagens.

Tradução, Troca e Interoperabilidade (*Translation, Exchange and Interoperability*)

- ✿ Problema da Tradução surge quando decidimos reusar uma ontologia ou parte dela, com uma ferramenta ou linguagem diferente daquela em que a ontologia está disponível.
- ✿ Ferramentas de ontologia deveriam ser capazes de trocar ontologias entre elas. Deveriam ser capazes de exportar/importar ontologias em diferentes formatos.
- ✿ Se nos referimos a troca de ontologias entre diferentes tipos de ferramentas, o problema de tradução é também conhecido com interoperabilidade entre ferramentas de ontologia.

Tradução, Troca e Interoperabilidade (*Translation, Exchange and Interoperability*)

- ✿ Primeira abordagem proposta foi usar KIF como um formato de troca de conhecimento no Servidor Ontolingua. Com isso diminuiria o número de tradutores a serem desenvolvidos.
- ✿ Abordagem falhou: (i) qualidade das traduções muito pobres (ii) fornecia facilidades para exportar mas não para importar, cada desenvolvedor tinha que construir seus próprios tradutores para Ontolingua ou KIF
- ✿ As ferramentas para construção de ontologias novas têm criado seus próprios tradutores para diferentes linguagens de ontologia.

Tradução, Troca e Interoperabilidade

Conclusões

- ✿ Problema da tradução não tem sido tratado de um modo integrado. Integrado significa analisar em profundidade todos os problemas que aparecem em traduções, propondo soluções teóricas para estes problemas e fornecendo ao mesmo tempo soluções tecnológicas para resolvê-los.
- ✿ Nenhuma proposta atual trata da preservação da perda do conhecimento em transformações.

Aplicações de Ontologia

- ☀ Gerenciamento do Conhecimento: integração de recursos de informação heterogêneos, distribuídos e semi-estruturados.
- ☀ Comércio Eletrônico: relacionamentos de negócio (compra/venda) entre entidades comerciais. (B2B)
 - ✓ Lugares como Yahoo <<http://www.yahoo.com/>> organizam seu conteúdo em categorias para apoiar seus usuários a navegar de acordo com o conteúdo pesquisado.
 - ✓ The United Nations Standard of Products and Services Code <<http://www.unspsc.ORG/>> contém uma taxonomia que organiza produtos e serviços para facilitar as transações entre sites B2B que concordam com o vocabulário ali definido (compromisso ontológico)

Aplicações de Ontologia

- ✿ Integração de Aplicações de Empresas: trata com o problema de dados, processos, aplicações e integração de negócios dentro de uma ou entre várias organizações.
- ✿ Retorno de Informação Inteligente: máquinas de busca como o Google, AltaVista usam ontologias para realizar consultas semânticas que melhoram as clássicas buscas por palavra-chave.

Aplicações de Ontologia

- ✿ Processamento de Linguagem Natural: Ontologias como WordNet <http://www.cogsci.princeton.edu/~wn/> são usadas para representar estruturas gramaticais que permitem realizar análise semântica em textos reduzindo a ambiguidade semântica da linguagem natural.
- ✿ Modelagem de empresa: as ontologias suportam a memória organizacional de uma empresa que permite as suas diferentes áreas interoperarem com um vocabulário comum e regras pré-definidas, produto do consenso. Exemplo destas ontologias é possível encontrar em TOVE e The Enterprise Ontology.

Conclusões Gerais

É necessário trabalhar na criação de ferramentas que facilitem:

- ✿ Desenvolvimento da ontologia durante todo o ciclo de vida, incluindo: integração, fusão, reengenharia, avaliação de conteúdo, tradução para diferente linguagens e formatos, troca de conteúdo com outras ferramentas, etc
- ✿ Gerenciamento de ontologia: gerenciamento de configuração e evolução de ontologias isoladas assim como de bibliotecas
- ✿ Suporte de Ontologias: cronograma, documentação, técnicas avançadas para visualização do conteúdo da ontologia, etc
- ✿ Suporte metodológico para construção de ontologias.

Conclusões Gerais

Também são necessários serviços:

- ✿ Softwares que ajudem a localizar a ontologia mais apropriada para uma dada aplicação
- ✿ Métricas formais que comparem similaridade semântica e distância semântica entre termos da mesma ontologia ou em ontologias diferentes
- ✿ Softwares que permitam incremental, consistente e seletivas atualizações da ontologia, a qual está sendo usada por uma dada aplicação
- ✿ Módulos de *queries* para consultar ontologias
- ✿ Acesso remoto para sistemas de bibliotecas de ontologias
- ✿ Software que facilite a integração da ontologia com sistemas de herança e bases de dados

Referências

- ✱ [Arpírez et al., 2001] Arpírez JC, Corcho O, Fernández-López M, Gómez-Pérez A. *WebODE: a scalable ontological engineering workbench*. In: Gil Y, Musen M, Shavlik J (eds) First International Conference on Knowledge Capture (KCAP'01). Victoria, Canada. ACM Press (1-58113-380-4), New York, pp 6-13.
- ✱ [Biébow e Szulman, 1999] Biébow B, Szulman S. *TERMINAE: a linguistic-based tool for the building of a domain ontology*. In EKAW'99 – Proceedings of the 11th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modelling and management. Dagstuhl, Germany, LCNS, pages 49-66, Berlin, 1999. Springer-Verlag.
- ✱ [Bisson et al., 2000] Bisson G, Nedellec C, Cañamero D. *Designing Clustering Methods for Ontology Building – The Mo'K Workbench*. In S. Staab, A. Maedche, C. Nedellec, P. WiemerHasting (eds.), Proceedings of the Workshop on Ontology Learning, 14th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI'00, Berlin, Germany, August 20-25.
- ✱ [Borst, 1997] Borst WN. *Construction of Engineering Ontologies*. University of Twente. Enschede, The Netherlands - Centre for Telematica and Information Technology.
- ✱ [Brickley e Guha, 2002] Brickley D, Guha RV. *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*. W3C Working Draft. <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-schema>
- ✱ [Chaelandar e Grau, 2000] Chaelandar G, Grau B. *SVETLAN'- A System to Classify Words in Context*. In S. Staab, A. Maedche, C. Nedellec, P. Wiemer-Hastings (eds.) Proceedings of the Workshop on Ontology Learning, 14th European Conference on Artificial Intelligence ECAI'00, Berlin, Germany, August 20-25.
- ✱ [Chalupsky, 2000] Chalupsky H. *OntoMorph: a translation system for symbolic knowledge*. In: Cohn AG, Giunchiglia F, Selman B (eds) 7th International Conference on Knowledge Representation and Reasoning (KR'00). Breckenridge, Colorado. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California, pp 471–482.

Referências

- ✱ [Corcho e Gómez-Pérez, 2001a] Corcho O, Gómez-Pérez A. *WebPicker: Knowledge Extraction from Web Resources*. 6th Intl. Workshop on Applications of Natural Language for Information Systems (NLDB'01). Madrid. June, 2001.
- ✱ [Euzenat , 1996] Euzenat J. *Corporate memory through cooperative creation of knowledge bases and hyper-documents*. In: Gaines BR, Musen MA (eds) 10th Tenth Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW'96). Banff, Canada.
- ✱ [Farquhar et al., 1997] Farquhar A, Fikes R, Rice J. *The Ontolingua Server: A Tool for Collaborative Ontology Construction*. International Journal of Human Computer Studies. 46(6):707–727.
- ✱ [Faure e Nédellec, 1999] Faure D, Nédellec C. *Knowledge acquisition of predicate argument structures from technical texts using machine learning: The system ASIUM*. In D. Fensel and R. Studer editors, Proc. Of the 11th European Workshop (EKAW'99), LNAI 1621, pages 329-334. Springer-Verlag.
- ✱ [Genesereth e Fikes, 1992] Genesereth MR, Fikes RE *Knowledge Interchange Format. Version 3.0. Reference Manual*. Technical Report Logic-92-1. Computer Science Department. Stanford University, California.
- ✱ [Gómez-Pérez, 1998] Gómez-Pérez A. *Knowledge Sharing and Reuse*. In: Liebowitz J (ed) Handbook of Expert Systems. CRC Chapter 10.
- ✱ [Gómez-Pérez, 2002] Gómez-Pérez A. *A survey on ontology tools*. OntoWeb Deliverable D1.3. http://www.ontoweb.org/download/deliverables/D13_v1-0.zip
- ✱ [Gruber, 1993] Gruber TR. A translation approach to portable ontology specification. Knowledge Acquisition 5(2)199–220.
- ✱ [Grüninger e Fox, 1995] Grüninger M, Fox MS. *Methodology for the design and evaluation of ontologies*. In: IJCAI95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. Montreal, Canada.

Referências

- ✱ [Hermenegildo et al., 2000] Hermenegildo M, Bueno F, Cabeza D, Carro M, García M, López P, Puebla G. *The Ciao Logic Programming Environment*. In: Lloyd JW, Dahl V, Furbach U, Kerber M, Lau K, Palamidessi C, Pereira LM, Sagiv Y, Stuckey PJ (eds) International Conference on Computational Logic (CL'00). London, United Kingdom. Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 1861.
- ✱ [Kifer et al., 1995] Kifer M, Lausen G, Wu J. *Logical Foundations of Object-Oriented and Frame-Based Languages*. Journal of the ACM 42(4): 741-843.
- ✱ [Lassila e Swick, 1999] Lassila O, Swick R. Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>
- ✱ [McGuinness et al., 2000b] McGuinness DL, Fikes R, Rice J, Wilder S. *An environment for merging and testing large ontologies*. In: Proc. 7th Intl. Conf. On Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR2000), Colorado, USA, April 2000.
- ✱ [Maedche e Staab, 2001] Maedche A, Staab S. *Ontology Learning for the Semantic Web*. IEEE Intelligent Systems, Special Issue on the Semantic Web, 16(2).
- ✱ [Mikheev e Finch, 1997] Mikheev, A. Finch, S. *A Workbench for Finding Structure in Texts*. Proceedings of ANLP-97 (Washington D.C.). ACL March 1997. pp 8.
- ✱ [Neches et al., 1991] Neches R, Fikes RE, Finin T, Gruber TR, Senator T, Swartout WR. *Enabling technology for knowledge sharing*. AI Magazine 12(3):36–56.
- ✱ [Noy e Musen, 2000] Noy NF, Musen MA. *PROMPT: Algorithm and Tool for Automated Ontology Merging and Alignment*. In: 17th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI'00). Austin, Texas.

Referências

- ✱ [Noy e Musen, 1999] Noy NF, Musen MA. *SMART: Automated support for ontology merging and alignment*. SMI Report Number: SMI-1999-0813.
- ✱ [Staab et al., 2001] Staab S, Studer R, Schnurr HP, Sure Y. *Knowledge Processes and Ontologies*. IEEE Intelligent Systems, 16(1) (2001).
- ✱ [Studer, 1998] Studer R, Benjamins VR, Fensel D. *Knowledge Engineering: Principles and Methods*. IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering 25(1-2):161–197.
- ✱ [Sure et al., 2002] Sure Y, Erdmann M, Angele J, Staab S, Studer R, Wenke D. *OntoEdit: Collaborative Ontology Engineering for the Semantic Web*. In: Horrocks I, Hendler J (eds) First International Semantic Web Conference (ISWC'02). Sardinia, Italy. Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 2342. Berlin, Germany, pp 221–235.
- ✱ [Swartout et al., 1997] Swartout B, Ramesh P, Knight K, Russ T. *Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies*. In: Farquhar A, Gruninger M, Gómez-Pérez A, Uschold M, van der Vet P (eds) AAAI'97 Spring Symposium on Ontological Engineering. Stanford University, California, pp 138–148.
- ✱ [Uschold e Jasper, 1999] Uschold M, Jasper R. *A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications*. In: Benjamins VR (ed) IJCAI'99 Workshop on Ontology and Problem Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends. Stockholm, Sweden. CEUR Workshop Proceedings 18:11.1–11.12. Amsterdam, The Netherlands (<http://CEUR-WS.org/Vol-18/>).
- ✱ [Uschold e King, 1995] Uschold M, King M. *Towards a Methodology for Building Ontologies*. In: IJCAI'95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. Montreal, Canada.