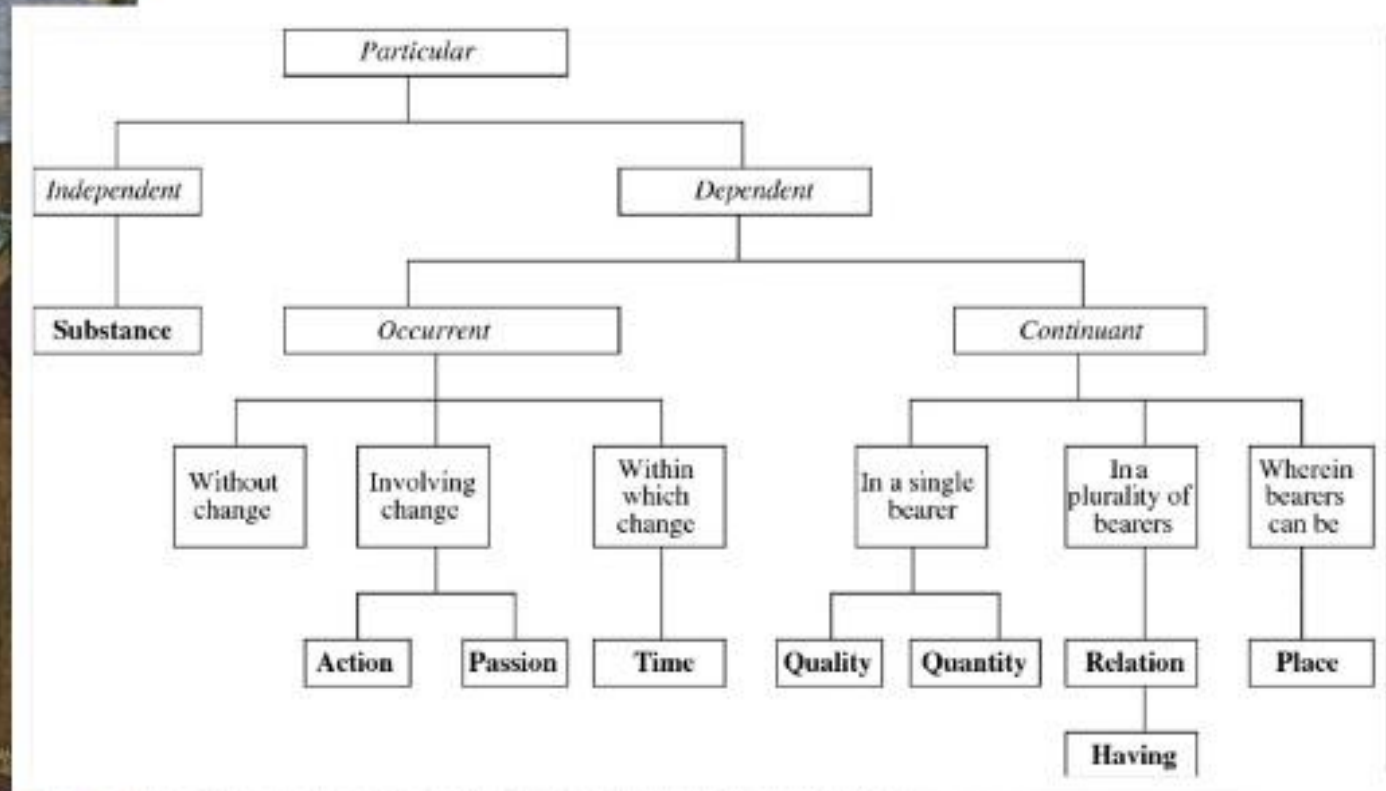




Aristotle
(384-322 BC)

Ontology in Classical Greek Philosophy

- **Aristotle** (Metaphysics IV, 1) defines a system of general categories for classification of all things about which statements can be made



Ontology – Part of Philosophy

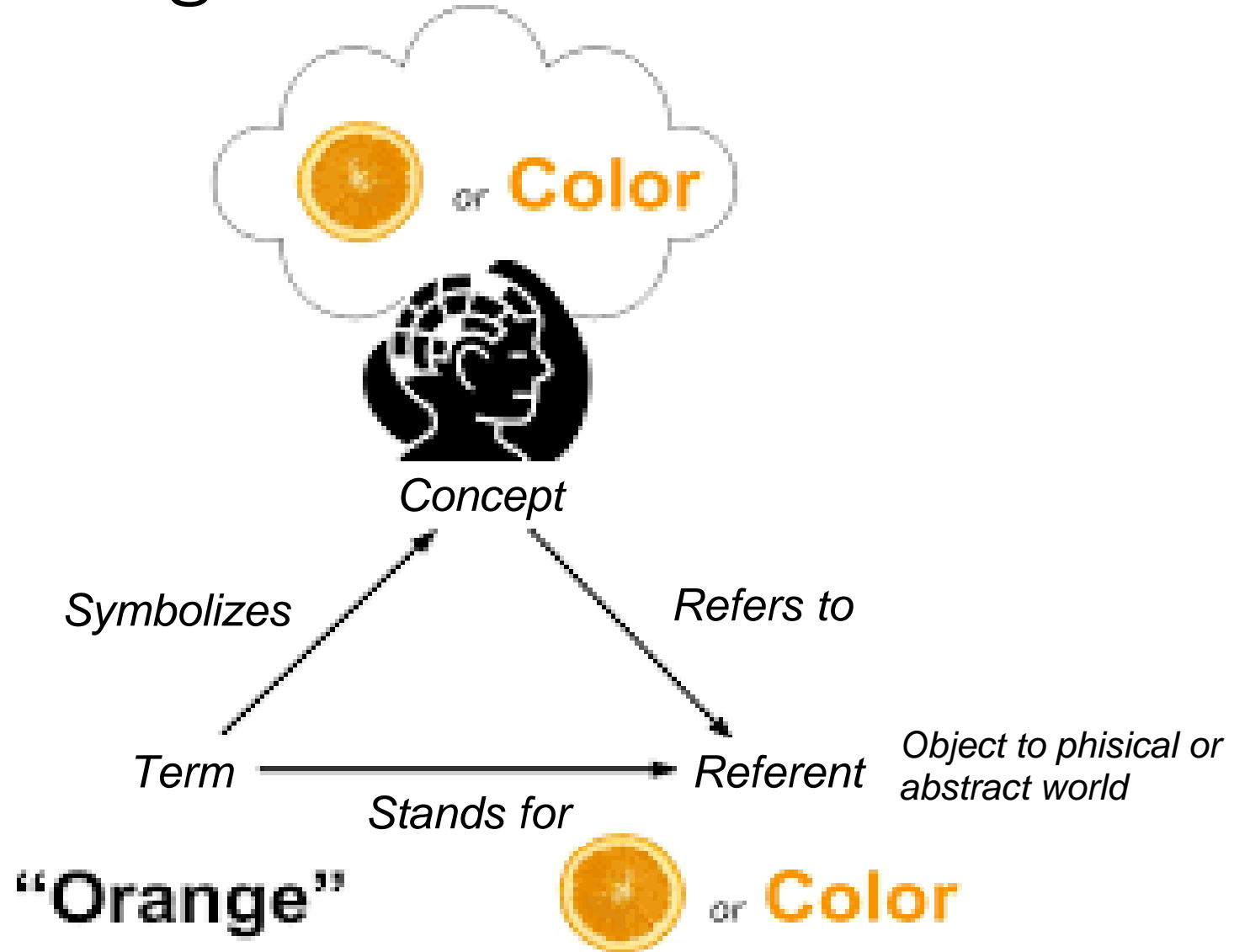
The three areas of Philosophy

Directly influence teaching theory and practice

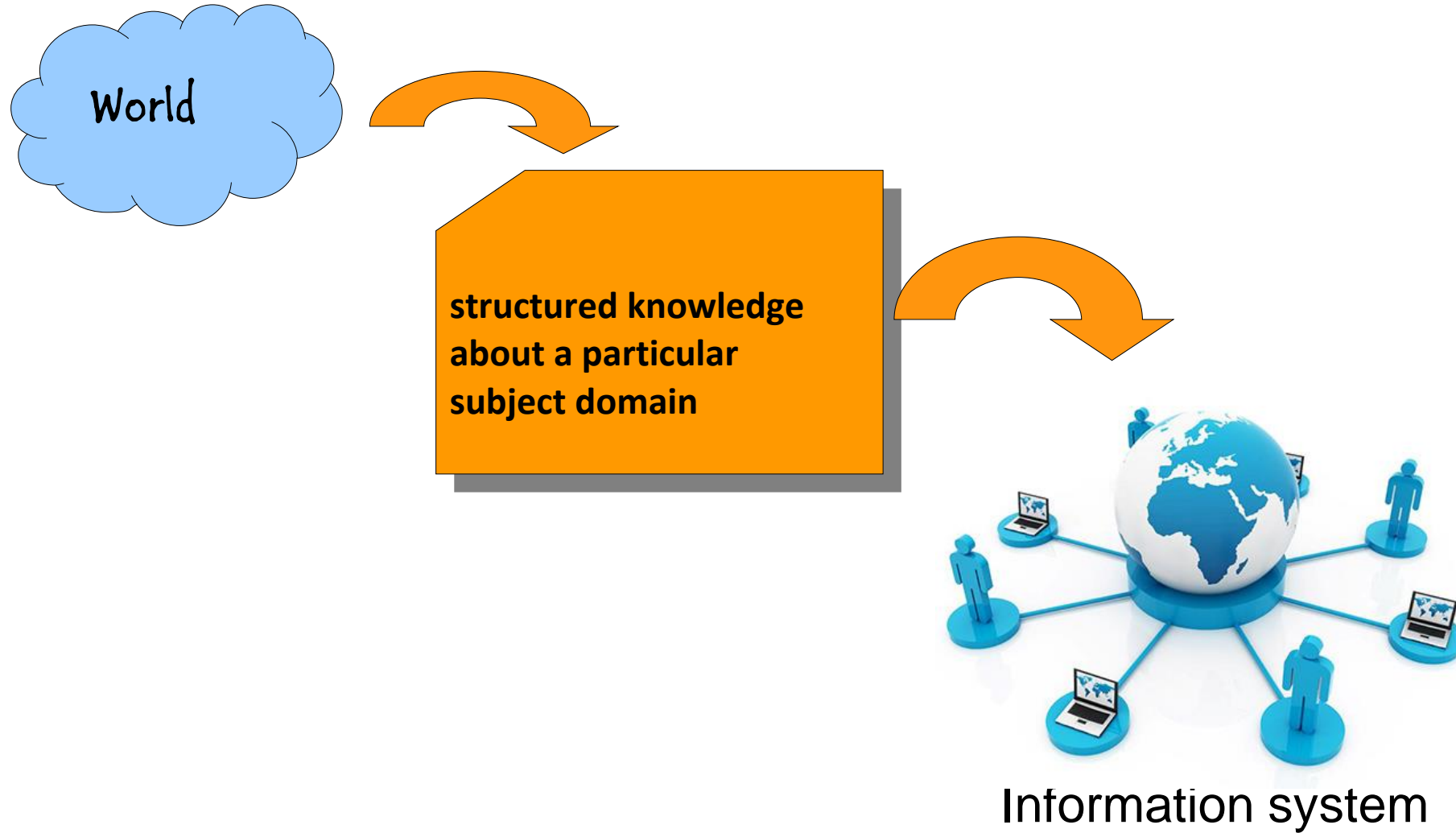


Ontology = Questions about Existence and Being

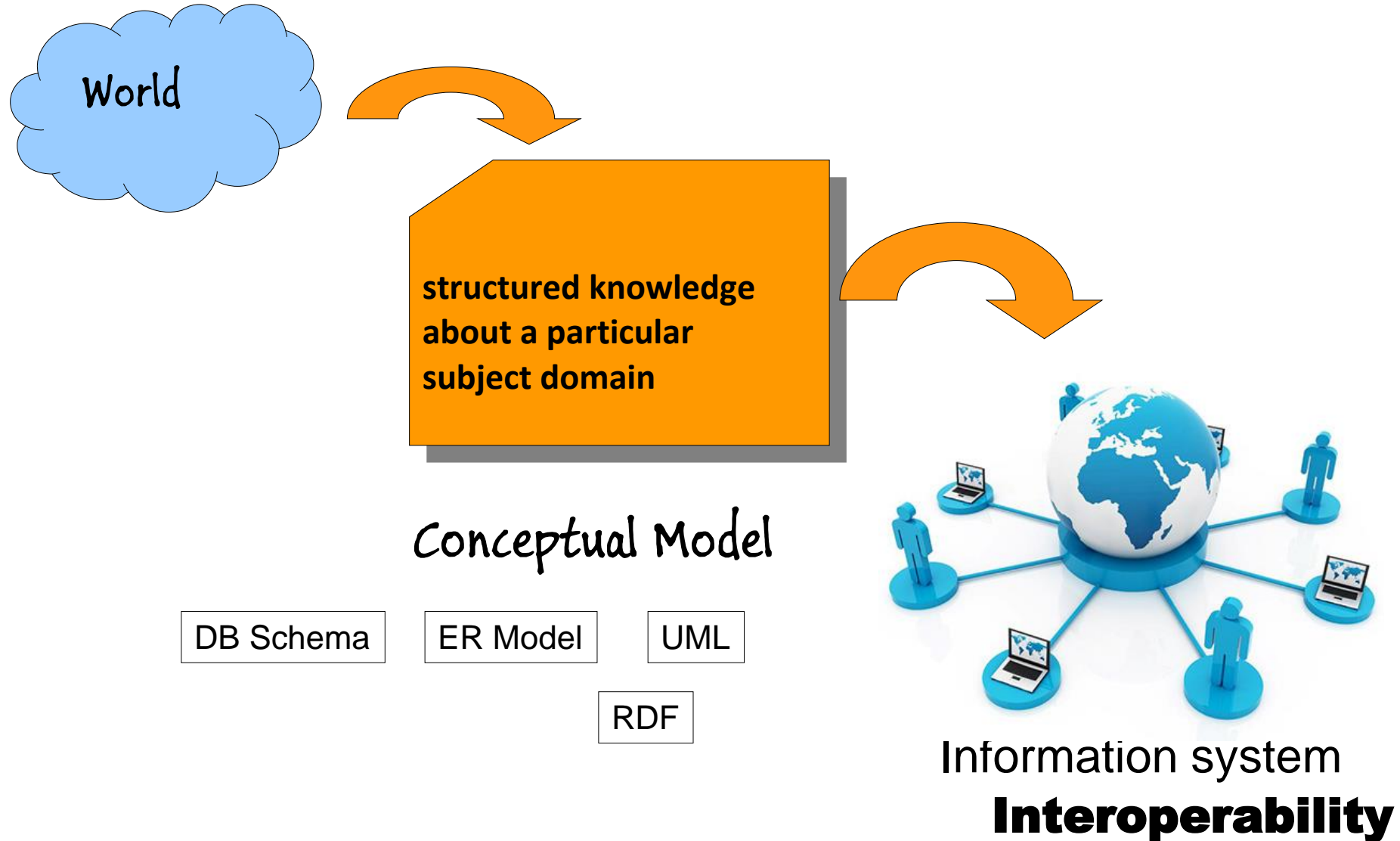
Ontology in Linguistic



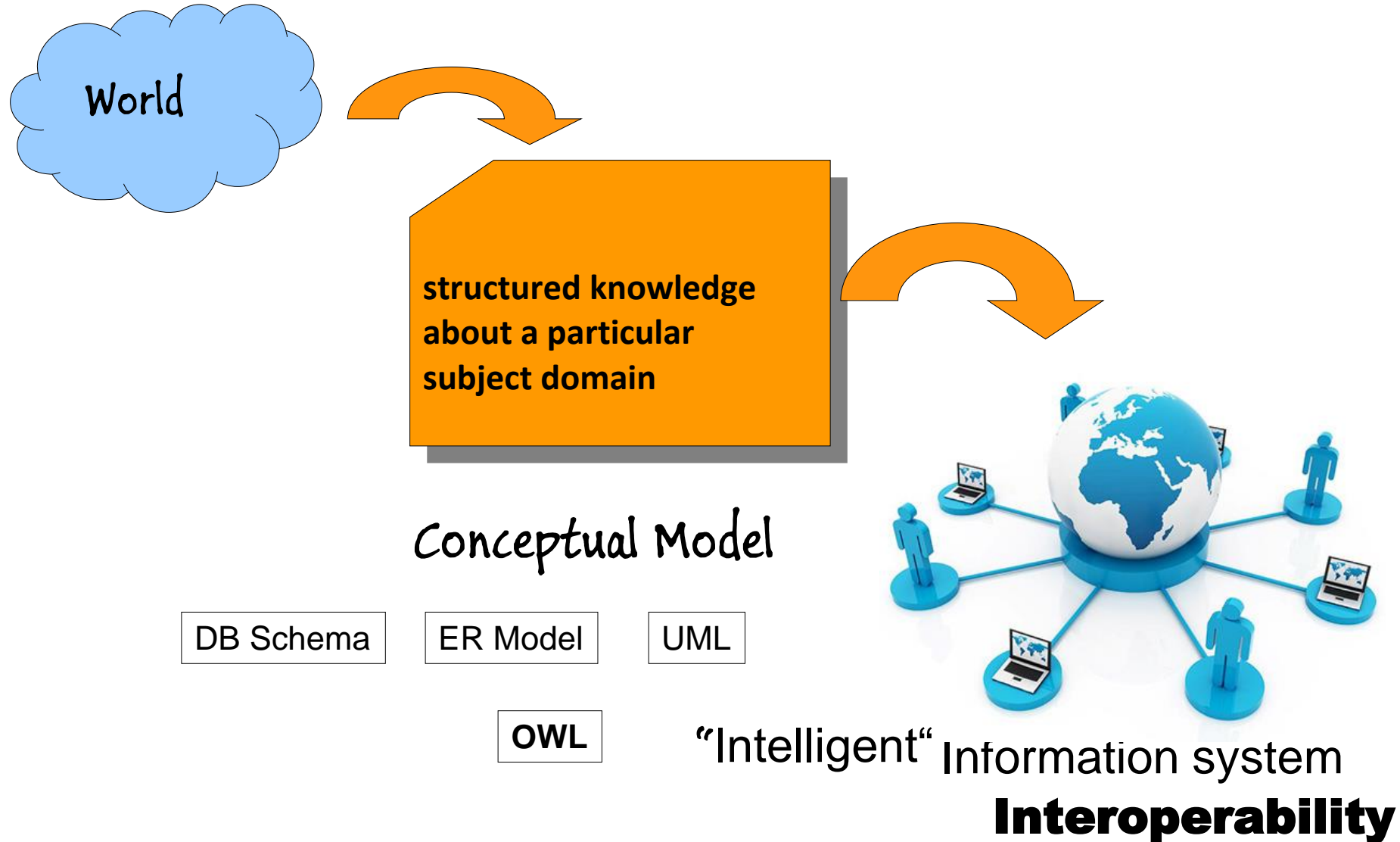
Ontology in Computing



Ontology in Computing



Ontology in Computing

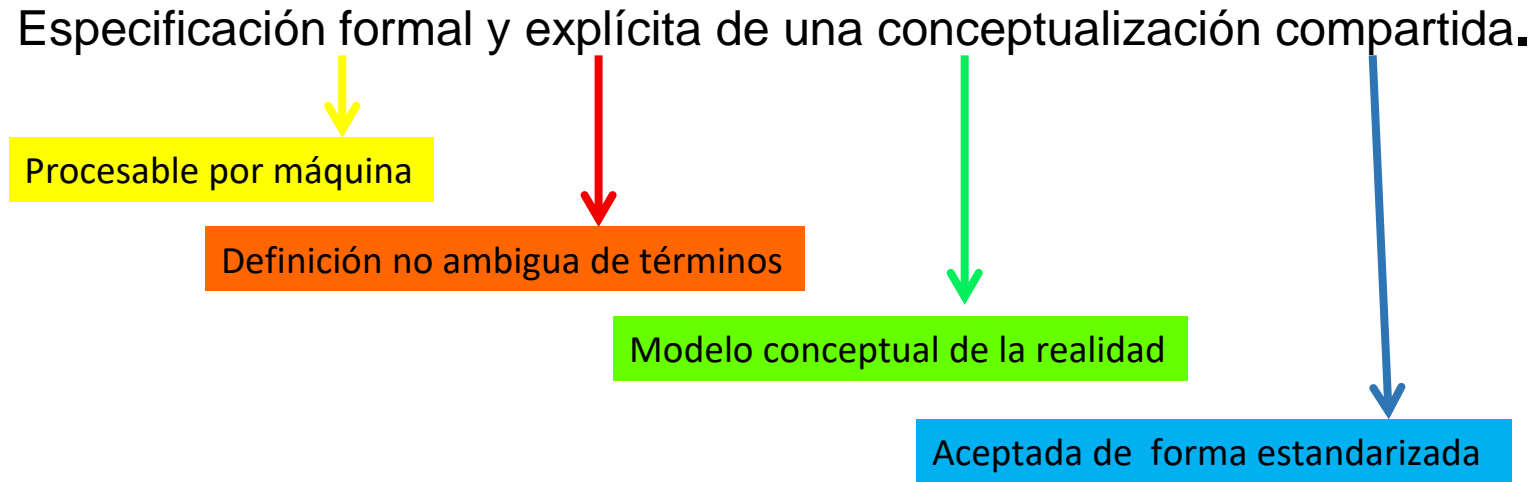


Especificación formal y explícita de una conceptualización compartida.

R. Studer, R. Benjamins, and D. Fensel. Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, 25(1-2):161-198, 1998.

T. R. Gruber. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199-220, 1993.

ONTOLOGÍAS COMPUTACIONALES

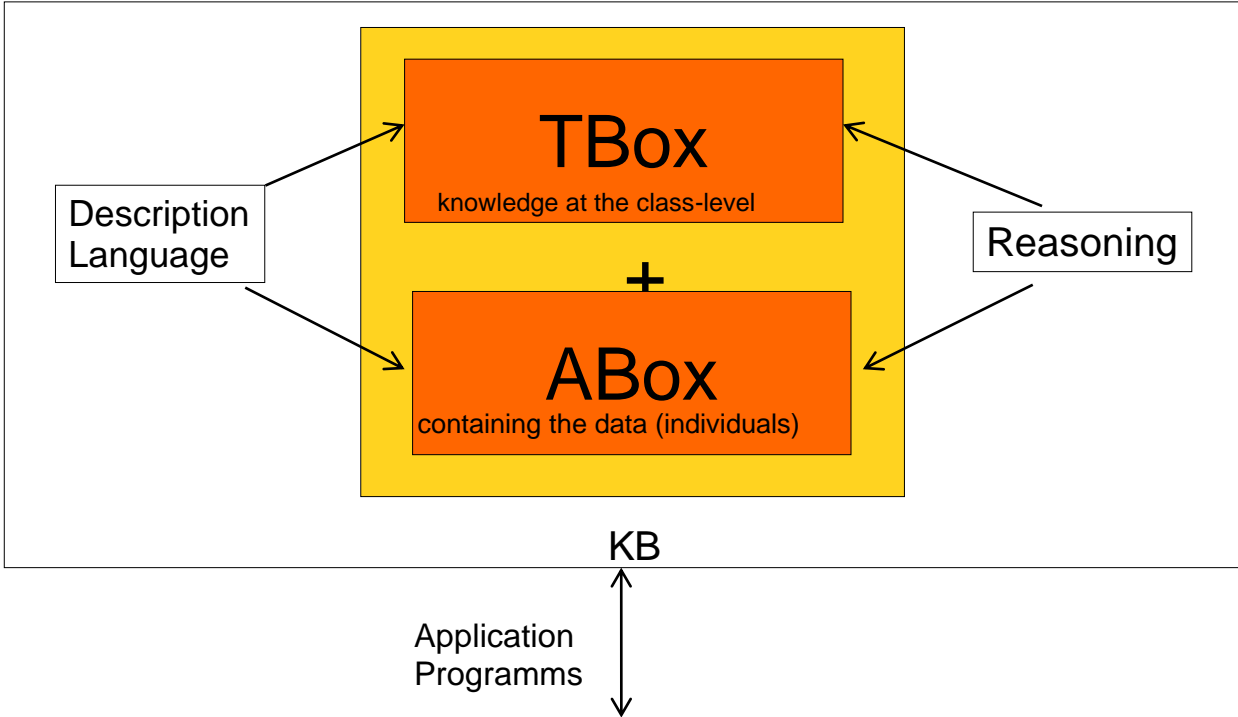


Para especificar una conceptualización, es necesario establecer axiomas que restrinjan las posibles interpretaciones de los términos definidos.

Base de Conocimientos Lógica Descriptiva

Lógica Descriptiva
es el marco formal
de las ontologías
más usadas

[Baader *et. al* 2008]



Componentes del TBOX

Conceptos ó clases: predicados unarios, Ej.: C1, C2

Conjuntos de individuos o instancias, organizados en taxonomías.

Relaciones ó roles: predicados binarios, Ej.: $R \subseteq C1 \times C2$

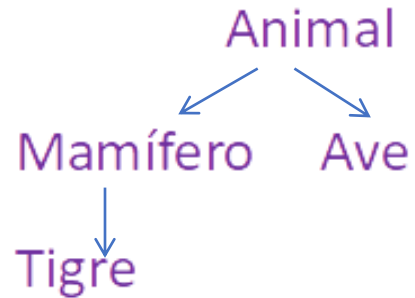
Conjuntos de parejas de individuos.

Componentes del ABOX

- **Instancias o individuos:** elementos, objetos. Ej.: individuo a
- **Axioma:** el individuo a es una instancia del concepto C1, C1(a)

Los tigres son aves?

Ejemplo: Taxonomía



Ejemplo: Axiomas lógicos (Ontología)

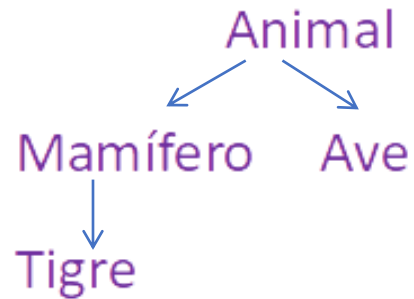
Todos los mamíferos son animales

Todas las aves son animales

Ningún ave es mamífero

Todos los tigres son mamíferos

Ejemplo: Taxonomía



No se puede afirmar que los tigres no son aves

Ejemplo: Axiomas lógicos (Ontología)

Todos los mamíferos son animales

Todas las aves son animales

Ningún ave es mamífero

Todos los tigres son mamíferos

Se puede afirmar que los tigres no son aves

Los tigres son aves?

Ejemplo Base de Conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} :

Profesor \sqsubseteq Persona

Progenitor \equiv Persona \sqcap \exists tieneHijo.Persona

ABox \mathcal{A} :

Profesor(Regina)

tieneHijo(Regina, Agustin)

Ejemplo Base de Conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} :

Profesor \sqsubseteq Persona

Progenitor \equiv Persona \sqcap \exists tieneHijo.Persona

ABox \mathcal{A} :

Profesor(Regina)

tieneHijo(Regina, Agustin)

Inferencia: **Progenitor(Regina)**

Ejemplo Base de Conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} :

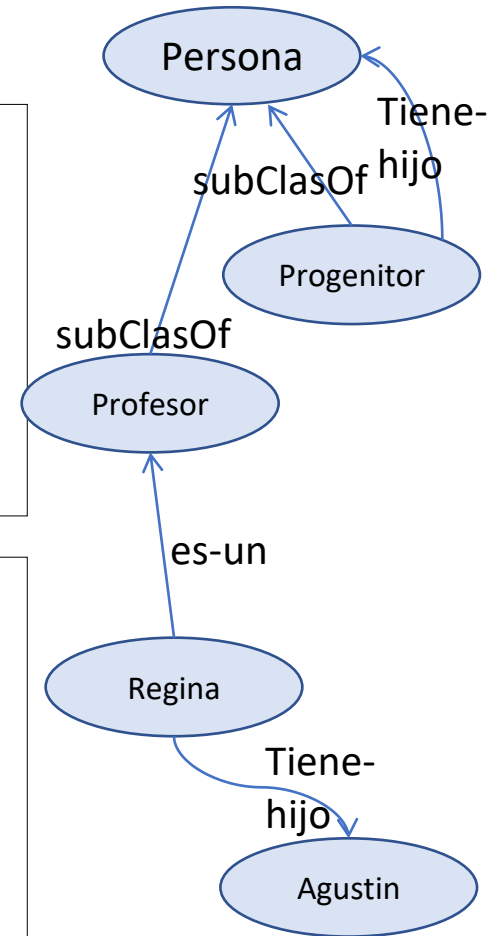
$\text{Profesor} \sqsubseteq \text{Persona}$

$\text{Progenitor} \equiv \text{Persona} \sqcap \exists \text{tieneHijo}.\text{Persona}$

ABox \mathcal{A} :

$\text{Profesor}(\text{Regina})$

$\text{tieneHijo}(\text{Regina}, \text{Agustin})$



Lógica descriptiva

- **Instancias o individuos:** constantes

Elementos, objetos atómicos del dominio

María, Uruguay

- **Conceptos ó clases:** predicados unarios

Conjuntos de elementos del dominio

Persona, Estudiante, País

- **Relaciones ó roles:** predicados binarios

Conjuntos de pares de elementos del dominio

Ej.: $vive \subseteq Persona \times Pais$

- **Axiomas:** sentencias que son siempre verdaderas

Afirmaciones sobre individuos, conceptos y roles

Estudiante es una subclase de Persona

Estudiante \sqsubseteq Persona

María es una instancia de Persona

Persona(María)

María vive en Uruguay

vive(María, Uruguay)

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Partimos de un conjunto de **nombres de conceptos atómicos** A, B, \dots y **nombres de roles atómicos** R, S, \dots , **nombres de individuos** a, b, \dots

Cada lógica permite construir conceptos y axiomas con diferente expresividad:

\mathcal{ALC} : $\top, \perp, \sqcap, \sqcup, \exists, \forall, \neg$

\mathcal{S} : \mathcal{ALC} + **roles transitivos** $\text{Trans}(R)$

A \mathcal{S} se agregan constructores que se representan por diferentes letras:

\mathcal{H} : inclusión de roles \mathcal{O} : nominales $\{a\}$ \mathcal{I} : roles inversos

\mathcal{N} : restricciones numéricas \mathcal{Q} : restricciones numéricas calificadas

\mathcal{R} : $\text{Dis}(R, S)$ roles disjuntos $\text{Irr}(R)$ roles irreflexivos

Aserciones de negación de roles: $(John, Mary) : \neg\text{likes}$,

Axiomas de inclusión de roles complejos: $R \circ S \sqsubseteq Q$, universal role $U, \exists R.\text{Self}$

Descripción de conceptos en lógica \mathcal{ALCQ} :

$C, D := \perp | \top | A | \neg C | C \sqcap D | C \sqcup D | \forall R.C | \exists R.C | \geq nR.C$

Concepto vacío Todo el Universo

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Conceptos en lógica *ALCQ*:

$C, D := \perp | T | A | \neg C | C \sqcap D | C \sqcup D | \forall R.C | \exists R.C | \geq nR.C | \leq nR.C$

Conceptos atómicos: *Persona, Madre, Padre, Mujer* Rol atómico: *tieneHijo*

\neg *Persona*: conjunto de todos los elementos que **no** satisfacen el predicado *Persona* (no pertenecen a ese conjunto)

Persona \sqcap *Mujer*: conjunto de todos los elementos que satisfacen el predicado *Persona* y satisfacen el predicado *Mujer* (pertenecen a ambos conjuntos)

Padre \sqcup *Madre*: conjunto de todos los elementos que satisfacen el predicado *Padre* (pertenecen a ese conjunto) ó satisfacen el predicado *Madre*

\exists *tieneHijo.Persona*: conjunto de todos los elementos que **están vinculados a algún** elemento del concepto *Persona* a través del rol *tieneHijo*

\forall *tieneHijo.Persona*: conjunto de todos los elementos que, **si están vinculados** a algún elemento a través del rol *tieneHijo*, este elemento **debe pertenecer al concepto *Persona***. Si NO está vinculado a ningún elemento a través de *tieneHijo*, también satisface la condición.

≥ 2 *tieneHijo.Persona*: conjunto de todos los elementos que **están vinculados a por lo menos 2 elementos** del concepto *Persona* a través del rol *tieneHijo*

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Conceptos complejos en lógica \mathcal{ALCQ} :

$C, D := \perp | T | A | \neg C | C \sqcap D | C \sqcup D | \forall R.C | \exists R.C | \geq nR.C | \leq nR.C$

Conceptos atómicos: *Persona, Madre, Padre*

Rol atómico: *tieneHijo*

Ejercicio:

Describir el conjunto de todos los elementos que son personas y no tienen ningún hijo que sea una persona.

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Conceptos complejos en lógica \mathcal{ALCQ} :

$C, D := \perp | T | A | \neg C | C \sqcap D | C \sqcup D | \forall R.C | \exists R.C | \geq nR.C | \leq nR.C$

Conceptos atómicos: *Persona, Madre, Padre*

Rol atómico: *tieneHijo*

Ejercicio:

Describir el conjunto de todos los elementos que son personas y no tienen ningún hijo que sea una persona.

$Persona \sqcap \neg \exists \text{tieneHijo}.Persona$



$Persona \sqcap \forall \text{tieneHijo}.\neg Persona$

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Conceptos complejos en lógica \mathcal{ALCQ} :

$C, D := \perp | T | A | \neg C | C \sqcap D | C \sqcup D | \forall R.C | \exists R.C | \geq n R.C | \leq n R.C$

Conceptos atómicos: *Persona, Madre, Padre*

Rol atómico: *tieneHijo*

Ejercicio:

Describir el conjunto de todos los elementos que son personas y tienen como máximo 3 hijos.

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Conceptos complejos en lógica \mathcal{ALCQ} :

$C, D := \perp | T | A | \neg C | C \sqcap D | C \sqcup D | \forall R.C | \exists R.C | \geq n R.C | \leq n R.C$

Conceptos atómicos: *Persona, Madre, Padre*

Rol atómico: *tieneHijo*

Ejercicio:

Describir el conjunto de todos los elementos que son personas y tienen como máximo 3 hijos.

$Persona \sqcap \leq 3 \text{ tieneHijo}. T$

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Conceptos complejos en lógica \mathcal{ALCQ} :

$C, D := \perp | T | A | \neg C | C \sqcap D | C \sqcup D | \forall R.C | \exists R.C | \geq nR.C | \leq nR.C$

Conceptos atómicos: *Persona, Madre, Padre, Mujer*

Rol atómico: *tieneHijo*

Ejercicio:

Describir el conjunto de todos los elementos que son padres o son mujeres que no tienen hijas mujeres.

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Conceptos complejos en lógica \mathcal{ALCQ} :

$C, D := \perp | T | A | \neg C | C \sqcap D | C \sqcup D | \forall R.C | \exists R.C | \geq nR.C | \leq nR.C$

Conceptos atómicos: *Persona, Madre, Padre, Mujer*

Rol atómico: *tieneHijo*

Ejercicio:

Describir el conjunto de todos los elementos que son padres o son mujeres que no tienen hijas mujeres.

Padre \sqcup (Mujer \sqcap $\neg \exists$ tieneHijo.Mujer)

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Base de conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} : Conocimiento básico, descripción intensional sobre el dominio de un problema. $C \sqsubseteq D$

ABox \mathcal{A} : Conocimiento sobre individuos, descripción extensional, sobre el dominio de un problema. $C(a)$ $R(a, b)$ $a = b$ $a \neq b$

Mujer \sqsubseteq *Persona*

Persona \equiv *Mujer* \sqcup *Hombre*

Madre \equiv *Mujer* \sqcap \exists tieneHijo.*Persona*

Padre \equiv *Hombre* \sqcap \exists tieneHijo.*Persona*

Mujer(*maria*)

tieneHijo(*maria*, *diego*)

Ejercicio:

Una “abuela” es una madre que tiene al menos un hijo que es padre ó madre.

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Base de conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} : Conocimiento básico, descripción intensional sobre el dominio de un problema. $C \sqsubseteq D$

ABox \mathcal{A} : Conocimiento sobre individuos, descripción extensional, sobre el dominio de un problema. $C(a)$ $R(a, b)$ $a = b$ $a \neq b$

$Mujer \sqsubseteq Persona$

$Persona \equiv Mujer \sqcup Hombre$

$Madre \equiv Mujer \sqcap \exists tieneHijo. Persona$

$Padre \equiv Hombre \sqcap \exists tieneHijo. Persona$

$Mujer(maria)$

$tieneHijo(maria, diego)$

Ejercicio:

Una “abuela” es una madre que tiene al menos un hijo que es padre ó madre.

$Abuela \equiv Madre \sqcap \exists tieneHijo. (Padre \sqcup Madre)$

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Base de conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} : Conocimiento básico, descripción intensional sobre el dominio de un problema. $C \sqsubseteq D$

ABox \mathcal{A} : Conocimiento sobre individuos, descripción extensional, sobre el dominio de un problema. $C(a)$ $R(a, b)$ $a = b$ $a \neq b$

Mujer \sqsubseteq *Persona*

Persona \equiv *Mujer* \sqcup *Hombre*

Madre \equiv *Mujer* \sqcap \exists tieneHijo.*Persona*

Padre \equiv *Hombre* \sqcap \exists tieneHijo.*Persona*

Mujer(*maria*)

tieneHijo(*maria*, *diego*)

Ejercicio:

Todas las madres son personas que tienen al menos un hijo.

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Base de conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} : Conocimiento básico, descripción intensional sobre el dominio de un problema. $C \sqsubseteq D$

ABox \mathcal{A} : Conocimiento sobre individuos, descripción extensional, sobre el dominio de un problema. $C(a)$ $R(a, b)$ $a = b$ $a \neq b$

$Mujer \sqsubseteq Persona$

$Persona \equiv Mujer \sqcup Hombre$

$Madre \equiv Mujer \sqcap \exists tieneHijo. Persona$

$Padre \equiv Hombre \sqcap \exists tieneHijo. Persona$

$Mujer(maria)$

$tieneHijo(maria, diego)$

Ejercicio:

Todas las madres son personas que tienen al menos un hijo.

$Madre \sqsubseteq Persona \sqcap \exists tieneHijo. T$

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Base de conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} : Conocimiento básico, descripción intensional sobre el dominio de un problema. $C \sqsubseteq D$

ABox \mathcal{A} : Conocimiento sobre individuos, descripción extensional, sobre el dominio de un problema. $C(a)$ $R(a, b)$ $a = b$ $a \neq b$

Mujer \sqsubseteq *Persona*

Persona \equiv *Mujer* \sqcup *Hombre*

Madre \equiv *Mujer* \sqcap \exists tieneHijo.*Persona*

Padre \equiv *Hombre* \sqcap \exists tieneHijo.*Persona*

Mujer(*maria*)

tieneHijo(*maria*, *diego*)

Ejercicio:

Todas las mujeres que no tienen hijos no son hombres.

Lógica Descriptiva - Sintaxis

Base de conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} : Conocimiento básico, descripción intensional sobre el dominio de un problema. $C \sqsubseteq D$

ABox \mathcal{A} : Conocimiento sobre individuos, descripción extensional, sobre el dominio de un problema. $C(a)$ $R(a, b)$ $a = b$ $a \neq b$

$Mujer \sqsubseteq Persona$

$Persona \equiv Mujer \sqcup Hombre$

$Madre \equiv Mujer \sqcap \exists tieneHijo. Persona$

$Padre \equiv Hombre \sqcap \exists tieneHijo. Persona$

$Mujer(maria)$

$tieneHijo(maria, diego)$

Ejercicio:

Todas las mujeres que no tienen hijos no son hombres.

$Mujer \sqcap \neg \exists tieneHijo. \top \sqsubseteq \neg Hombre$

Lógica Descriptiva - Sintaxis

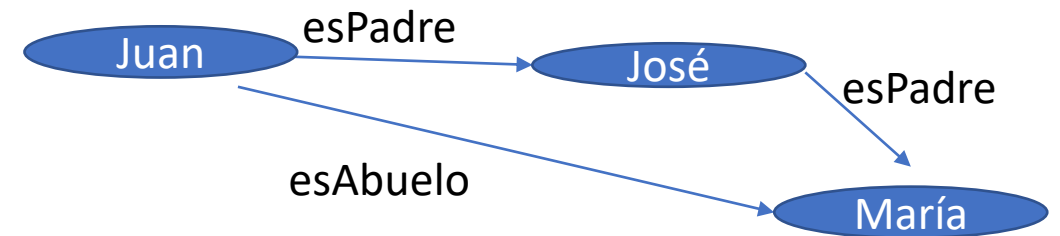
Base de conocimiento $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{R}, \mathcal{A} \rangle$

TBox \mathcal{T} : Conocimiento básico, descripción intensional sobre el dominio de un problema. $C \sqsubseteq D$

ABox \mathcal{A} : Conocimiento sobre individuos, descripción extensional, sobre el dominio de un problema. $C(a)$ $R(a, b)$ $a = b$ $a \neq b$

RBox \mathcal{R} : Conocimiento básico, descripción intensional sobre el conjunto de pares de elementos del dominio. $R \sqsubseteq S$ $\text{Dis}(R, S)$ $R \circ S \sqsubseteq Q$

$\text{esPadre} \circ \text{esPadre} \sqsubseteq \text{esAbuelo}$



Web Ontology Languages (OWL)

Subconjunto de los constructores de Lógica Descriptiva

ALC: $\top, \perp, \sqcap, \sqcup, \exists, \forall, \neg$

S: **ALC** + transitive roles

H: role inclusion, **O**: nominals $\{a\}$, **I**: inverse role,

N: numerical restrictions, **Q**: qualifying numerical restrictions,

R: $\text{Dis}(R, S)$ disjoint roles, irreflexive roles,

Negation roles (e.g. $\neg \text{likes}(\text{Mary}, \text{John})$)

Further Inclusion role axioms:

composition $R \circ S \sqsubseteq Q$, universal role $U, \exists R. \text{Self}$



OWL:

SHOIN