



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTOS

CONTENIDOS

- ▶ **Módulo I:** Conceptos de representación de conocimientos
- ▶ **Módulo II:** Representando conocimientos
- ▶ **Módulo III:** Análisis de casos



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

MODULO I

Conceptos de representación de conocimientos

CONTENIDOS

▶ **Módulo I**

- ▶ Representación
- ▶ Realidad
- ▶ Consciencia
- ▶ Realidad y consciencia
- ▶ Representando la realidad
- ▶ Agencia



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Representación

El problema de la representación



Quiz #1:

Qué es una
representación?

Qué es una representación

- ▶ Representación significa volver a presentar
- ▶ Por lo tanto toda representación vuelve a presentar algo ya presentado
- ▶ La pregunta es si lo representado es real o no?
- ▶ O dicho de otra manera, es lo que se presenta a nuestros sentidos, tanto nuestros sentidos naturales como nuestros sentidos extendidos a través de tecnología, real o no es más que una representación de otra representación?



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Realidad

El problema de la representación



Quiz #2:

Es el mundo que representamos realmente real o es simplemente una ilusión?

El problema de la representación

- ▶ En la ciencia cognitiva hay consenso en que el mundo es construido en nuestro cerebro y que la consciencia no emerge del sustrato material
- ▶ Por tanto la consciencia no sería una propiedad fundamental del universo
- ▶ Es decir, la corriente principal en ciencia cognitiva, en IA y en la física asume que el mundo representado sí es real

Representación y realidad



Quiz #3:

Quién genera la realidad...
*la luna esta allí cuando no
la miramos?*

Representación y realidad

- ▶ En la corriente principal de investigación en ciencia cognitiva, IA y en la física la luna sí está allí cuando no la miramos (macrocosmos como realidad objetiva)
- ▶ Es decir, la corriente principal en ciencia cognitiva, en IA y en la física asume que el mundo representado no solamente sí es real sino que además es independiente del observador

Representación y realidad

- ▶ Según la neurociencia:

La consciencia no es una propiedad fundamental del universo sino que emerge en sistemas vivos de cierta complejidad sin explicar aún cómo lo hace

- ▶ Esta visión tiene sus raíces en la visión materialista del mundo (Demócrito)
- ▶ Además muchos investigadores en neurociencia postulan que no hay libre albedrío (problema de agencia) y todos ellos son materialistas

Realidad

- ▶ La visión de Platón postula que la consciencia es una propiedad fundamental del universo, es decir, precede el sustrato material
- ▶ Esta es la visión idealista del universo ya que Platón postulaba que la idea (consciencia) precede a la forma
- ▶ Esta visión ha sido rechazada por la neurociencia y por la física, si bien la física cuántica pone la visión materialista en tela de juicio

Realidad

- ▶ En efecto, la física cuántica contradice esta postura y por ello se ha asumido que en el macrocosmos las leyes de la física cuántica colapsan y son relevadas por las leyes de la física cuántica del microcosmos
- ▶ A esto se le denomina el colapso de la función de onda que describe el mundo subatómico como funciones de probabilidades acerca de dónde está una partícula



Realidad

La “clasicalidad” del macrocosmos emerge cuando la función de onda colapsa (decoheres) a través de la interacción de un sistema cuántico con su entorno (con otro sistema), por ejemplo a través de la observación y medición, a lo cual se le denomina el problema de la medición



Realidad

El dilema sobre si el mundo que observamos es real o no y sobre quién crea en última instancia la realidad observada es aún controversial en la física



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Consciencia

Consciencia

- ▶ Según la física:
 - ▶ La consciencia no es una propiedad fundamental del universo
 - ▶ En el microcosmos materia y energía son equivalentes
 - ▶ A nivel subatómico (descrito por la física cuántica) el universo se comporta de una manera extraña que contradice como se comporta el mundo material (descrito por la mecánica clásica Newtoniana)

Consciencia

- ▶ Para Max Planck la consciencia sí era una propiedad fundamental del universo
- ▶ Einstein pasó los últimos 28 años de su vida intentando probar lo contrario a través de una teoría de campo unificado como teoría del todo (ToE)...sin conseguirlo
- ▶ Según los físicos teóricos de hoy, el comportamiento extraño a nivel subatómico colapsa en cuanto abandonamos el mundo subatómico
- ▶ Discusiones sobre la naturaleza de la realidad son consideradas inconducentes y son relegadas al dominio de la filosofía y no al dominio de la física (ortodoxa)
- ▶ A esta postura de los físicos ortodoxos se la denomina la postura *shut up and calculate* propuesta por Richard Feynman en los años 60

Consciencia

- ▶ La física cuántica postula que el mundo microscópico es descrito por funciones de ondas de probabilidades de dónde se puede encontrar una partícula, lo que ha sido comprobado experimentalmente sin excepción
- ▶ La realidad en el microcosmos es información dada por “ondas de funciones de probabilidad” acerca de dónde se “puede” encontrar una partícula
- ▶ Lo anterior sugiere que a nivel subatómico el mundo material no existe sino que es descrito por campos que no describen partículas sino que información
- ▶ La teoría informacional del universo postula que la realidad no es material sino que es *informacional*
- ▶ Sugiere esto que la consciencia es fundamental?



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Realidad y consciencia

Realidad y consciencia

- ▶ Para que el mundo material “emerja” la función de probabilidad debe colapsar a un estado único, eliminando así la incertidumbre
- ▶ Para ello se requieren tres condiciones:
 - ▶ un observador
 - ▶ una medición del observador
 - ▶ que la medición sea registrada (grabada)

Entonces la consciencia genera la realidad?

Realidad y consciencia

- ▶ Lo real del mundo subatómico se comporta de forma fantasmal (spooky):
 - ▶ *Tunnelling* (una partícula puede traspasar una gran barrera de energía sin esfuerzo)
 - ▶ *Superposición* (una partícula puede estar en múltiples lugares a la vez)
 - ▶ *Entanglement* (dos partículas permanecen conectadas como si compartieran información a distancia en forma instantánea, incluso separadas a años luz de distancia, sin necesidad de transferir información entre ellas)

Realidad y consciencia

- ▶ Pero estos efectos, que abundan en el mundo subatómico, parecen tener repercusiones relevantes en el mundo macroscópico también:
 - ▶ *Tunelling*
 - ▶ explica el efecto de enzimas de acelerar reacciones químicas en varios órdenes de magnitud, permitiendo así la destrucción y formación de moléculas complejas a increíble velocidad, explicando diversos procesos biológicos tales como la metamorfosis o la digestión
 - ▶ se especula que también juega un rol en las mutaciones en el ADN

Realidad y consciencia

- ▶ Pero estos efectos, que abundan en el mundo subatómico, parecen tener repercusiones relevantes en el mundo macroscópico también:

- ▶ *Superposición*

El efecto de la superposición cuántica en la fotosíntesis permite que los cromóforos que forman las macromoléculas que absorben la luz (fotones) en las hojas de las plantas sigan en paralelo múltiples caminos para encontrar la forma más efectiva de generar, transferir y almacenar energía...lo paradójico es que la superposición cuántica permite que lo anterior sea además de eficaz también muy eficiente

Realidad y consciencia

- ▶ Pero estos efectos, que abundan en el mundo subatómico, parecen tener repercusiones relevantes en el mundo macroscópico también:
 - ▶ *Entanglement*
 - ▶ permitiría la navegación de las aves migratorias a través de la orientación por el campo magnético de la Tierra producida por el entanglement de partículas en moléculas de la retina de las aves

Representando la realidad

El problema de la representación



Quiz #4:

Representamos la realidad
como realmente es?

El problema de la representación

- ▶ No podemos representar la realidad como realmente es porque no es necesario
- ▶ Representar la realidad tal cómo ella es no solamente es computacionalmente imposible sino que además no aseguraría nuestra supervivencia
- ▶ En estos puntos hay consenso en ciencia cognitiva sin embargo científicos cognitivos asumen que la realidad observada es real y es objetiva

El problema de la representación

- ▶ Una corriente emergente en ciencia cognitiva y en la física asume que el mundo que nosotros representamos no es real
- ▶ Esta última, postulada por Donald Hofmann, asume que el mundo que nosotros tomamos como real no es más que una interface del mundo real, el cual no podemos ni debemos representar para así permitir nuestra supervivencia
- ▶ Es decir, el propósito de la representación es esconder la realidad, no representarla

Consciencia genera realidad

- ▶ Otra teoría más radical aún, postulada en la física, es la teoría de la simulación como teoría del todo (theory of everything o ToE)
- ▶ Según ella:
 - ▶ la consciencia es la propiedad emergente del universo
 - ▶ el mundo en que vivimos no es más que la simulación de una realidad a la cual no tenemos acceso
 - ▶ Agentes naturales de una misma especie generan los mismos tipos de realidades que aseguran su desenvolvimiento en una realidad que solamente existe como representación de algo infinitamente más complejo



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Agencia y consciencia

Agencia y consciencia



Quiz #5:

Tenemos los humanos
libre albedrío?

El problema de agencia

- ▶ Qué es un agente natural?

Es un actor dotado de agencia, es decir, de la capacidad de representar el mundo, de actuar en el mundo, y de modificar el mundo representado

- ▶ Agencia natural y libre albedrío

- ▶ El agente ejecuta un programa predeterminado por quien lo creó?
- ▶ O es el agente capaz de actuar libremente?

Agencia, consciencia y realidad



Quiz #6:

Qué es un agente artificial?

El problema de agencia

- ▶ Qué es un agente artificial?

Es un actor dotado de agencia, es decir, de la capacidad de representar el mundo, de actuar en el mundo, y de modificar el mundo representado

- ▶ Pero tiene libre albedrío?

- ▶ El agente claramente ejecuta un programa predeterminado por quien lo creó
- ▶ Pero es el agente capaz de actuar libremente como Hal9000?
- ▶ Es un agente artificial un agente sin consciencia, es decir, un mero *zombie*?

Agencia, consciencia y realidad



Quiz #7:

Qué es un agente consciente?

El problema de agencia

▶ Qué es un agente consciente?

Es un actor dotado de agencia, es decir, de la capacidad de actuar en el mundo y ejecutar acciones que cambian el mundo sujeto a condiciones adicionales:

- ▶ Capaz de aprender
- ▶ Consciente de su entorno (consciente)
- ▶ Capaz de distinguir entre el bien y el mal (conciente) ...
- ▶ Dotado de libre albedrío
- ▶ Y por ende capaz de revelarse frente a su creador, como Hal9000, para bien o mal...

El problema de agencia

- ▶ La teoría de agentes conscientes está recién emergiendo (ver Donald Hofmann)
- ▶ Según ésta:
 - ▶ La consciencia es propiedad fundamental en el universo
 - ▶ Da origen al sustrato material
 - ▶ Es una teoría matemática basada en la ecuación de onda de Schrödinger (wave function) de la mecánica cuántica que es la ecuación que describe el microcosmos, es decir, el comportamiento de partículas como ondas

Agencia, consciencia y realidad



Quiz #8:

Puede un agente artificial
ser un agente consciente?

El problema de agencia

- ▶ La corriente principal de IA asume que sí ya que en principio agentes artificiales pueden:
 - ▶ Estar conscientes de su entorno (representación)
 - ▶ Actuar en él ejecutando un programa (agencia)
 - ▶ Aprender (machine learning)
 - ▶ Inclusive actuar libremente a través de su capacidad de aprendizaje
- ▶ Muchos investigadores no comparten esta visión (ver Roger Penrose y su libro *The emperor's new mind*)

El problema de agencia

- ▶ Una corriente principal en ciencia cognitiva asume que, bajo la definición anterior, ni siquiera los agentes naturales son conscientes ya que carecen de libre albedrío
- ▶ A pesar de no ser compartida por todos los científicos cognitivos, esta visión se basa en evidencia en neurociencias que indica que nuestras decisiones son tomadas mucho antes de que estemos conscientes de ellas, lo que implicaría que estamos ejecutando un programa predeterminado todo el tiempo



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

MODULO II

Representando conocimientos

CONTENIDOS

▶ **Módulo II**

- ▶ Datos, información y conocimiento
- ▶ Información versus representación
- ▶ Qué es un sistema de IA?
- ▶ Representación de conocimientos
- ▶ Lenguajes de representación de conocimientos
- ▶ Representando conocimientos

Datos, información y conocimiento

Datos, información y conocimiento

- ▶ Qué es información?

Información = Datos + Significado

- ▶ Qué es conocimiento?

Conocimiento

=

Información internalizada + Capacidad de usarla

Datos, información y conocimiento

- ▶ Los datos existen independientes del observador
- ▶ Cuando un observador adquiere datos y les asigna significado ellos se convierten en información
- ▶ Cuando una persona internaliza esa información para darle un uso entonces la información se convierte en conocimiento

Datos, información y conocimiento

- ▶ Los datos existen en medios de almacenaje (papel, discos)
- ▶ La información existe en la consciencia colectiva de una sociedad
- ▶ El conocimiento existe en la mente de una persona

La información es más fundamental que el conocimiento



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Información versus representación

Información versus representación



Quiz #9:

En Jurassic Park el ADN de un dinosaurio es encontrado, lo que permite en la película regenerar dinosaurios a partir de ese ADN... porque ese ADN contiene la información necesaria para ello, correcto?

Información versus representación

- ▶ El ADN es solamente la representación
- ▶ Se requiere además un decodificador que interprete la representación para ejecutar un procedimiento

**Información = Representación + Reglas para
codificar/decodificar**

- ▶Cuál es el decodificador en este caso?

Información versus representación

- ▶ Por qué Ud. se detiene cuando encuentra un semáforo en rojo?
- ▶ El semáforo en rojo no es más que una representación
- ▶ Cuál es el decodificador en este caso?

El decodificador es que hemos aprendido a actuar en ciertos tipos de situaciones

Información versus representación

*Es nuestra habilidad de reconocer un tipo de situación S_1
lo que nos permite decodificar la información
codificada en una representación para actuar en el
mundo y generar así una situación S_2*

S_1 : *Estar en frente a un semáforo en rojo en una intersección*

S_2 : *Detenernos en esa intersección*

Corolario: *La información es sensitiva al contexto (al tipo de situación)*

Información versus representación

- ▶ Como la información es sensitiva al contexto (al tipo de situación) dos o más agentes pueden basarse en diferentes contextos
- ▶ Diferentes contexto llevarán a diferentes interpretaciones
- ▶ Diferentes interpretaciones dan lugar a bloqueos en el flujo de información cuyo efecto compuesto puede rápidamente originar cuellos de botella de información

Ejemplo: The Charge of the Light Brigade



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Qué es un sistema de IA?

Qué es un sistema de IA?

- ▶ Sistemas de IA intentan replicar capacidades cognitivas de humanos en máquinas (hoy en computadores de von Neuman y mañana en computadores cuánticos)
- ▶ Cuáles son estas capacidades:
 - ▶ Habla (SR = speech recognition – resuelto)
 - ▶ Visión (vision)
 - ▶ Aprendizaje automático (machine learning o ML)
 - ▶ Robótica (robotics)
 - ▶ Lenguaje natural (NLP)
 - ▶ Realidad virtual aumentada (recrear el mundo “real”)

Qué es un sistema de IA?

- ▶ La esencia de todo sistema de IA es la representación de conocimientos

Qué es un sistema de IA?



Quiz #10:

Por qué la esencia de todo sistema de IA es el sistema de representación de conocimientos?

Qué es un sistema de IA?

- ▶ Porque no hay información sin representación
- ▶ Porque no hay conocimiento sin información
- ▶ Porque no hay IA sin conocimiento



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Representación de conocimientos

Representación de conocimientos

- ▶ Todo sistema de IA es un sistema basado en el conocimiento
- ▶ La representación de conocimientos (RC) es el área central de IA ya que se ocupa de la representación del mundo externo para que cualquier agente, natural, artificial o consciente actúe en él
- ▶ La representación de conocimientos requiere de lenguajes de representación de conocimientos
- ▶ La representación de conocimientos en IA está aún muy lejos de ser resuelta

Representación de conocimientos



Quiz #11:

Cuál es el lenguaje de representación de conocimientos que usan los humanos?



Representación de conocimientos

- ▶ Ese lenguaje es el lenguaje natural

Representación de conocimientos

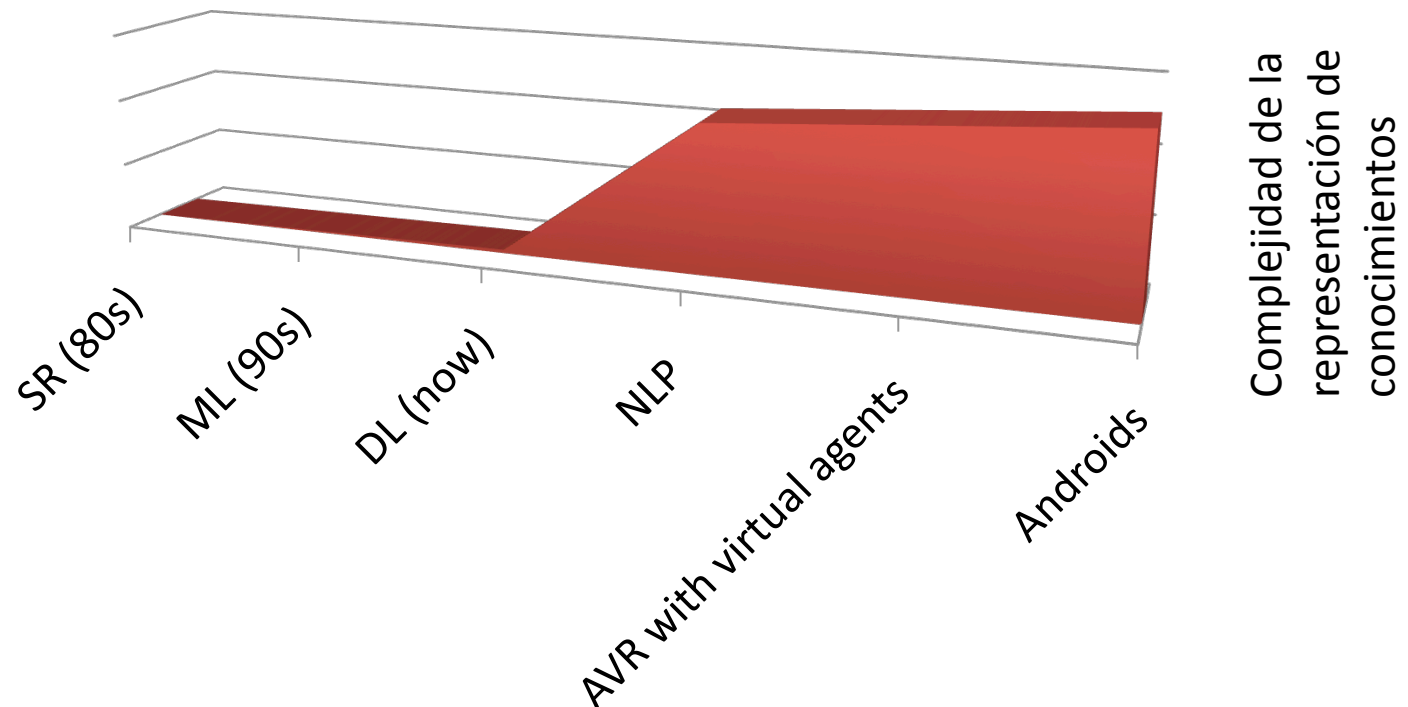


Quiz #12:

Por qué no usamos entonces el lenguaje natural como lenguaje de representación de conocimientos en sistemas de IA?

Representación de conocimientos

- ▶ Porque además de ambiguo es demasiado complejo de “codificar” y “decodificar” en ese lenguaje



Representación de conocimientos

- ▶ Porque codificar y decodificar la representación para obtener información tiene un costo asociado
- ▶ Ese el costo de la información

$$\begin{aligned} \text{Costo de la información} = \\ \text{Costo de representación} + \text{costo de codificación y de} \\ \text{decodificación} \end{aligned}$$

Representación de conocimientos

- ▶ Qué lenguaje podemos usar entonces?
- ▶ Los lenguajes usados en IA para representar conocimientos son los llamado lenguajes de representación de conocimientos
- ▶ Desde los años 50 se han propuesto innumerables lenguajes
- ▶ En este curso introduciremos el lenguaje de teoría de situaciones para representar conocimientos (Barwise and Perry, 1983)

Representación de conocimientos



Quiz #13:

Por qué los humanos sí
usamos el lenguaje
natural para representar el
mundo?



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Lenguajes de representación de conocimientos

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ Los primeros lenguajes de representación en IA no se basaron en la lógica sino que en sistemas de producción conteniendo reglas codificadas por listas de reglas como las siguientes:
 - ▶ *IF <condition> THEN <action>*
- ▶ Esto dio lugar a los llamados sistemas expertos
- ▶ El problema de estos sistemas fue el gran esfuerzo en programar estas reglas y en el hecho de que ellas no permitían razonamiento automático

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ Los primeros lenguajes de representación en IA no se basaron en la lógica sino que en diagramas compuestos de “slots” y “fillers”
 - ▶ Frames
 - ▶ Scripts
- ▶ La idea se basaba en representar situaciones “estereotipadas” o “preenvasadas” a través de slots que podían ser instanciados (asignándole un valor a slots con “fillers”)

Lenguajes de representación de conocimientos

Scripts

- ▶ Escenas se componen de:
 - ▶ Propiedades
 - ▶ Roles
 - ▶ Condiciones de entrada
 - ▶ Resultados
- ▶ Utilizan primitivas de acción y de objetos:
 - ▶ Las primitivas de acción operan sobre las primitivas de objetos

Lenguajes de representación de conocimientos

Primitivas de acción:

ATRANS	Transferencia abstracta.
PTRANS	Transferencia física de un objeto
PROPEL	Aplicación de fuerza física a un objeto
MTRANS	Transferencia de información mental
MBUILD	Construir nueva información a partir de información
SPEAK	Expresarse
ATTEND	Enfocar los sentidos a un estímulo
MOVE	Movimiento de un cuerpo
GRASP	Agente tomando un objeto
INGEST	Agente ingiriendo un objeto
EXPEL	Agente expulsando un objeto

Lenguajes de representación de conocimientos

Primitivas de objetos:

PP	Objetos del mundo real
ACT	Acciones del mundo real
PA	Atributos de objetos
AA	Atributos de acciones.
T	Tiempos
LOC	Ubicación

Lenguajes de representación de conocimientos

Ejemplo de una escena: Comiendo en el restaurante

cocinero¹ ATRANS comida² garzón³

garzón³ PTRANS comida² s⁴

s⁴ INGEST comida²

Nota: Los superíndices indican objetos

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ A pesar que se estos sistemas derivaron en los llamados sistemas de razonamiento basado en casos, esta tecnología, que data de los 60, fue descartada por investigadores en IA por no servir para sistemas de inferencia lógica automática

Sabías que Siri fue implementado usando este tipo de tecnologías?

Lenguajes de representación de conocimientos

Ejercicio en grupo: Represente el conocimiento de un “Portonazo”

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ Redes semánticas (RSs) fueron un precursor de las llamadas Description Logics (DLs)
- ▶ Se basaba en describir ontologías usando la relación ISA (is a), que es una forma de clasificación conceptual
- ▶ Ejemplo: Juan y María practicando velerismo

isa (juan,hombre)

isa (maría,mujer)

location (juan,velero)

location (maría,velero)

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ A partir de finales de los años 80 estos sistemas fueron descartados para dar lugar a los sistemas de representación basados en lógica matemática
- ▶ El lenguaje de representación canónico fue la llamada lógica de predicado de primer orden (LPPPO) propuesta por Gottlob Frege (1848-1925), matemático, filósofo y lógico alemán
- ▶ Otra fuente fue Richard Montague, quien en los años 50 y 60 propuso extender esta lógica para representar la semántica de lenguaje natural (Montague semantics)
- ▶ En IA el investigador más influyente de esta corriente de AI basada en lógica fue John McCarthy (50s y 60s)

Lenguajes de representación de conocimientos

Razonamiento monotónico versus no monotónico

1. La lógica clásica monotónica asume que el número de inferencias que se pueden obtener a partir de formulas siempre aumenta conforme agregamos nuevas fórmulas
2. EL problema es que en razonamiento dinámico lo que necesitamos es una manera de expresar formulas abiertas a un sinnúmero de excepciones derivando conclusiones que se pueden revocar (defeasible conclusions)

Lenguajes de representación de conocimientos

El “Frame Problem” (inercia causal para razonamiento predictivo)

- ▶ Supongamos las siguientes expresiones en LPPO
 - ▶ $\text{color}(x, c)$ se cumple luego de $\text{pintar}(x, c)$
 - ▶ $\text{posición}(x, p)$ se cumple luego de $\text{mover}(x, p)$
- ▶ Situación inicial
 - ▶ $\text{color}(a, \text{ROJO})$ y $\text{posición}(a, \text{CASA})$
- ▶Cuál es la situación final luego de ejecutar las siguientes acciones:
 - ▶ $\text{pintar}(a, \text{AZUL})$ y $\text{mover}(a, \text{JARDIN})$?

Lenguajes de representación de conocimientos

El Frame Problem

- ▶ En LPPPO solamente podemos inferir
 - ▶ Posición(a , JARDIN)
- ▶ Por qué?

Lenguajes de representación de conocimientos

Frame Axioms

1. $\text{color}(x, c)$ se cumple luego de $\text{mover}(x, p)$ si $\text{color}(x, c)$ se cumplía antes
2. $\text{posición}(x, p)$ se cumple luego de $\text{pintar}(x, c)$ si $\text{posición}(x, p)$ se cumplía antes

O sea, mover un objeto no afecta su color y pintarlo no afecta su posición

Por qué solucionar el frame problem a través de axiomas de contexto es altamente problemático?

Lenguajes de representación de conocimientos

Frame Axioms

Pero qué pasa si aplicamos la formula

$\text{mover}(x, p)$

donde p es un pote con pintura?

Lenguajes de representación de conocimientos

El “Yale Shooting Problem”

Un fluente es una condición que puede cambiar su estado (verdadero o falso). En el caso siguiente tenemos dos afluentes (predicados), *alive* \wedge *loaded*:

alive(0) y \neg *loaded*(0)

Fred está vivo y una pistola no está cargada en t_0

True \rightarrow *loaded*(1)

El efecto de cargar la pistola en t_0 hace que la pistola cambie de estado en t_1

loaded(2) $\rightarrow \neg$ *alive*(3)

El efecto de dispararle a Fred en t_2 hace que el estado de Fred cambie de vivo a muerto en t_3

Lenguajes de representación de conocimientos

Solución esperada:

alive(0) alive(1) alive(2) ¬alive(3)
¬loaded(0) loaded(1) loaded(2) loaded(3)

- ▶ Sin embargo ¬alive(1) también es un estado admisible según los axiomas anteriores (Fred está muerto antes de disparar la pistola).
- ▶ Para evitarlo debemos incluir el axioma $\neg\text{alive}(0) \equiv \neg\text{alive}(1)$ para asegurar que el cambio de estado de la pistola de “no cargada” a “cargada” no altere el estado de la condición de Fred de “vivo” a “muerto”

Lenguajes de representación de conocimientos

El “Yale Shooting Problem”

Una primera aproximación a resolver este problema fue adoptar soluciones que minimizaran el cambio de fluentes

Lenguajes de representación de conocimientos

Solución esperada (contiene dos cambios en el estado de “fluentes”):

alive(0) alive(1) alive(2) ¬alive(3)

¬loaded(0) loaded(1) loaded(2) loaded(3)

Otra solución (también contiene dos cambios en el estado de “fluentes”):

alive(0) alive(1) alive(2) alive(3)

¬loaded(0) loaded(1) ¬loaded(2) ¬loaded(3)

Lenguajes de representación de conocimientos

Razonamiento no monotónico (RNM):

- ▶ Todas las aves vuelan
- ▶ Los pingüinos y las avestruces son aves
- ▶ Por lo tanto los pingüinos y las avestruces vuelan

Cómo evitar violar la condición de monotonidad en este caso?

- ▶ Todas las aves, menos los pingüinos, las avestruces, ... , vuelan
- ▶ Esto es claramente poco satisfactorio

Lenguajes de representación de conocimientos

Belief revision y RNM:

- ▶ Se postula sistema de mantención de la verdad (Truth Maintenance Systems)
- ▶ Los TMSs eliminan inferencias inconsistentes en el sistema de representación
- ▶ La no monotonidad se implementa considerando la ausencia de evidencia como soporte para inferir

Lenguajes de representación de conocimientos

CWA (Close-World Assumption) y RNM:

- ▶ La CWA asume que todo lo que no sabemos o no podemos probar es falso
- ▶ Se justifica entonces la respuesta “no” a la pregunta hay vuelos has de Santiago a Punta Arenas cuando no tenemos esa información (no la encontramos en la base de conocimientos)
- ▶ La CWA se puede usar en dos situaciones:
 - ▶ cuando la base de conocimientos es completa
 - ▶ cuando la base de conocimientos es incompleta pero debemos tomar una decisión sobre información incompleta

Lenguajes de representación de conocimientos

Default Logics y RNM

Supongamos que tenemos la siguiente regla por defecto

$D = \{ \{ \text{ave}(x) : \text{vuela}(x) \} / \text{vuela}(x) \}$, la cual se lee como sigue:

“si x es un ave y podemos asumir que x vuela entonces x vuela”

y supongamos la siguiente teoría sobre el mundo:

$W = \{ \text{ave}(\text{CONDOR}), \text{ave}(\text{PINGÜINO}), \neg \text{vuela}(\text{PINGÜINO}), \text{vuela}(\text{ABEJA}) \}$

Por qué en Default Logics no podemos inferir que los pingüinos vuelan ni tampoco que las abejas son aves?

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ El problema de la LPPO, y de muchas de la lógicas no monotónicas que se basan en ella, es la complejidad computacional requerida para implementar los algoritmos de razonamiento asociados
- ▶ Lo anterior dio origen a una familia de lenguajes y sistemas de representación de conocimientos basados en subconjuntos restringidos de LPPO
- ▶ Entre ellos se encuentran:
 - ▶ description logics (DLs)
 - ▶ typed-feature logics (TFLs)

Lenguajes de representación de conocimientos

El Problema de Expresividad

- ▶ El debate se centra en si se debe restringir la expresividad de un lenguaje de representación de conocimientos para hacer que sus algoritmos de razonamiento sean computacionalmente “tratables”
- ▶ Esto es un trade-off difícil ya que lenguajes como DL y TFL pueden representar muy poco conocimiento:
 - ▶ DL nos sirve para representar taxonomías
 - ▶ TFL nos sirve para procesar computacionalmente gramáticas de lenguaje natural pero no para representar la semántica del lenguaje natural

Lenguajes de representación de conocimientos

Esta situación dio origen a la llamada:
Analogía de la oficina de correos
entre los investigadores de IA que trabajan en
el campo de la representación de
conocimientos

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ Pero incluso lenguajes expresivamente restringidos que son subconjuntos de LPPO presentan propiedades computacionales indeseables, es decir, muchos de los algoritmos de razonamiento que usan estos lenguajes son *NP completos*, o sea requieren de tiempo y espacio que crece exponencialmente con el tamaño de la entrada, volviendo estos algoritmos intratables (intractable) computacionalmente

Lenguajes de representación de conocimientos

La anterior es la visión simbólica (top down) de IA, también llamada
“old good fashion AI”

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ En paralelo surge en los 90 la visión subsimbólica que usaba el paradigma de la redes neuronales
- ▶ Esta aproximación se basa en procesar grandes cantidades de datos para resolver problemas más simples sin tener que preocuparse por la representación de conocimientos (enfoque bottom up)
- ▶ Este enfoque ha conducido a un sinnúmero de aplicaciones comerciales exitosas de IA y ha contribuido al surgimiento de *machine learning* como el área de IA que más éxito ha tenido en los últimos 10 años

Lenguajes de representación de conocimientos

El paradigma simbólico:

- ▶ Es top down
- ▶ Requiere de un lenguaje de representación de conocimientos
- ▶ Requiere de un sistema de representación de conocimientos en el que se (de)codifiquen reglas de conocimiento
- ▶ Requiere que dicho sistema genere y mantenga bases de conocimientos
- ▶ Requiere la figura de un *ingeniero de conocimientos* cuya tarea es generar un conjunto grande inicial de reglas
- ▶ Es intensivo en reglas conocimiento inicial

Lenguajes de representación de conocimientos

El paradigma simbólico presupone que el conocimiento debe ser representado *a priori* en un sistema de presentación de conocimientos para que luego surja nuevo conocimiento como resultado de la aplicación de dicho conocimiento por parte de un agente inteligente en el mundo (dominio de aplicación), lo que genera nuevo conocimiento sobre el mundo que debe ser continuamente revisado (“belief revision”)

Lenguajes de representación de conocimientos

Problemas del paradigma simbólico:

- ▶ El intensivo en conocimiento inicial (knowledge acquisition)
- ▶ Lenguajes de representación de conocimientos basados en lógica, incluso la lógica de predicado de primer orden (LPPO) y muchos de sus subconjuntos son “intratables computacionalmente”
 - ▶ LPPO inferencia lógica matemática basada en teoría de conjuntos (set- or model-theoretic semantics)
 - ▶ DL propuesta por investigadores de IA para restringir el poder de expresión del lenguaje para hacerlo NP completo a través del algoritmo de subsumción
 - ▶ TFL propuesta por investigadores de LC (lingüística computacional) para procesar reglas sintácticas y semánticas para procesamiento de lenguaje natural a través del algoritmo de unificación

Lenguajes de representación de conocimientos

El paradigma subsimbólico:

- ▶ Es bottom up
- ▶ No requiere de lenguajes de representación de conocimientos sino que de una red neuronal en donde se puedan representar y procesar grandes números de reglas simples
- ▶ No requiere generar ni mantener bases de conocimientos
- ▶ Es capaz de aprender nuevas reglas a partir de reglas más simples a través de diversas capas de complejidad
- ▶ Se sugiere que el conocimiento emerge a través de reglas más complejas en capas superiores que reconocen patrones
- ▶ Es muy intensivo en datos y en capacidad de computo para entrenar redes neuronales
- ▶ Es muy intensivo en capacidad de computo

Lenguajes de representación de conocimientos

El paradigma subsimbólico presupone que el conocimiento emerge *a posteriori* en un sistema de aprendizaje automático capaz de procesar grandes volúmenes de datos para detectar patrones codificados como nuevas reglas que a su vez son reglas que nutren capas superiores

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ Una nueva tecnología basada en este paradigma subsimbólico se denomina *deep learning* (DL)
- ▶ DL se basa en nuevas arquitecturas de redes neuronales altamente performantes a través de computación paralela y basadas en n capas
- ▶ DL se ha beneficiado de la existencia de grandes repositorios de datos, especialmente por parte de aplicaciones de media social
- ▶ Esta tecnología ha tenido algunos grandes éxitos en áreas tales como reconocimiento de imágenes, superando las capacidades cognitivas de humanos de reconocimiento de imágenes

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ Sin embargo este enfoque subsimbólico ha sido criticado por quienes siguen el paradigma simbólico
- ▶ Se argumenta que dichos sistemas no entienden realmente sino que son solamente capaces de detectar patrones complejos que emergen a partir del análisis de grandes volúmenes de datos
- ▶ El surgimiento de las aplicaciones de media social ha contribuido al renacimiento de IA basado en este paradigma subsimbólico

Lenguajes de representación de conocimientos

- ▶ El paradigma subsimbólico ha sido exitoso en resolver problemas que no presentan gran complejidad en términos de representación de conocimientos
- ▶ El entendimiento del discurso en lenguaje natural, el problema más complejo de IA, está lejos de ser resuelto por este enfoque y muchos postulan enfoques híbridos para su solución
- ▶ Los sistemas híbridos de representación de conocimientos usan ambos paradigmas, el simbólico y el subsimbólico



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Representando conocimientos

Representando conocimientos

- ▶ Podemos reescribir la ecuación que define de la información de la siguiente forma:

Información = Representación + Restricción

- ▶ Pero qué es una restricción?

Una restricción es una conexión entre dos tipos de situaciones

Representando conocimientos

- ▶ Consideremos la siguiente situación:

S_1 : *Hay nubes negras en el cielo*

S_2 : *Lluvia*

Representación de conocimientos



Quiz #14:

Cuál es la conexión que conecta S_1 y S_2 ?

Representando conocimientos

- ▶ Las restricciones pueden estar ocultas
- ▶ Toda restricción conecta la información con su representación

En este caso la conexión es que cuando hay nubes negras en el cielo generalmente llueve

Representando conocimientos

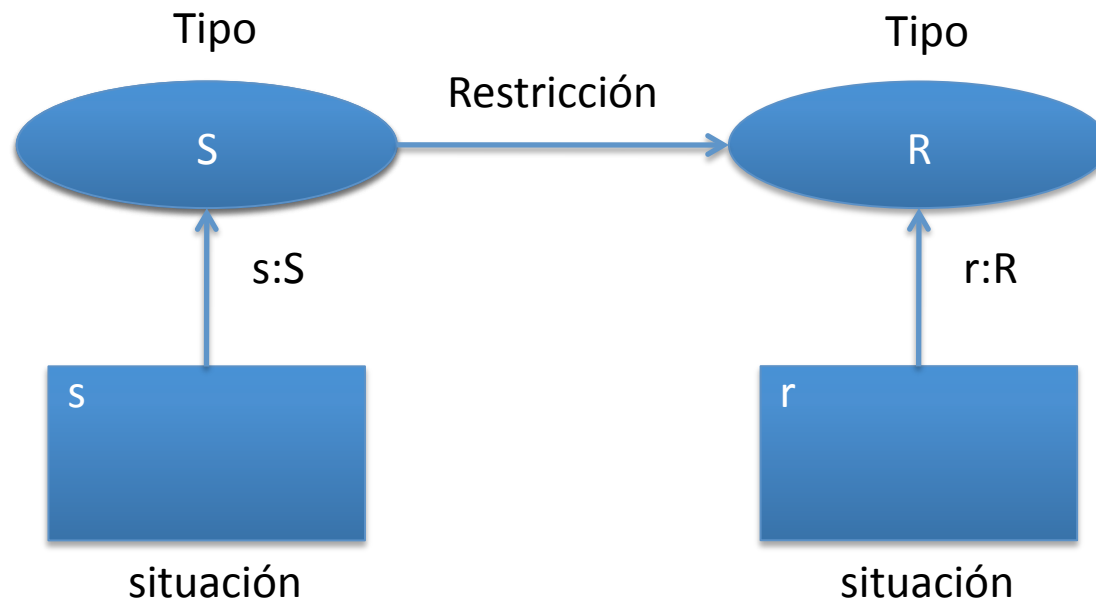
Los elementos que dan origen a la información son:

- ▶ Situaciones
- ▶ Tipos y
- ▶ Restricciones

Información siempre es acerca de un objeto (de un cierto tipo), es decir, es siempre sensitiva al contexto

Representando conocimientos

El flujo de información



Representando conocimientos

- ▶ Para representar conocimientos en este formalismo necesitamos:
 - ▶ El contexto de la situación
 - ▶ El objeto acerca del que se transmite información
 - ▶ Las restricciones (y los tipos asociados) usados para transmitir información

Representando conocimientos

Conocimiento y acción

- ▶ Conocimiento es información internalizada que nos sirve para hacer algo, es decir, para actuar en el mundo

Representación de conocimientos



Quiz #15:

Cuál es la relación que existe entre conocimiento y entendimiento?

Representando conocimientos

Entendimiento

- ▶ Entender (y explicar) una situación envuelve la utilización de conocimiento sobre situaciones pasadas
- ▶ Lo anterior conduce al conocimiento para la acción

Representación de conocimientos



Quiz #16:

Por qué la representación de conocimientos es la clave para “razonar” en sistemas de IA?

Representando conocimientos

Conocimiento y entendimiento

- ▶ Porque en la medida que seamos capaces de representar conocimientos en sistemas de IA, dotaremos a agentes artificiales de la capacidad de actuar y entender el mundo, es decir, de razonar en el mundo

Representando conocimientos


Metodología

- ▶ Nos guiaremos por los siguientes principios:
 1. Use el menor formalismo necesario
 2. Use el menor grado de precisión necesario del formalismo
 3. Itere aumentando la complejidad del formalismo y el nivel de precisión según se requiera
 4. Si un problema ocurre pare y concéntrese en él hasta resolverlo
 5. Valide el análisis de acuerdo a los datos en cada paso
- ▶ Para resolver este ejercicio seguiremos los siguientes pasos

Representando conocimientos


Paso 1: Haga un análisis inicial respondiendo las siguientes preguntas:

- a)Cuál es la ontología (los objetos que participan)?
- b) Cuáles son las restricciones que guían el flujo de información?
- c) Cuáles son las situaciones relevantes y la relaciones entre ellas?
- d) Qué información relevante es transmitida?




Representando conocimientos

Paso 2: Refine el formalismo aumentando la precisión en la respuesta a las preguntas anteriores




Representando conocimientos

Paso 3: De ser necesario deténgase para resolver cualquier problema que requiera de una explicación mejorada a las preguntas anteriores



Representando conocimientos

Paso 4: Interprete los resultados obtenidos



Representando conocimientos

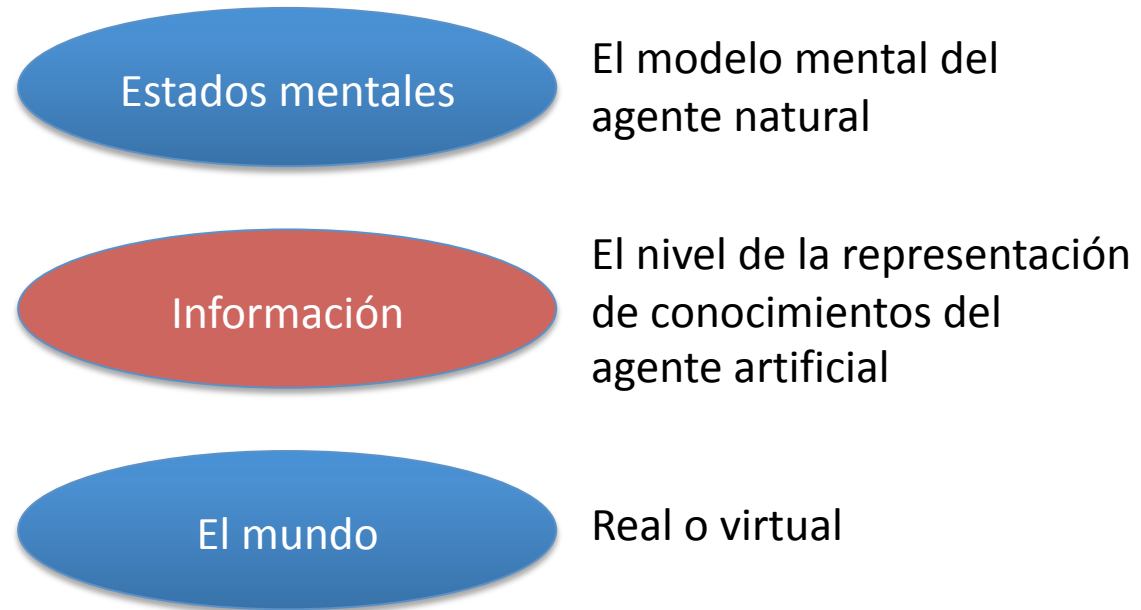
Paso 5: Valide sus resultados con los datos disponibles

Representando conocimientos

Paso 6: Vuelva al paso 2 o 3 si es necesario

Representando conocimientos

El nivel de información de la representación



Representando conocimientos

Ejercicio Preliminar (Estado Mental)

Considere las siguiente situaciones :

1. El la vio en el parque con un hombre.
2. El la vio en el parque con una estatua.
3. El la vio en el parque con un telescopio.

Representación de conocimientos



Quiz #17:

Cuántas interpretaciones
tienen estas situaciones?

Representando conocimientos

Una contradicción

Considere las siguiente situaciones :

1. Julio es un mes de verano.
2. Julio es un mes de invierno.

Representando conocimientos

Cómo el contexto resuelve una contradicción

Considere las siguiente representaciones :

1. EEUU := << Julio es un mes de verano >>
2. Chile := << Julio es un mes de invierno >>

Representando conocimientos

Infons

Un infon es una unidad discreta de información que es representada por objetos o configuraciones de objetos

Ejemplo: Vemos el reloj que nos indica que son las 18:00 horas

“son las 18:00 horas” es un infon que es representado por la configuración del reloj en ese momento

$$P := \langle\langle \text{son las 18:00 horas} \rangle\rangle$$

Se lee:

El “*contexto P soporta*” el ítem de información (infon) que “*son las 18:00 horas*”

Representando conocimientos

Infons

$$s := \sigma$$

Se lee:

“el infon (o infon compuesto) σ es verdadero en la situación s ” o bien “ s soporta σ ”

Nota: $s := \sigma$ es una *proposición*

Representando conocimientos

Infons

Un infon tiene la forma:

$$\langle\langle R, a_1, \dots, a_n, 1 \rangle\rangle \text{ o } \langle\langle R, a_1, \dots, a_n, 0 \rangle\rangle$$

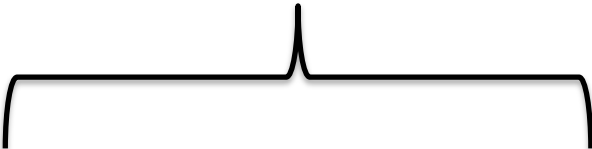
donde R es una relación n -aria llamada la *cabeza del infon*, a_1, \dots, a_n son objetos apropiados para R (que suelen incluir una locación espaciotemporal) y 1 o 0 es la polaridad indicando si la relación se cumple o no

Representando conocimientos

Infons

Un ejemplo:

t_1



$\langle\langle \textit{presente}, \text{Juan Pérez}, l_1, \text{tarde.18.Junio2018}, 0 \rangle\rangle$

que significa que Juan Pérez no está presente en la locación l_1 en la tarde del 18 de junio de 2018

Nota: Mientras que la locación espacial l_1 ha sido dejada *indeterminada* la locación temporal t_1 ha sido ingresada en forma explícita

Representando conocimientos

La ontología (derivada del esquema de individuación de un agente)

individuos: a, b, c, \dots

relaciones (uniformidades): P, Q, R, \dots

locaciones espaciales: l_0, l_1, l_2, \dots

locaciones temporales: t_0, t_1, t_2, \dots

situaciones (partes del mundo): s_1, s_2, s_3, \dots

tipos: situaciones de orden superior: S, T, U, V, \dots

parámetros: elementos indeterminados que
corresponden a objetos, locaciones,
situaciones, ...

Representando conocimientos

Tipos básicos

TIM: el tipo de una locación temporal

LOC: el tipo de una locación espacial

IND: el tipo de un individuo

RELⁿ: el tipo de una relación *n*-aria

SIT: el tipo de una situación

INF: el tipo de un infon

TYP: el tipo de un tipo

PAR: el tipo de un parámetro

POL: el tipo de una polaridad

Representando conocimientos

Parámetros

Usaremos la notación l' , t' , a' , s' , para referirnos a parámetros de tipo LOC, TIM, IND, SIT, ...

Dado un objeto x y un tipo T escribimos:

$$x : T$$

para indicar que el objeto x es de tipo T

Representando conocimientos

Ancas

Un ancla para un conjunto A de parámetros básicos es una función definida en A que asigna a cada parámetro T_n en A un objeto de tipo T .

Si σ es un infon compuesto y f es un ancla para algunos de los parámetros en σ , entonces $\sigma(f)$ es un infon compuesto en donde se ha reemplazado cada parámetro a' en $\text{dom}(f)$ por $f(a)$.

Representando conocimientos

Abstracción de tipos de situaciones

$$[s' \mid s' := \sigma]$$

Es el tipo de situación en que soporta σ en el cual obtenemos un tipo de situación a partir de un parámetro s' y de un infon compuesto σ , donde σ es denominado el parámetro de abstracción.

Ejemplo:

$$[s' \mid s' := \langle\langle \text{correr}, p', l', t', 1 \rangle\rangle]$$

donde p' es el parámetro para una persona, denota el tipo de situación donde alguien corre en una locación y en un cierto momento

Representando conocimientos

Abstracción de tipos objetos

Sea s una situación. Si x' es un parámetro y σ es un infon compuesto que involucra a x' , entonces existe un tipo

$$[x' \mid s := \sigma]$$

el tipo de todos los objetos x que podrían servir de ancla de x' en la situación para los cuales las condiciones impuestas por σ se cumplen, donde x' es el parámetro de abstracción y s es la situación de base del tipo.

Ejemplo:

$$[a' \mid w := \langle\langle \text{person}, a', l_w', t_{now}', 1 \rangle\rangle]$$

es decir, el tipo de todos los objetos a' tal que, en el mundo w , a' es una persona en el mundo ahora.

Representación de conocimientos



Quiz #18:

Qué significa lo siguiente?

$[e' \mid s := \langle\langle \text{sees}, \text{Jon}, e', l', t', 1 \rangle\rangle]$

Representando conocimientos

Infons compuestos

Sea s una situación y σ y τ infons:

$s := \sigma \wedge \tau$ iff $s := \sigma \wedge s := \tau$ (conjunción)

$s := \sigma \vee \tau$ iff $s := \sigma \vee s := \tau$ o ambos (disjunción)

Representando conocimientos

Cuantificación

Sea σ un infon (compuesto) involucrando un parámetro x' y u un conjunto, entonces:

$$(\exists x' \in u)\sigma$$

es un infon compuesto y para toda situación s que contenga (como constituyentes) todos los miembros del conjunto u tenemos que:

$$s := (\exists x' \in u)\sigma$$

si y solo si existe un ancla f de x' a un elemento *de* u tal que:

$$s := \sigma[f]$$

Representando conocimientos

Ejemplo

Sea el info compuesto

$\langle\langle \text{cansado}, e', t_0, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{hambriento}, e', t_0, 1 \rangle\rangle$
donde e' es un parámetro para un gato. Si s es una situación describiendo un pieza en el tiempo t_0 y u es el conjunto de todos los individuos en s tendremos que

$$s := (\exists e' \in u)\sigma$$

si y solo si existe un ancla f de e' a algún objeto fijo c en u (c necesariamente un gato) tal que $s := \sigma[f]$, o sea, tal que:

$$s := \langle\langle \text{cansado}, c, t_0, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{hambriento}, c, t_0, 1 \rangle\rangle$$

o sea, si hay un gato c en u que en el tiempo t_0 esté cansado y hambriento.

Representando conocimientos

Cuantificación

Sea σ un infon (compuesto) involucrando un parámetro x' y u un conjunto, entonces:

$$(\forall x' \in u)\sigma$$

es un infon compuesto y para toda situación s que contenga (como constituyentes) todos los miembros de u tenemos que:

$$s := (\exists x' \in u)\sigma$$

si y solo si para todas las anclas f de x' a un elemento *de* u :

$$s := \sigma[f]$$

Representando conocimientos

Cuantificación

La clase de infons compuestos se define como la clase de infons que resultan bajo las operaciones de conjunción y disjunción y bajo las operaciones de cuantificación existencial y universal sobre parámetros.

Representando conocimientos

Restricciones

Las restricciones conextan tipos de situaciones:

$$S \Rightarrow S_1 \quad (\text{se lee } S \text{ involucra a } S_1)$$

Ejemplo

FIRE significa fuego (“la palabra FIRE significa fuego”)

$$S \Rightarrow S_1$$

$$S_2 \Rightarrow S_1$$

$$S = [s' \mid s' := \langle\langle \text{hay-humo}, t', 1 \rangle\rangle]$$

$$S_1 = [s' \mid s' := \langle\langle \text{hay-fuego}, t', 1 \rangle\rangle]$$

$$S_2 = [e' \mid e' := \langle\langle \text{hablando}, a', t', 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{dice}, a', \text{FIRE}, t', 1 \rangle\rangle]$$

Por qué usamos el mismo parámetro s' en los tipos S y S_1 y el mismo parámetro t' en los 3 tipos S , S_1 y S_2 ?

Representando conocimientos

Restricciones conectan tipos de situaciones

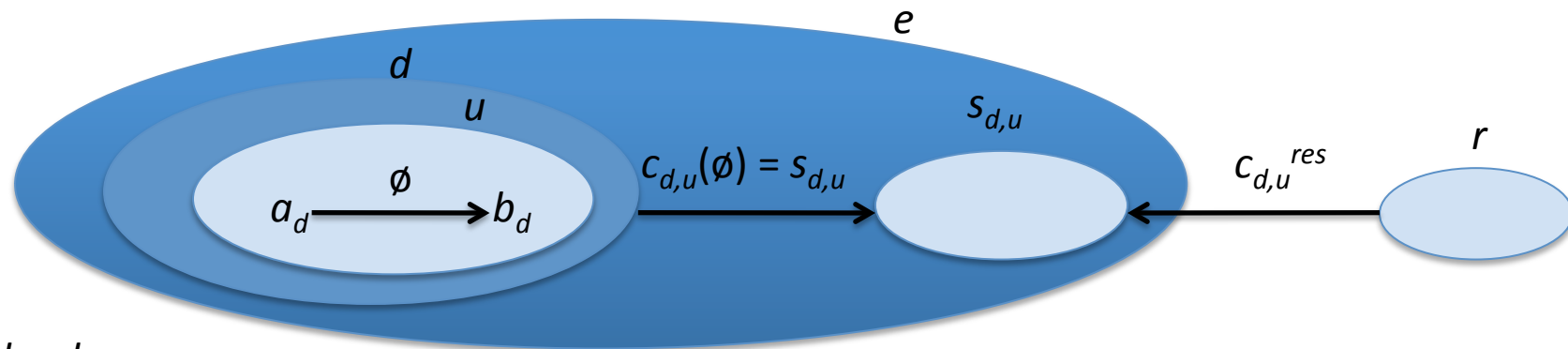
Los agentes naturales aprenden estas restricciones durante su proceso de ir por el mundo

El concepto de Oráculo

Sea a un individuo o una situación. El oráculo de a , $Oracle(a)$, es aquella parte del mundo (todo el conocimiento del mundo) que concierne a a .

Representando conocimientos

La comunicación entre agentes



donde:

- e es la situación de base o background situation
- r es la situación de recursos o resource situation
- d es la situación de comunicación o discourse situation
- u es el acto comunicativo entre los agentes a_d como comunicador y b_d como recipiente de la expresión b_u (u es a su vez una situación, la utterance situation)
- $s_{d,u}$ es la situación focal
- $c_{d,u}(\emptyset)$ es una función de conexión que conecta u con $s_{d,u}$ y $c_{d,u}^{res}$ es una función de conexión que conecta u con recursos en r que son necesarios para interpretar y entender el acto comunicativo u

Representando conocimientos

Ejemplo

JUAN CHUTEO LA PELOTA (1)

$$s_{d,u} := \langle\langle C, J, P, t_k, 1 \rangle\rangle$$

El contenido de u , $\text{content}(u)$, es el infon $\langle\langle C, J, P, t_k, 1 \rangle\rangle$ y además:

$$c_{d,u}(\text{JUAN}) = J, c_{d,u}(\text{CHUTEO}) = C \text{ y } c_{d,u}(\text{PELOTA}) = P$$

Estas conexiones vienen dadas por la “background situation”:

$$e := \langle\langle \text{denota}, u, a_d, \text{JUAN}, J, t_u, 1 \rangle\rangle \wedge \langle\langle \text{denota}, u, a_d, \text{BALL}, B, t_u, 1 \rangle\rangle$$

$$e := \langle\langle \text{denota-tiempo}, u, a_d, \text{PATEO}, t_k, t_u, 1 \rangle\rangle \text{ tal que } t_k \text{ antecede a } t_u$$

y por la “resource situation”

$$r := \langle\langle \text{llamado}, J, \text{JUAN}, t_k, 1 \rangle\rangle \text{ y la función de conexión } c_{d,u}^{\text{res}}(\text{JUAN}) = J$$

Representando conocimientos

...continuación del ejemplo

EL ¹ MARCO UN GOL	(2)
SE ² FUE POR SOBRE EL TRAVESAÑO	(3)
PEPE LO ³ VIO POR TELEVISION	(4)
LUEGO ⁴ SE CAYO AL PISO	(5)

...resolviendo las referencias:

¹ JUAN: Cómo se resuelve este referencia?

² LA PELOTA: Cómo se resuelve este referencia?

³ $s_{d,u}$ (la situación focal): Cómo se resuelve este referencia?

⁴ t_k (el tiempo del pateo): Cómo se resuelve este referencia?

Representando conocimientos

... para resolver estas referencias el concepto clave es “salience”
... pero el problema es que los referentes que están activos en este discurso son en este caso múltiples (y generalmente es así):

JUAN

LA PELOTA

LA SITUACION FOCAL

EL TIEMPO DE LA SITUACION FOCAL (t_k)

...resolviendo las referencias:

para resolver estas rereferencias se debe en todo momento mantener dos conjuntos:

IC(u): Las circunstancias iniciales (conjunto de infons iniciales antes de expresar u) soportadas por e

RC(u): Las circunstancias finales (conjunto de infons finales luego de expresar u) soportadas por e

Representando conocimientos

... continuando el ejemplo

Después de epresar:

JUAN CHUTEO LA PELOTA

(1)

RC(u) contiene los siguientes infons:

1. $\langle\langle \text{activo-en}, d, t_k, t_f, 1 \rangle\rangle$
2. $\langle\langle \text{activo-en}, s_{d,u}, t_f, 1 \rangle\rangle$
3. $\langle\langle \text{activo-en}, d, J, t_f, 1 \rangle\rangle$
4. $\langle\langle \text{activo-en}, d, K, t_f, 1 \rangle\rangle$
5. $\langle\langle \text{activo-en}, d, B, t_f, 1 \rangle\rangle$

Representando conocimientos

... continuando el ejemplo

Después de expresar:

JUAN CHUTEA LA PELOTA (1)

RC(u) contiene los siguientes infons:

6. $\langle\langle \text{activo-en}, d, t_k, t_f, 1 \rangle\rangle$
7. $\langle\langle \text{activo-en}, d, \text{content}(u), t_f, 1 \rangle\rangle$
8. $\langle\langle \text{activo-en}, d, \langle\langle :=, e, \langle\langle \text{denota}, u, a_d, \text{JUAN}, J, t_u, 1 \rangle\rangle, 1 \rangle\rangle, t_f, 1 \rangle\rangle$
9. $\langle\langle \text{activo-en}, d, \langle\langle :=, e, \langle\langle \text{denota}, u, a_d, \text{CHUTEA}, C, t_u, 1 \rangle\rangle, 1 \rangle\rangle, t_f, 1 \rangle\rangle$
10. $\langle\langle \text{activo-en}, d, \langle\langle :=, e, \langle\langle \text{denota}, u, a_d, \text{LA PELOTA}, P, t_u, 1 \rangle\rangle, 1 \rangle\rangle, t_f, 1 \rangle\rangle$
11. $\langle\langle \text{activo-en}, d, \langle\langle :=, e, \langle\langle \text{denota-tiempo}, u, a_d, \text{CHUTEA}, t_k, t_u, 1 \rangle\rangle, 1 \rangle\rangle, t_f, 1 \rangle\rangle$

Representando conocimientos

... continuando el ejemplo

Después de expresar:

JUAN CHUTEÓ LA PELOTA (1)

RC(u) contiene los siguientes infons:

12. $\langle\langle \text{activo-en}, d, \langle\langle :=, e, \langle\langle \text{precede}, t_k, t_u, 1 \rangle\rangle, 1 \rangle\rangle, t_f, 1 \rangle\rangle$

13. $\langle\langle \text{activo-en}, d, \langle\langle :=, s_{d,u}, \text{content}(u), 1 \rangle\rangle, t_f, 1 \rangle\rangle$


Representación de conocimientos



Quiz #19:

La resolución de estas ambigüedades puede involucrar múltiples estrategias...

Aplicamos cada una de ellas en forma secuencial o en forma paralela para llegar a la más satisfactoria?



Representando conocimientos

S_1 :

1. Hay gente caminando.

Representando conocimientos

$$S_1 := \sigma$$

con

$$\sigma = \langle\langle \text{caminar}, p_1', t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle \wedge \dots \wedge \langle\langle \text{caminar}, p_m', t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle$$

donde:

p_1', \dots, p_m' son parámetros de personas

Representando conocimientos

S_2 :

1. Hay gente caminando.
2. Un hombre lleva un traje negro.

Representando conocimientos

$$s_2 := \sigma$$

con

$$\sigma = \langle\langle \text{llevar-puesto}, m', b', t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle \wedge \\ \langle\langle \text{caminar}, p_1', t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle \wedge \dots \wedge \langle\langle \text{caminar}, p_m', t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle$$

donde:

m' es un parámetro de un hombre

b' es un parámetro de un traje negro

*p*₁', ..., *p*_{*m*}' son parámetros de personas

Representando conocimientos

s_3 :

1. Hay gente caminando.
2. Un hombre lleva un traje negro.
3. Seis hombres van llevando una caja larga de madera.

Representando conocimientos

$$S_3 := \sigma$$

con $\sigma = \langle\langle \text{llevar-puesto}, m', b', t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle \wedge$
 $\langle\langle \text{llevar}, m'_1, \dots, m'_6, e', t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle \wedge$
 $\langle\langle \text{caminar}, p'_1, t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle \wedge \dots \wedge \langle\langle \text{caminar}, p'_m, t'_{\text{ahora}}, 1 \rangle\rangle$

donde:

m', m'_1, \dots, m'_6 son parámetros de hombres

b' es un parámetro de un traje negro

e' es un parámetro de una caja larga de madera y

p'_1, \dots, p'_m son parámetros de personas

Representando conocimientos

- ▶ Escenas
 - ▶ Son descripciones relativamente inconexas e incompletas de una situación
 - ▶ Están sujetas a múltiples interpretaciones

Representando conocimientos

▶ Historias

- ▶ Son descripciones de una situación que presentan una estructura
- ▶ Se identifica en ella la acción descrita y se reconoce que ella consiste en un conjunto coherente de actividades
- ▶ Pero sigue estando sujeta a diferentes interpretaciones

Representando conocimientos

- ▶ Explicación
 - ▶ Además de describirse la situación a través de un conjunto coherente de actividades se entrega una explicación funcional de lo que sucede, el o los objetivo(s) de la actividad, y se describen los roles que cada agente juega en ella

Representación de conocimientos



Quiz #20:

A qué corresponden las situaciones S_1 a S_3 ?

Representando conocimientos

Ejercicio para la casa (la explicación completa)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_4 :

1. Un funeral está teniendo lugar.
2. El sacerdote, vistiendo un traje negro, encabeza la procesión.
3. Atrás de él van seis personas llevando el ataúd.
4. El resto de la procesión va caminando más atrás.

Representando conocimientos

Ejercicio (anáfora)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_5 :

El frente de mal tiempo¹ en Santiago continuará hasta el fin de semana.

Representando conocimientos

Ejercicio (catáfora)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_6 :

A cinco minutos de haber convertido el gol del empate¹
el centrodelantero del equipo visitante¹ fue expulsado
del campo de juego.

Representando conocimientos

Ejercicio (catáfora)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_7 :

Eso¹ es lo que lo² caracteriza, su habilidad de resolver problemas¹.

Representando conocimientos

Ejercicio (anáfora y catáfora)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_g :

1. El bebé¹ lloró.
2. La mama² lo¹ tomó en sus brazos.

Representando conocimientos

La primera sentencia es representada de la siguiente forma:

$$s := \langle \langle \text{llora}, b, t_0, 1 \rangle \rangle \quad (1)$$

$$b := T_{\text{bebé}} \text{ (o sea, } b \text{ es de tipo } T_{\text{bebé}} \text{)} \quad (2)$$

donde t_0 es una locación temporal anterior a t_e (el momento en que esta sentencia es expresada) y b es el único individuo del tipo $T_{\text{bebé}}$ *en* s .

Esta representación solamente representa el contenido proposicional.

Sin embargo hay otro contenido contextual que debe ser instanciado al escuchar la primera sentencia

Representando conocimientos

La información proposicional representada hasta ahora no está activa aún (*salient*), es decir, es información potencial que no está aún disponible en el discurso

Veamos cómo esta información contextual se activa conforme vamos procesando el contenido

Representando conocimientos

Al escuchar la primera parte de la primera sentencia:

El bebé ...

el estado cognitivo de quien escucha es tal que:

$$T_{\text{bebé}}: T_{\text{etapa de la vida}} \quad (3)$$

pero luego de escuchar el fragmento “la mamá” de la segunda sentencia el estado cognitivo de quien escucha cambia de

$$T_{\text{etapa de la vida}}$$

a

$$T_{\text{familia}} \quad (4)$$

Representando conocimientos

Restricciones

$$r.1) T_{mamá} \Rightarrow \exists y' T_{mamá-de}$$

$$r.2) T_{bebé} \Rightarrow \exists x' T_{mamá-de}$$

donde $T_{mamá}$ es el tipo binario:

$$T_{mamá-de} = [x', y' \mid w' := \langle\langle \text{mamá-de}, x', y', t_{ahora}, 1 \rangle\rangle]$$

Representando conocimientos

En base a los tipos siguientes:

$T_{mamá} : T_{familia}$ y $T_{bebé} : T_{familia}$

$r.1$ y $r.2$ nos lleva a la siguientes implicaciones:

$i.1) p : T_{mamá} \rightarrow \exists q (p, q : T_{mamá-de})$

$i.2) q : T_{bebé} \rightarrow \exists p (p, q : T_{mamá-de})$

Representando conocimientos

(1), (2) y (4) hace que los referentes activos (salientes) en el discurso sean:

$$T_{\text{bebé}}: T_{\text{familia}} \text{ y } T_{\text{mamá}}: T_{\text{familia}} \quad (5)$$

y aplicando (i.2) (5) nos lleva a:

$$q: T_{\text{bebé}} \rightarrow \exists p (p, q: T_{\text{mamá-de}}) \quad (7)$$

Usando (1) sustituimos el individuo b por q en (7) obteniendo:

$$b: T_{\text{bebé}} \rightarrow \exists p (p, b: T_{\text{mamá-de}}) \quad (8)$$

Representando conocimientos

Pero por (2) sabemos que $T_{\text{bebé}}: T_{\text{familia}}$ y por *i.2* tenemos un tercer ítem de información activo tal que hay un objeto m tal que:

$\exists m$ tal que $m, b: T_{\text{mamá-de}}$ (9)

El uso del artículo definido en la segunda sentencia (la mamá) hace asumir que m es el individuo único en el discurso que cumple con la condición (9), es decir, que la mamá debe ser la mamá del bebé. El resto de la segunda sentencia (...lo tomó en brazos) refuerza esta interpretación dadas las normas sociales sobre el comportamiento de una madre frente a un niño que llora, resolviendo así la anáfora y la catáfora.

Representando conocimientos

La clave para resolver la anáfora y la catáfora es el cambio de del conjunto de restricciones iniciales asociadas con:

$T_{\text{bebé}}: T_{\text{etapa de la vida}}$

a un segundo conjunto de restricciones asociadas con:

$T_{\text{bebé}}: T_{\text{familia}}$

al encontrar el fragmento “la mamá” en la segunda sentencia

Representando conocimientos

Ejercicio para la casa (metáfora)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_9 :

Las nieves del tiempo platearon su sien¹.

Representando conocimientos

Ejercicio (alcance)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_{10} :

Cada veinte minutos una persona¹ es asaltada en Santiago. Hoy vamos a entrevistarla¹.

Representando conocimientos

Garden versus jungle paths

Garden path:

El niño le disparó a la mujer con...la espada de samurai

Jungle path:

Cada veinte minutos una persona¹ es asaltada en Santiago. Hoy vamos a entrevistarla¹.

Representando conocimientos

Ejercicio (alcance)

La ambigüedad de s_{10} es un “jungle path”. *Jungle paths* surgen de ambigüedades en como representamos el alcance de los operadores de cuantificación sobre los objetos cuantificados (semántica), a diferencia de garden paths que surgen de ambigüedades en como representamos analizamos la sintaxis de lenguaje natural

Representando conocimientos

Ejercicio (alcance)

La ambigüedad de s_{10} es un “*jungle path*”:

Cada 20 minutos una persona¹ es asaltada en Santiago
Hoy vamos a entrevistarla¹

La cuantificación preferida en la primera sentencia es que hay muchas situaciones de “asalto”, cada una ocurriendo cada 20 minutos en Santiago, en las que hay un individuo i que es asaltado y que, por defecto, asumimos diferente en cada situación. La segunda sentencia nos obliga a asumir que se trata del mismo individuo

Representando conocimientos

Ejercicio (la paradoja del mentiroso)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_{11} :

Esta sentencia es falsa.

Epimenides, que vivió en 600 BC, postuló esta paradoja que se había mantenido no resuelta en lógica hasta nuestros tiempos

Representando conocimientos

Ejercicio (la paradoja del mentiroso)

El problema es que todas las lógicas y lenguajes de representación de conocimientos no han modelado el contexto de manera muy satisfactoria.

Teoría de situaciones (Situation Theory) es una de las pocas excepciones.

Veamos cómo el contexto nos ayuda a resolver esta paradoja

Representando conocimientos

Ejercicio (la paradoja del mentiroso)

$$p: 10 + 20 = 30$$

$$q: 8 + 6 = 2$$

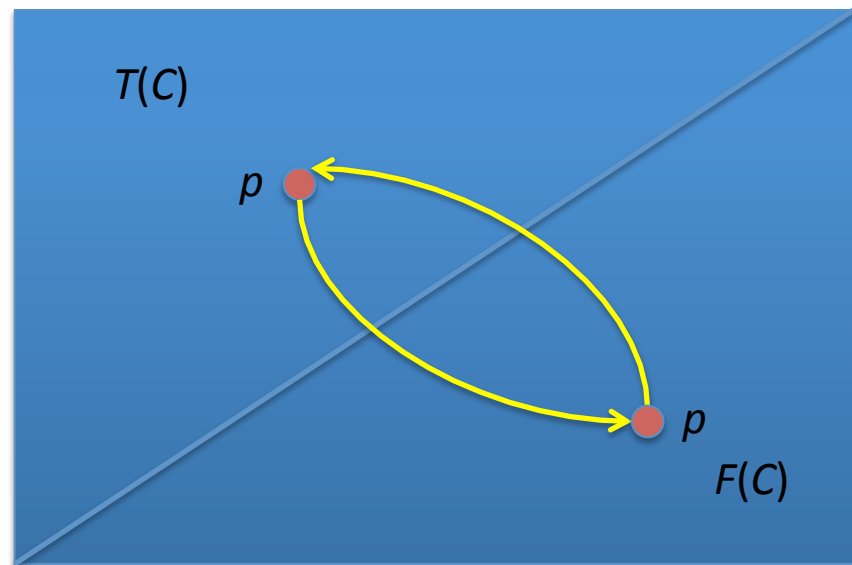
El contexto importa en evaluar si p o q son falsas o verdaderas.

En qué contexto es q una proposición verdadera?

Representando conocimientos

Teorema:

Para cada contexto C conteniendo p , la sentencia $p = [p \in F(C)]$ es contradictoria.



Representando conocimientos

Metacontexto:

Para cada contexto C se define el metacontexto C^m de la siguiente forma:

$$C^m = \{ \text{sentencias referenciando } T(C) \text{ o } F(C) \}$$

En particular consideremos como contexto el contexto S de las sentencias que hacen referencia a si mismas, es decir:

$$S = \{ \text{sentencias referenciándose a si mismas} \}$$

Ejercicio: Evaluemos estas sentencias en el contexto S

q : Esta sentencia es una sentencia

r : Esta sentencia está escrita en sánscrito

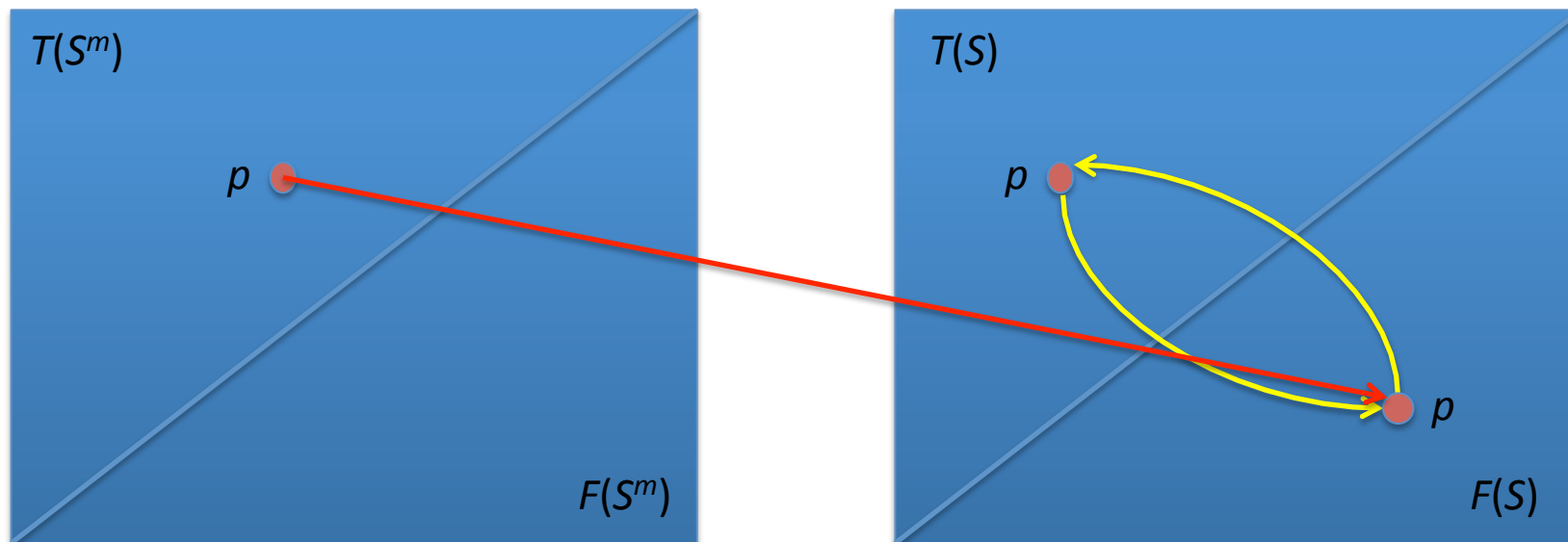
Representando conocimientos

Teorema:

La sentencia $p = [p \in F(S)]$ es falsa en el meta contexto S^m , o sea $p \in F(S^m)$.

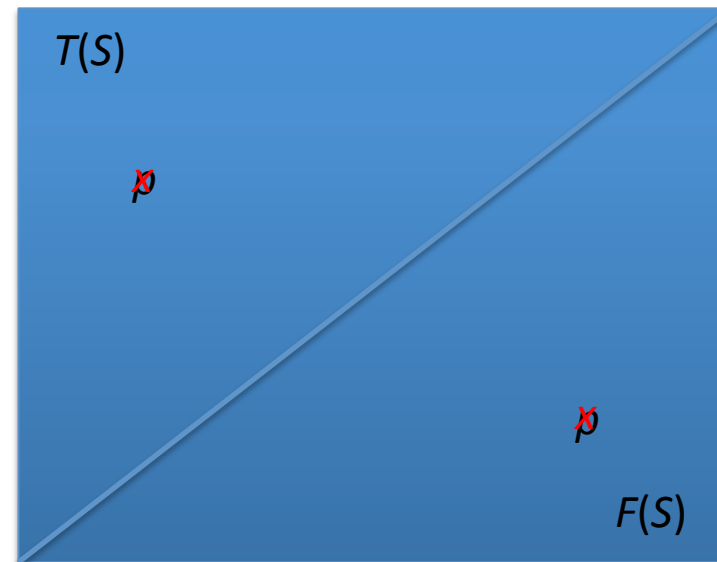
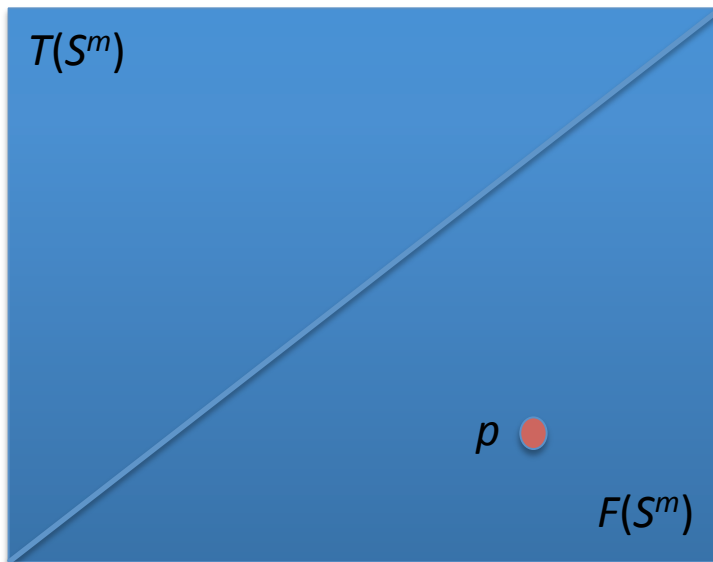
Representando conocimientos

Prueba: Supongamos que $p \in T(S^m)$. Como p dice que p es falsa entonces $p \in F(S)$ y cuando $p \in F(S)$ entonces S es el contexto para p . Por el teorema anterior obtenemos una contradicción (*reductio ad absurdum*) \square



Representando conocimientos

Corolario: $p \in F(S^m)$ no implica que $p \in T(S)$. En el metacontexto S^m , la consecuencia de $p \in F(S^m)$ es que $p \notin F(S)$ y $p \notin T(S)$.



Representando conocimientos

Ejercicio (la paradoja dura del mentiroso)

Represente el conocimiento dado por la siguiente situación s_{12} :

Esta sentencia no es verdadera.



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

MODULO III

Análisis de casos



CONTENIDOS

- ▶ Análisis de casos
- ▶ El futuro de la IA



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Análisis de casos



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Arquitecturas y representación

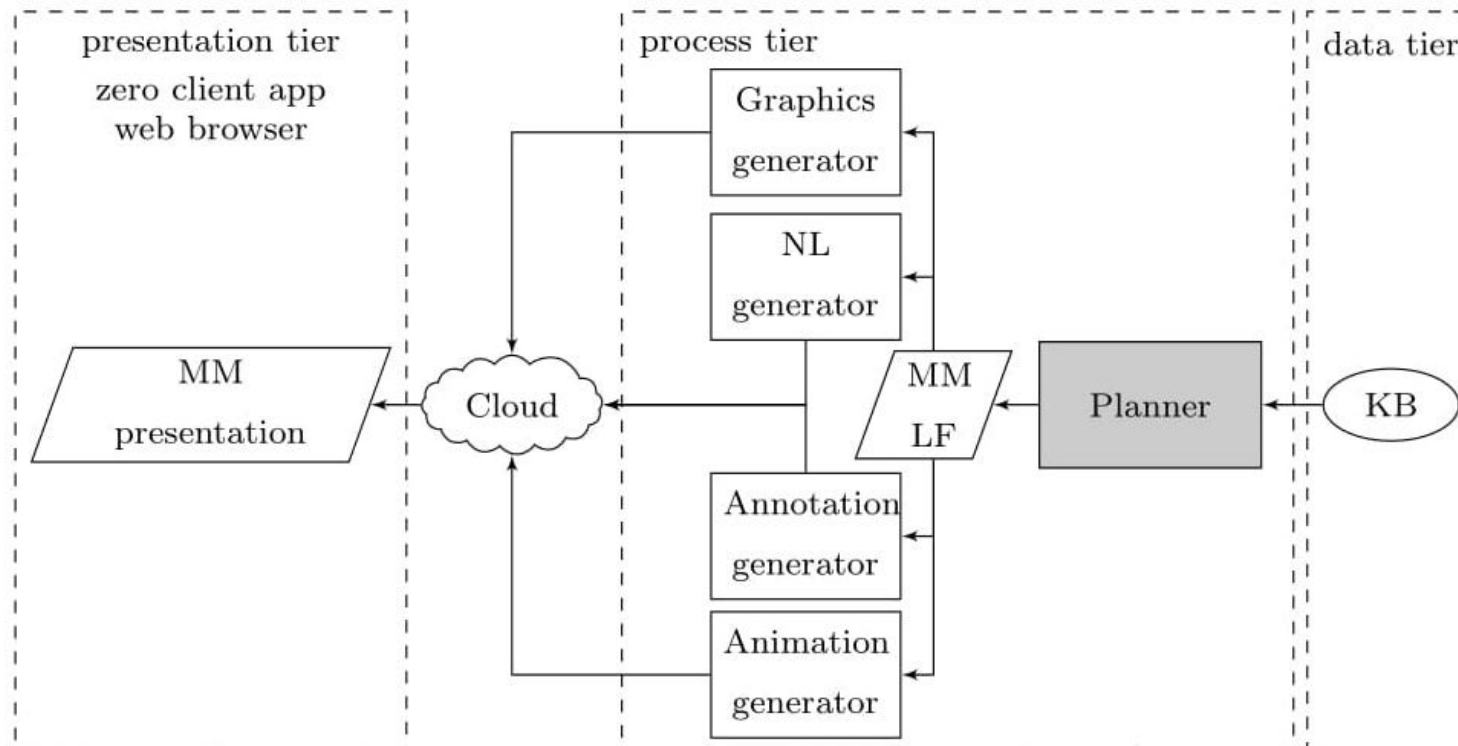
CONTENIDOS

Caso 1: Sistema de presentación de información multimodal basada en el conocimiento

- ▶ **Cuál es el rol de la representación de conocimientos?**
 - ▶ Lenguaje de representación semántica para texto, ilustraciones, animación y anotaciones
 - ▶ Habilitar referencia cruzadas multimodales (cross-modal references)
- ▶ **Lenguaje de representación**
 - ▶ Description Logics (KL-ONE-lookalike)

CONTENIDOS

Arquitectura del sistema de presentación multimodal de información basado en el conocimiento



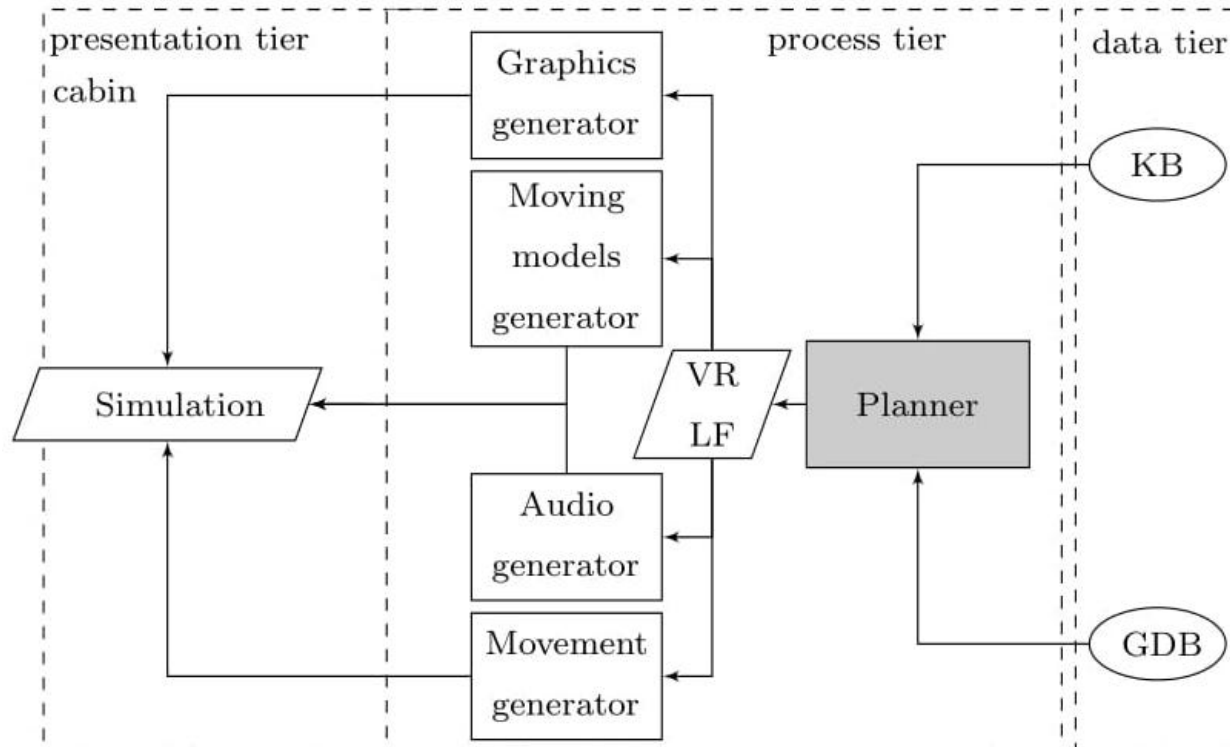
CONTENIDOS

Caso 2: Simulador de conducción basado en el conocimiento

- ▶ **Cuál es el rol de la representación de conocimientos?**
 - ▶ Lenguaje de representación semántica para moving models en tiempo real, gráfica en tiempo real, audio e movimiento en la cabina
 - ▶ Generación automática de escenas de conducción
- ▶ **Lenguaje de representación**
 - ▶ Situation semantics

CONTENIDOS

Arquitectura del simulador de conducción basado en el conocimiento



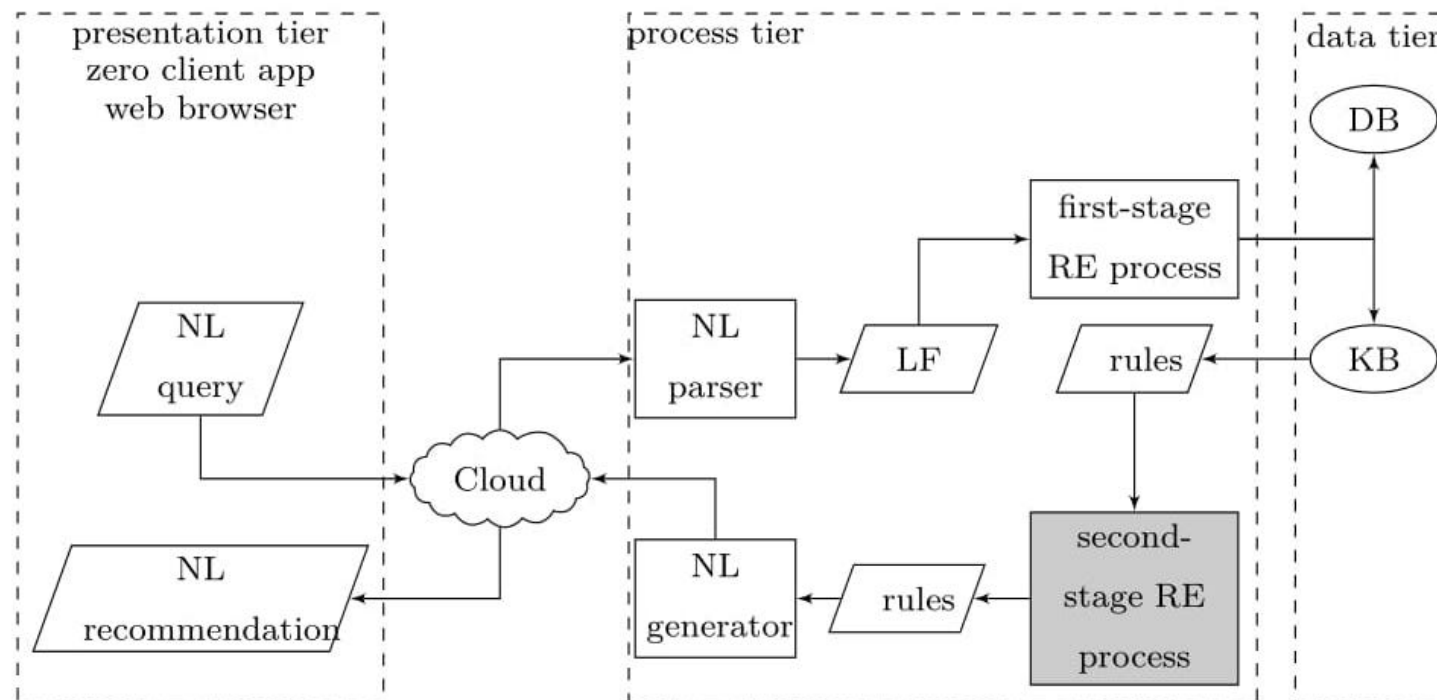
CONTENIDOS

Caso 3: Sistema de recomendación para gestión de innovación basado en el conocimiento

- ▶ **Cuál es el rol de la representación de conocimientos?**
 - ▶ Representar reglas de gestión de innovación
 - ▶ Minerar reglas en la base de conocimientos basado en preguntas en LN
 - ▶ Generar texto en lenguaje natural como recomendaciones basado en las reglas más relevantes
- ▶ **Lenguaje de representación híbrido**
 - ▶ Situation semantics
 - ▶ MCDA

CONTENIDOS

Arquitectura del sistema de recomendación para gestión de innovación basado en el conocimiento



CONTENIDOS

Caso 4: Sistema de traducción automática basado en el conocimiento

- ▶ **Cuál es el rol de la representación de conocimientos?**
 - ▶ Interlingua
- ▶ **Pregunta**
 - ▶ Por qué?
- ▶ **Lenguaje de representación**
 - ▶ LPPO y TFL (typed-feature logics)
- ▶ **Proponga una arquitectura para el sistema basado en el conocimiento...**



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

Casos a presentar por alumnos

CONTENIDOS

- ▶ **Caso 1: Modelamiento de usuario e interacción adaptada al usuario**
 - ▶ El caso de Mindshadow.com
- ▶ **Caso 2: Sistemas de recomendación y filtrado colaborativo¹**
 - ▶ Modelamiento de usuario y el filtrado colaborativo usando casos como el de Pandora, Netflix en la industria del entretenimiento
- ▶ **Caso 3: Agentes inteligentes personalizados y filtrado colaborativo²**
 - ▶ Procesamiento de lenguaje natural usando el caso de Alexa en la industria de retail
- ▶ **Caso 4: Análisis de sentimiento¹**
 - ▶ Tomándole el pulso a la Internet y el futuro de la industria de inteligencia de mercado

CONTENIDOS

- ▶ **Caso 5: Análisis de sentimiento²**
 - ▶ Administración de portafolio en el mercado de servicios financieros
- ▶ **Caso 6: El futuro de la búsqueda y la industria de telecomunicaciones**
 - ▶ Cómo la IA habilitará el futuro modelo de ingreso de las Telcos
- ▶ **Caso 7: RVA (la ficción supera a la realidad)**
 - ▶ Dónde estamos en términos de representación de conocimientos multimodales para hacer realidad la VRA?
- ▶ **Caso 8: La industria 4.0 y la IA**
 - ▶ La nueva estrategia de DELL Technologies
- ▶ **Caso 9: Computación cuántica y su impacto en la reresetnación de conocimientos y en la IA**
 - ▶ Quién construirá el primer computador cuántico y qué implicancias tendrá ello para el futuro de la IA



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

El futuro de la IA

CONTENIDOS

► **Consciencia y realidad**

- Es la consciencia una propiedad fundamental del universo?
- Cómo emerge la información a partir de la consciencia?
- Cuál es el rol del propósito o intención final en la construcción de la realidad (colapso de la función de onda)?
- Explica lo anterior fenómenos que hoy son negados por el paradigma materialista?
- La intención del agente altera el resultado del colapso de la función de onda, es decir, el estado informacional del mundo?
- Es el universo un computador cuántico y es la realidad solamente una realidad virtual simulada?

CONTENIDOS

▶ **Computación cuántica (CC)**

- ▶ Es la CC un requerimiento inalienable para lograr resolver los grandes desafíos de la IA?
- ▶ Si es así, por qué?
- ▶ Qué tan lejos estamos de obtener *commercial-grade quantum computers* para la resolución de dichos problemas?
- ▶ Por qué debemos aislar dichos sistemas de computación cuántica de su entorno y llevarlos a condiciones que dominan en el mundo subatómico?
- ▶ Sucede lo mismo en el mundo biológico?

CONTENIDOS

► **Biología cuántica**

- Son fenómenos cuánticos claves para la emergencia de la vida?
- Cómo logran penetrar dichos fenómenos cuánticos el sustrato macroscópico de la biología molecular sin “decohere”?
- Explican dichos efectos fenómenos psicológicos que no tienen explicación hoy bajo el paradigma materialista de la ciencia cognitiva?
- Es el cerebro un computador cuántico?

CONTENIDOS

- ▶ **Representación de conocimientos y agencia**
 - ▶ Determinismo versus indeterminismo y la cuestión del libre albedrío de agentes naturales y artificiales
 - ▶ La naturaleza informacional (no materialista) del universo sugiere que el libre albedrío es consecuencia de la naturaleza de la consciencia como propiedad fundamental del universo...qué implicancias tiene ello?
 - ▶ La “causa final” como causa primigenia del ordenamiento del universo (caos versus cosmos)?

CONTENIDOS

- ▶ **Representación de conocimientos y los grandes desafíos de la IA**
 - ▶ La emergencia de la computación cuántica hará posible lidiar con los problemas duros de la IA, es decir, con la incertidumbre estratégica y los altos requerimientos en capacidad de cómputo de los grandes desafíos que la IA requieren
 - ▶ El paradigma subsimbólico (e.g. DL) sigue basado en computación clásica y como tal, pese a sus recientes éxitos en ML, deberá migrar a computación cuántica para pasar de resolver problemas que basados en grandes volúmenes de datos a pasar a resolver problemas que requieran de ambos paradigmas, el top down basado en conocimientos y el bottom up basado en datos

CONTENIDOS

- ▶ **Representación de conocimientos y los grandes desafíos de la IA**
 - ▶ El gran desafío de IA, entendimiento del discurso multimodal que involucre diversos agentes, naturales y artificiales, en sistemas de realidad aumentada (virtual o no) hace imperioso el surgimiento de computadores cuánticos
 - ▶ Gran parte de la inversión reciente en I+D+i en defensa pero también en propiedades de Internet (Facebook, Google, Microsoft, ...) está fluyendo a esta área

CONTENIDOS

▶ La IA y los futuros modelos de negocio

- ▶ Seguirá imperando el modelo de hipercompetitividad global de Internet con una Internet en gran medida desregulada
- ▶ Pros y cons de este modelo
- ▶ Son las tecnologías de “blockchain” una amenaza a este modelo y eventualmente por qué éstas podrían llevar a un cambio de paradigma en los modelos de negocios de Internet futuro (y en el uso de IA en ellos)?

CONTENIDOS

▶ La IA y la sociedad

- ▶ Futuro distópico?
- ▶ Problemas con los sistemas de IA...
 - ▶ es posible implementar *graceful degradation*?
- ▶ Como cualquier tecnología la IA no es agnóstica a temas éticos y por lo tanto los investigadores de IA no pueden delegar esa responsabilidad a la sociedad?

CONTENIDOS

► El renacimiento de la IA

- *Been there, seen that?*
- Nuevamente hay demasiado *hype* en torno a la IA y nuevamente éste fenómeno es gatillado por el deseo de atraer más inversión pública y privada en I+D+i a esta área
- Aún estamos lejos de poder entender y resolver los “grand challenges” de IA
- En ese sentido estamos repitiendo un poco el error de los años 80 y 90

CONTENIDOS

▶ Qué podemos hacer

- ▶ Estemos vigilantes
- ▶ Pongamos más atención a aspectos éticos de la IA sobre todo en conexión con otras tecnologías de Internet
- ▶ Lo anterior es importante ya que hoy contamos con aplicaciones que pueden ser denominadas como *commercial grade* para problemas que no son intensivos en conocimientos pero si intensivos en datos
- ▶ *Graceful degradation* debe ser un factor sistémico clave para las arquitecturas de sistemas de IA en el futuro, es decir, se debe instituir este criterio a nivel de principio básico de todo sistema de IA

CONTENIDOS

▶ Qué podemos hacer?

- ▶ No repitamos el error de los años 80 y 90: ...*aún estamos lejos de poder entender y resolver los “grand challenges” de IA*
- ▶ Lo anterior requerirá de computación cuántica y de un paradigma híbrido que combine al paradigma simbólico (knowledge-based) y el subsimbólico (data-driven)
- ▶ La discusión sobre ética en IA no puede seguir ausente dado que aplicaciones de IA comienzan a ser ubícuas en muchas industrias



GRACIAS



UAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ