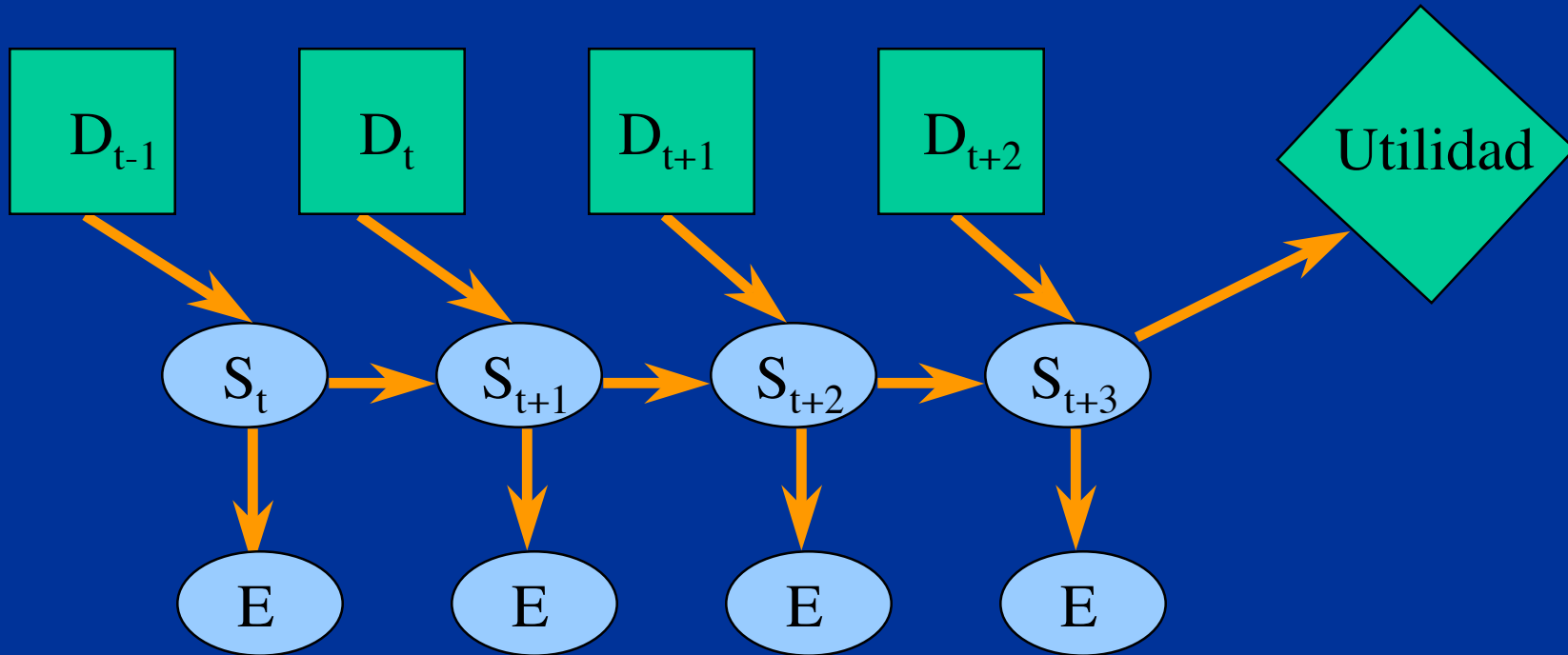


Modelos Gráficos Probabilistas: Principios y Aplicaciones



L. Enrique Sucar

INAOE

Información General

- Página del curso:

<http://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-pgm/pgm.html>

- Correo:

esucar@inaoep.mx

Información General

- Objetivos
- Programa
- Bibliografía
- Políticas del Curso

Sesión 1: Introducción

“Vivir es el arte de derivar conclusiones
suficientes de premisas insuficientes”

[S. Butler]

Incertidumbre

- ¿ Qué es incertidumbre?
- ¿ Porqué se presenta?
- ¿ Cómo la tratamos?

Incertidumbre

La incertidumbre surge porque se tiene un conocimiento incompleto / incorrecto del mundo o por limitaciones en la forma de representar dicho conocimiento, por ejemplo:

- Un sistema experto médico
- Un robot móvil
- Un sistema de análisis financiero
- Un sistema de reconocimiento de voz o imágenes

Incertidumbre

- Un robot móvil tiene *incertidumbre* respecto a lo que obtiene de sus sensores y de su posición en el mundo



Causas de Incertidumbre

- Existen varias causas de incertidumbre que tienen que ver con la información, el conocimiento y la representación.
- Información:
 - Incompleta
 - Poco confiable
 - Ruido, distorsión

Causas de Incertidumbre

- Conocimiento
 - Impreciso
 - Incompleto
 - Contradictorio
- Representación
 - No adecuada
 - Falta de poder descriptivo

Ejemplos de dominios con incertidumbre

- Diagnóstico médico e industrial
- Predicción financiera
- Exploración minera / petrolera
- Interpretación de imágenes (visión)
- Reconocimiento de voz
- Monitoreo / control de procesos industriales
- Robótica
- Modelado del estudiante
- ...

Efectos de Incertidumbre

- Se pierden varias propiedades de los sistemas que no tienen incertidumbre, basados en lógicas o reglas, lo cual hace el manejo de incertidumbre más complejo. Las principales dos características que, en general, ya no aplican son:
 - **Modular**
 - **Monotónica**

Modular

- Un sistema de reglas es modular, ya que para saber la verdad de una regla sólo tiene que considerarla a ésta, sin importar el resto del conocimiento.
- Pero si hay incertidumbre ya no puedo considerar la regla por si sola, debe tomar en cuenta otras reglas

Monotónica

- Un sistema es monotónico si al agregar nueva información a su base de datos, entonces no se alteran las conclusiones que seguían de la base de datos original.
- Si hay incertidumbre ya no puedo considerar que la certeza en una hipótesis ya no puede cambiar, debo tomar en cuenta otras reglas que involucren a dicha hipótesis; así como nuevos datos

Manejo de Incertidumbre

- Para tratar la incertidumbre, hay que considerarla en forma explícita en la representación e inferencia
- Para ello se han desarrollado diversas formas de representar y manejar la incertidumbre

Técnicas Simbólicas

- Lógicas no-monotónicas
- Sistemas de mantenimiento de verdad (TMS, ATMS)
- Teoría de endosos

Técnicas Numéricas

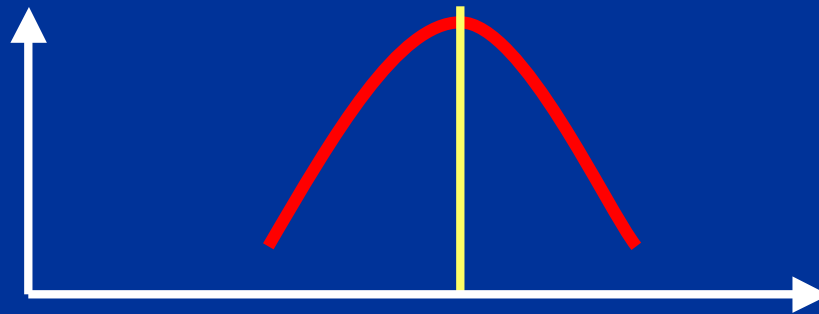
- **Probabilistas**
 - Métodos básicos
 - Modelos gráficos probabilistas
- **Alternativas**
 - Empíricas (MYCIN, Prospector)
 - Lógica difusa
 - Teoría de Dempster-Shafer
 - Lógicas probabilistas

Otra clasificación

- **Sistemas Extensionales** (valores de verdad generalizados) – la certidumbre de una fórmula es una función única de las certidumbres de sus sub-fórmulas
- **Sistemas Intensionales** - medidas de verdad asignadas a conjuntos de mundos posibles, no se puede determinar la certidumbre directamente de los valores individuales

Técnicas

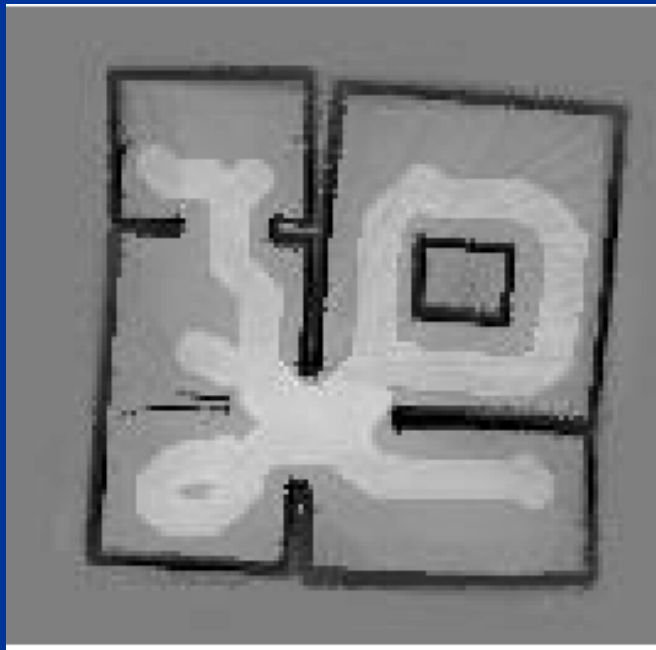
- Por ejemplo, para el robot móvil:
 - Si el sensor de distancia (sonar) regresa una lectura de 5 m, se considera una distribución de probabilidad alrededor de dicha lectura



- ¿Cómo representamos esta distribución?
¿Cómo combinamos las lecturas de varios sensores?

Técnicas

- Ejemplo de un “mapa probabilista” construido considerando la incertidumbre de los sensores y de la odometría



Desarrollo Histórico

- Inicios (50's y 60's)
 - “Mundos de juguete”
 - No se consideró el uso de números
- Sistemas Expertos (70's)
 - Aplicaciones reales – surge necesidad de manejo de incertidumbre
 - Métodos Ad-hoc
 - Nuevas teorías

Desarrollo Histórico

- Resurgimiento de probabilidad (80's)
 - Resurge el uso de probabilidades
 - Desarrollo de las redes bayesianas
- Diversos formalismos (90's)
 - Uso de diversas técnicas
 - Consolidación de modelos probabilistas
- Modelos gráficos probabilistas (00's)
 - Unificación de técnicas bajo el marco de *PGM*
 - Modelos más expresivos (lógica + probabilidad)

Modelos Probabilistas

- Los modelos probabilistas tienen varias ventajas:
 - Tienen una clara interpretación y sólidos fundamentos teóricos
 - Pueden hacer uso de las técnicas y herramientas desarrolladas en el área de probabilidad y estadística
 - Permiten una representación declarativa - separando el conocimiento del razonamiento

Modelos Probabilistas

- Sin embargo, si construimos un modelo probabilista en forma “directa” nos enfrentamos al problema de complejidad computacional - el modelo crece exponencialmente con el número de variables
- Los modelos gráficos probabilistas hacen uso de las independencias entre las variables para poder resolver problemas complejos en una forma mucho más eficiente

Modelos Gráficos Probabilistas

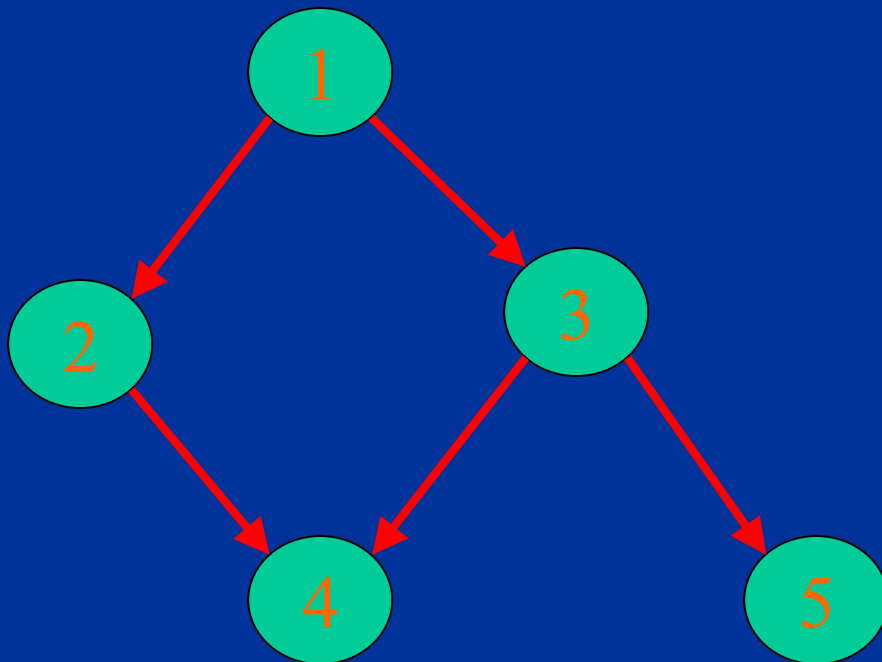
- Representaciones basadas en modelar la incertidumbre con variables aleatorias relacionadas mediante un modelo gráfico (dependencias)
- Muchas técnicas se pueden englobar dentro de este tipo de modelos

Modelos Gráficos Probabilistas

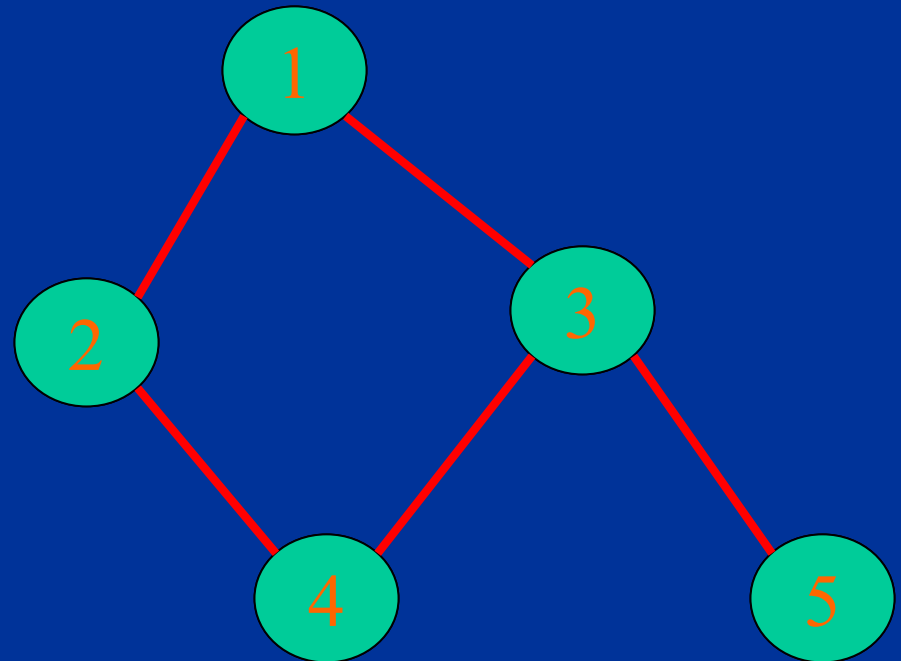
- Podemos clasificar los modelos gráficos probabilistas en 3 dimensiones principales:
 - Dirigidos vs. No-dirigidos
 - Estáticos vs. Dinámicos
 - Probabilista vs. Decisiones

Modelos Gráficos Probabilistas

- Dirigido

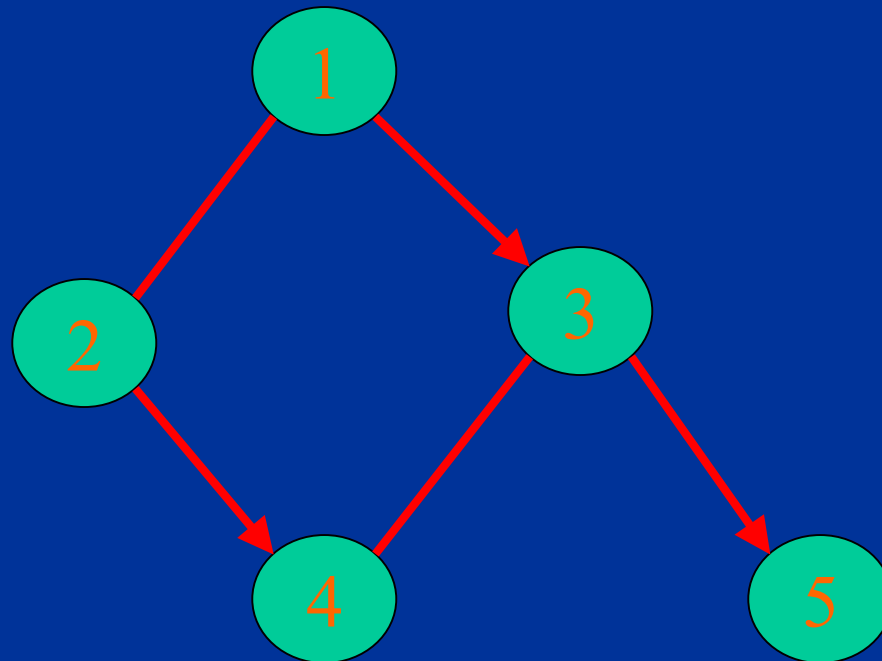


- No-dirigido



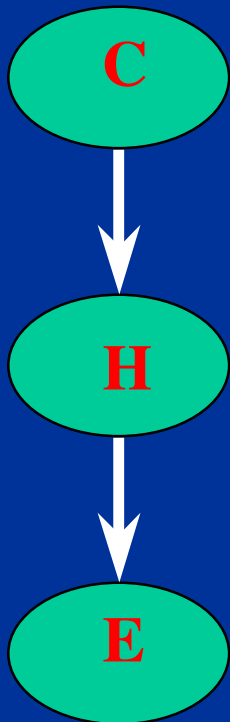
Modelos Gráficos Probabilistas

- Híbrido (grafos de cadenas)

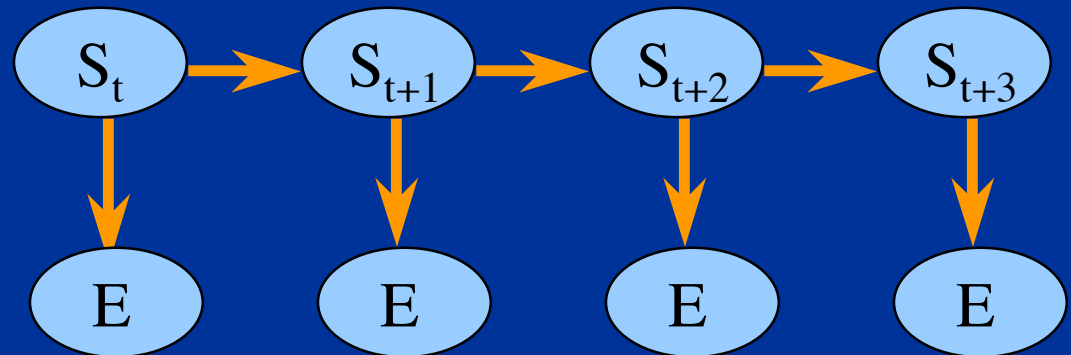


Modelos Gráficos Probabilistas

- Estático



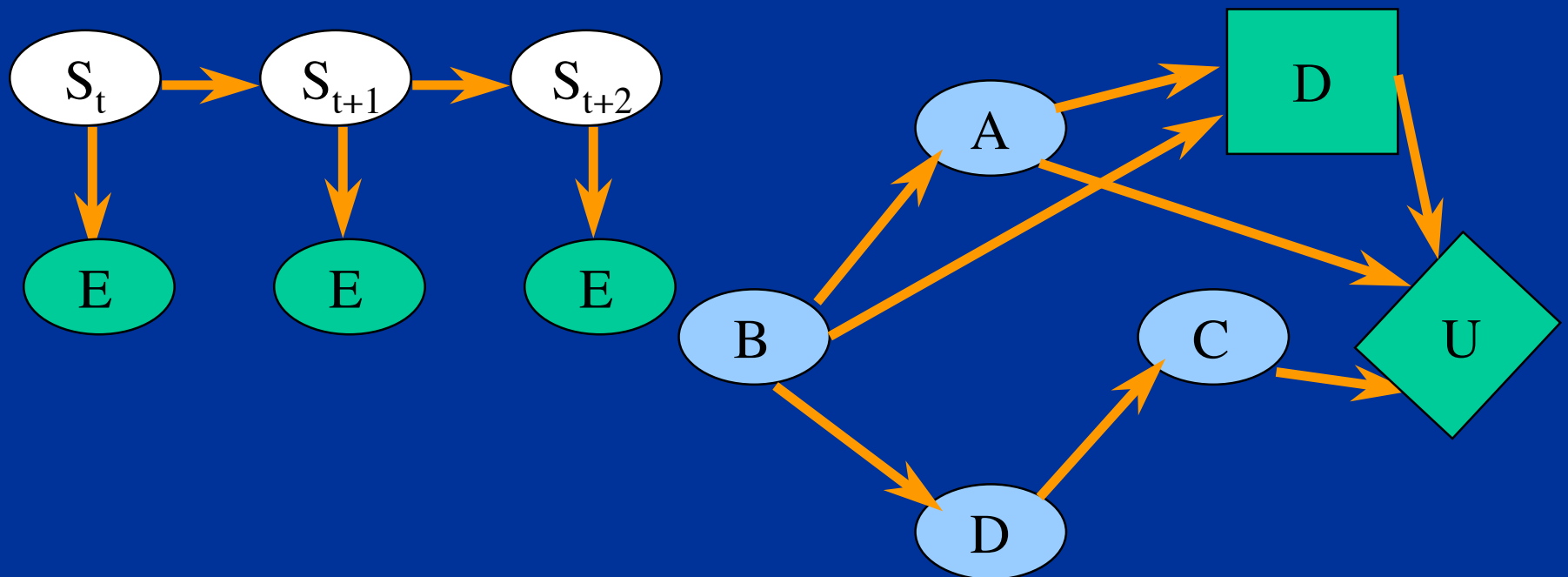
- Dinámico



Modelos Gráficos Probabilistas

- Probabilista

- Decisiones



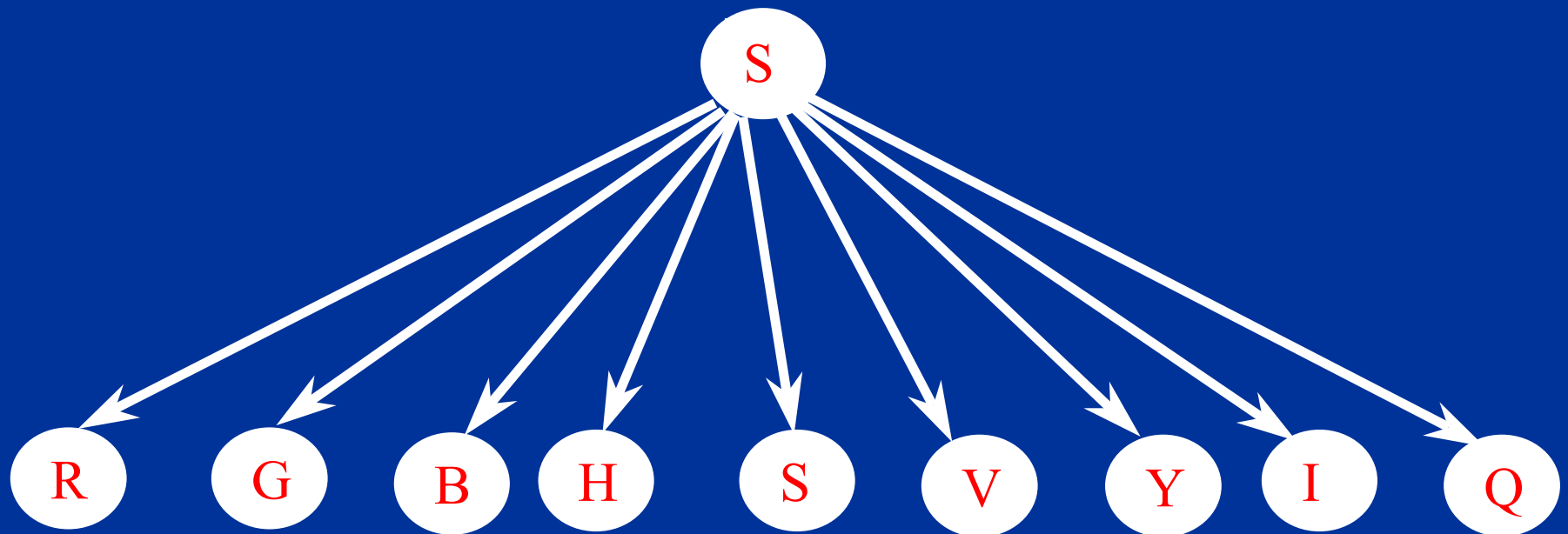
Modelos Gráficos Probabilistas

Modelo	D/N	E/D	P/D
Clasificador bayesiano	D/N	S	P
Cadenas ocultas de Markov	D	D	P
Campos / Redes de Markov	N	S	P
Redes bayesianas	D	S	P
Redes bayesianas dinámicas	D	D	P
Filtros de Kalman	D	D	P
Redes de Decisión	D	S	D
Procesos de decisión de Markov	D	D	D
MDPs parcialmente observables	D	D	D

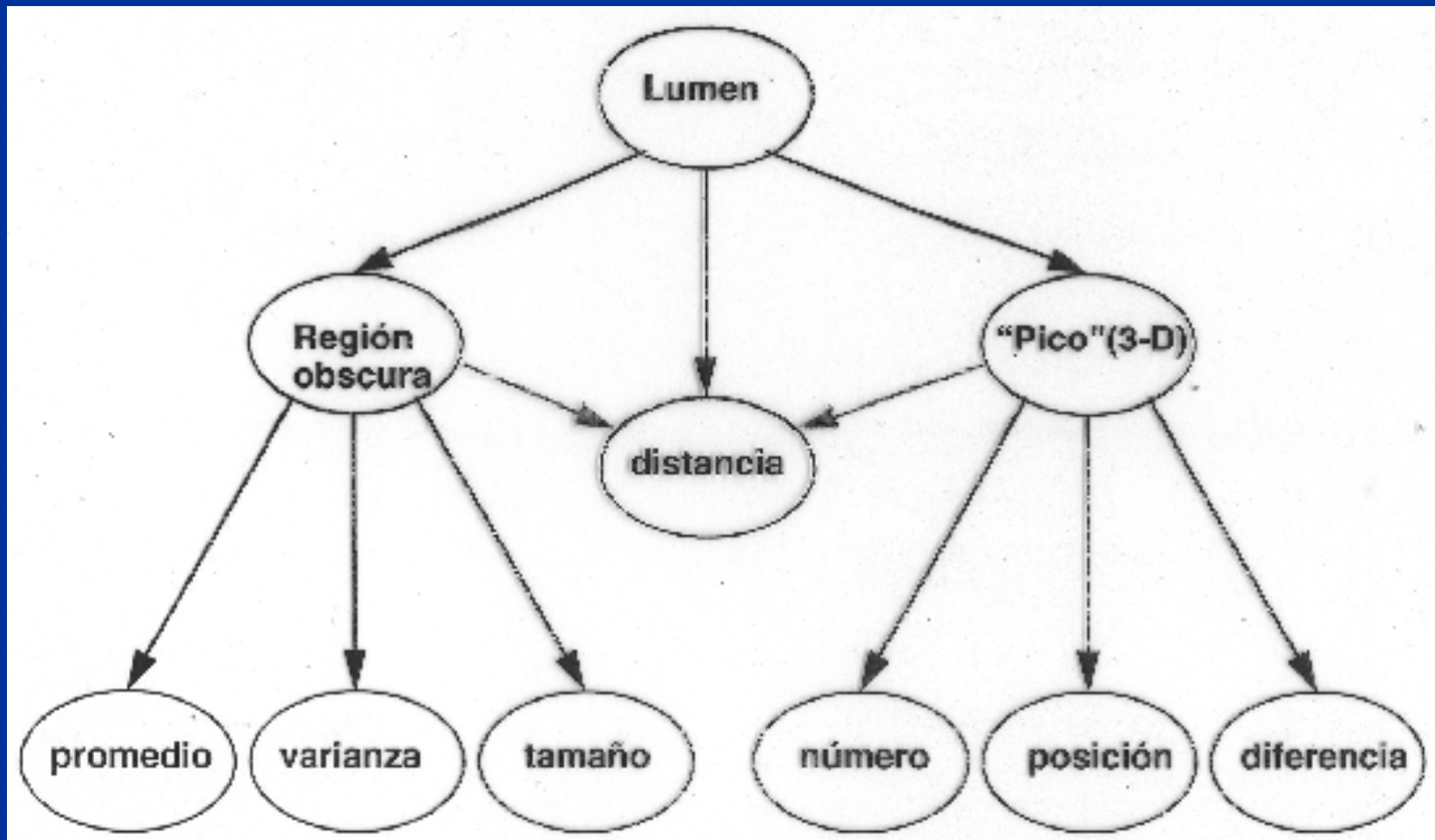
Aplicaciones

- Existen actualmente muchas aplicaciones de PGMs, como:
 - Reconocimiento de voz y ademanes
 - Diagnóstico industrial
 - Modelado del estudiante
 - Navegación robótica
 - Validación de sensores
 - Recuperación de información
 - ...

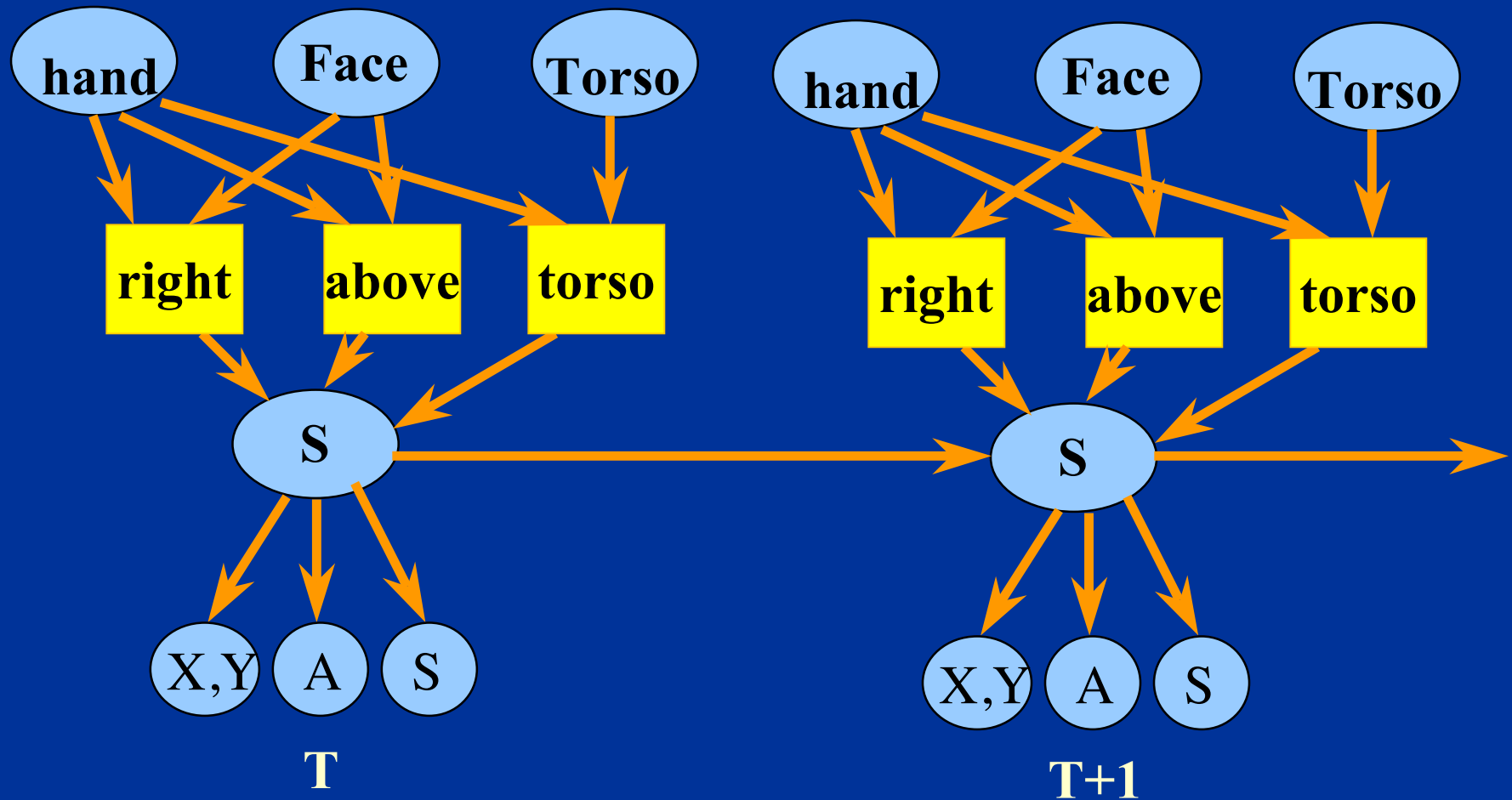
Clasificación de piel en imágenes



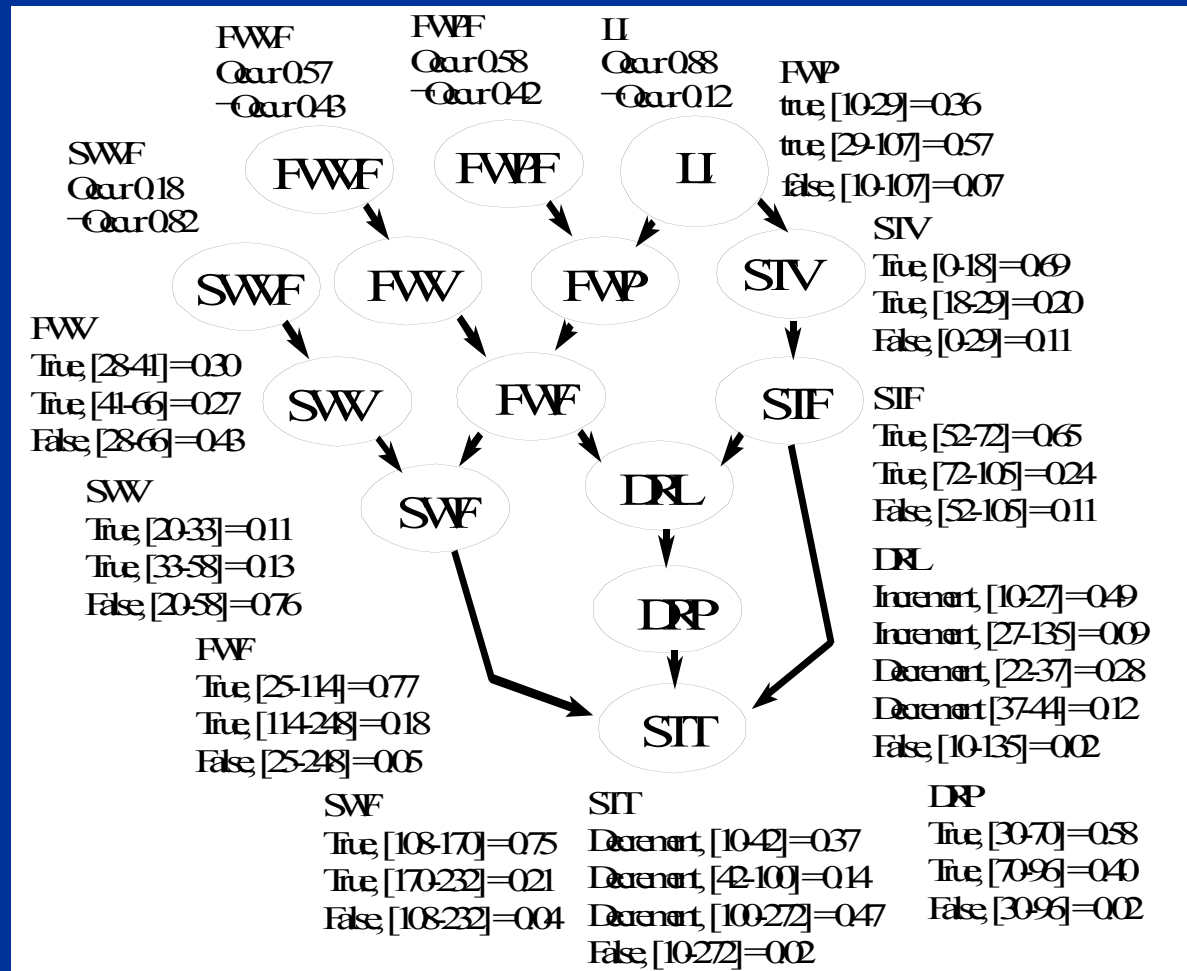
Medicina - endoscopía



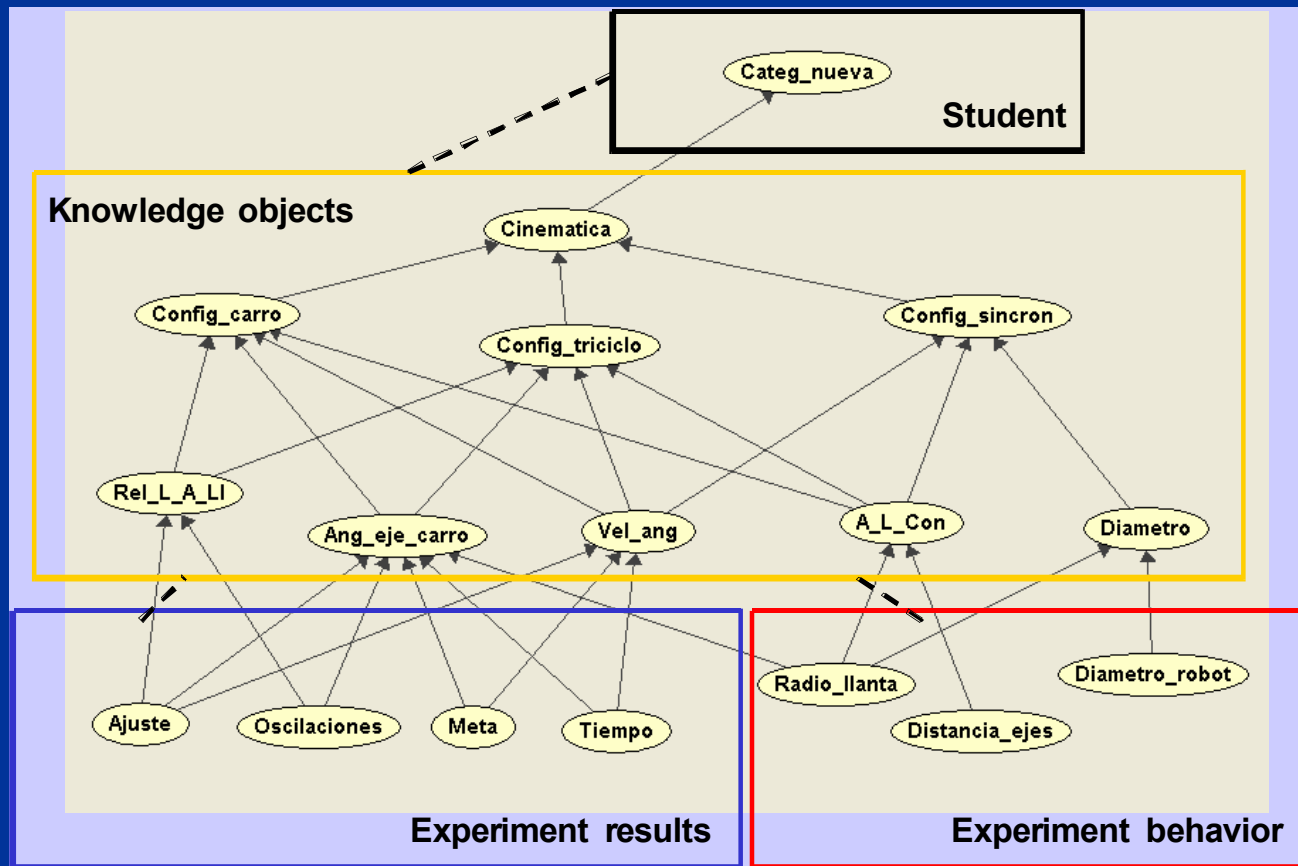
Reconocimiento de ademanes



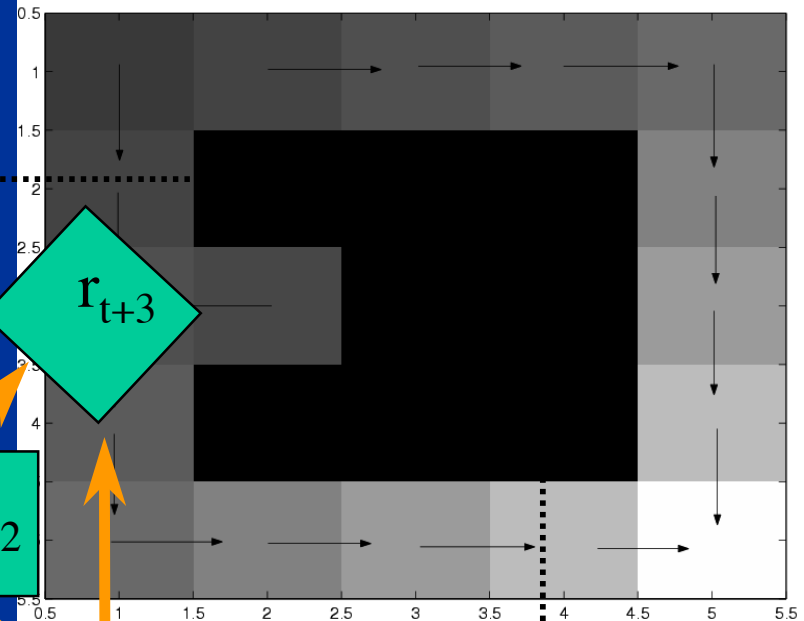
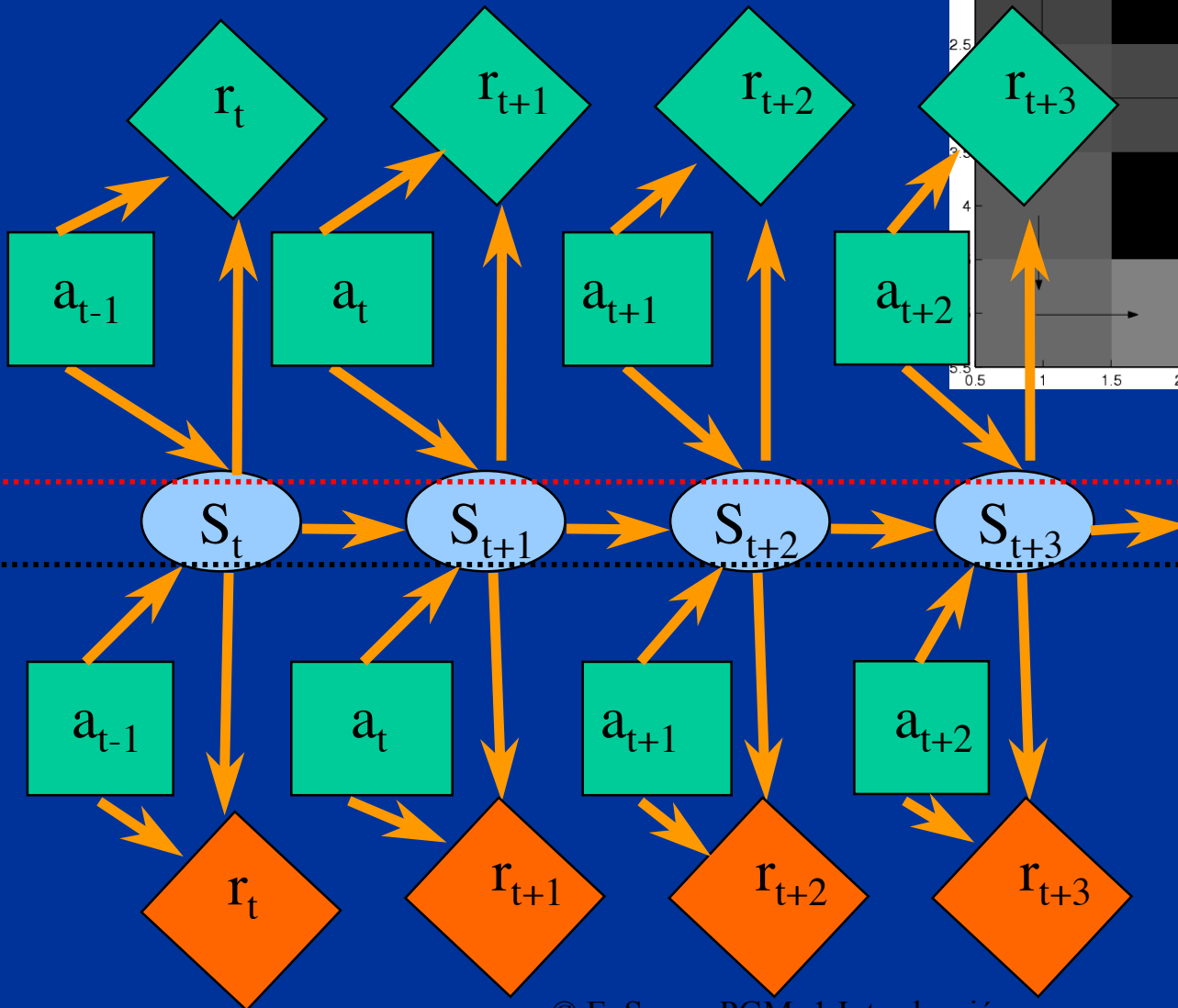
Diagnóstico industrial



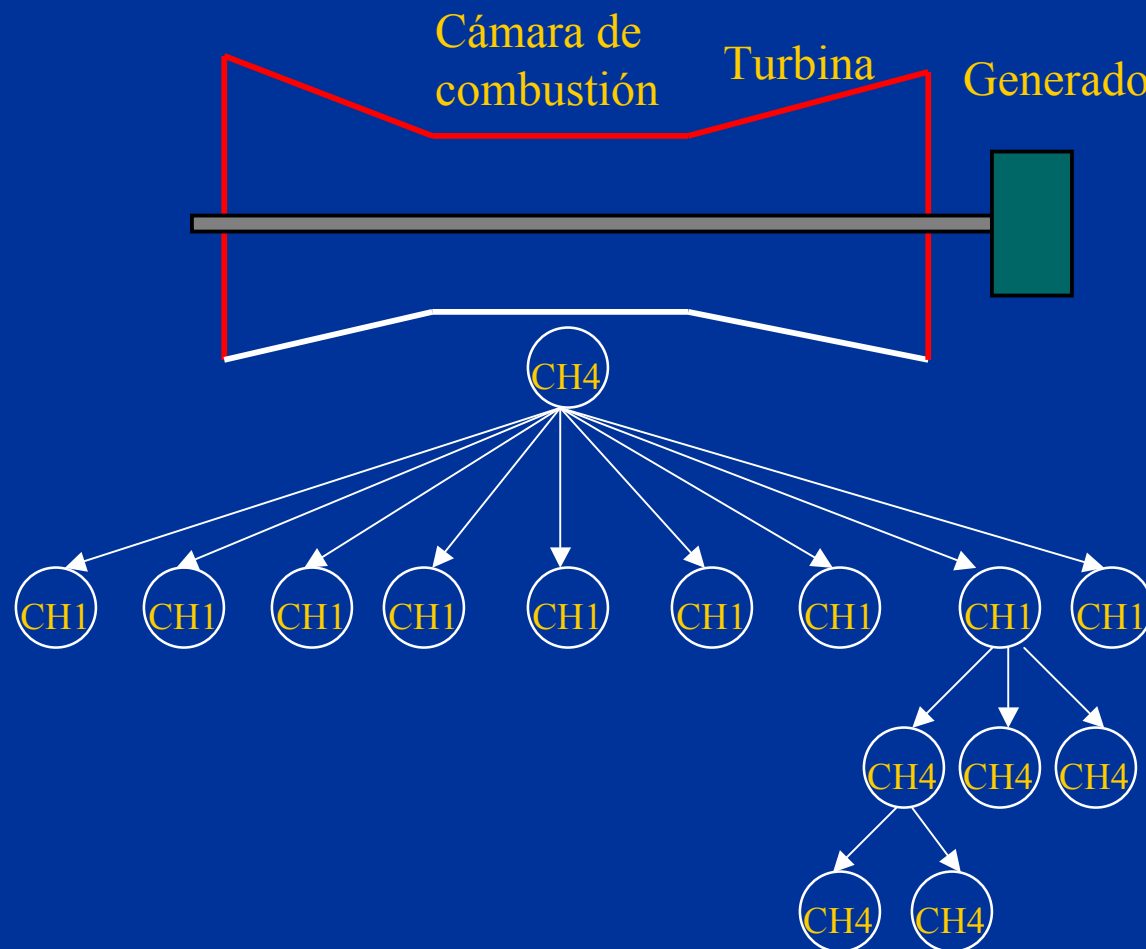
Modelado del estudiante



Navegación robótica



Validación de sensores

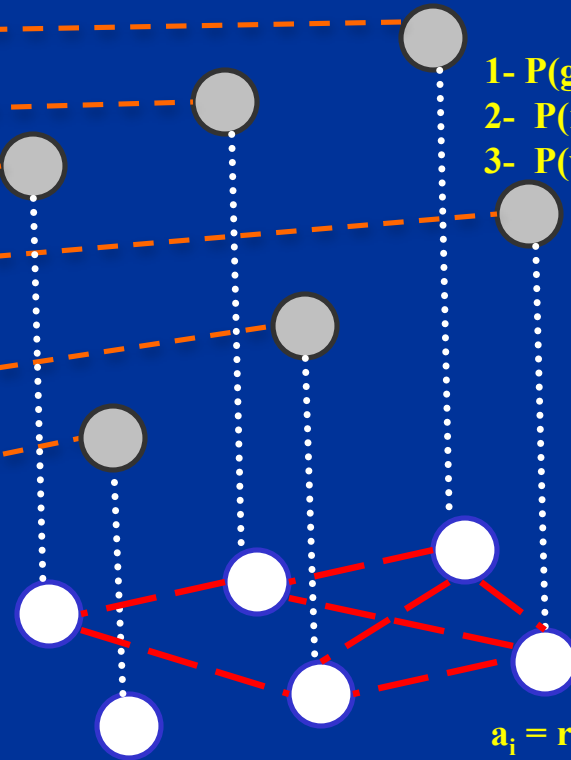


Anotación de Imágenes



1- $P(\text{rock})=0.542$
2- $P(\text{wall})=0.434$
3- $P(\text{sunset})=0.412$

1- $P(\text{group})=0.325$
2- $P(\text{man})=0.321$
3- $P(\text{woman})=0.3$



$a_i = \text{rock}$
 $a_i = \text{wall}$
 $a_i = \text{sunset}$

Referencias

- Ng & Abramson, “Uncertainty Management in Expert Systems”, IEEE Expert, Abril 1990.
- [Russell y Norvig] Cap. 14
- [Pearl] Cap.1
- [Koller & Friedman] Cap. 1

Actividades

- Leer artículo sobre manejo de incertidumbre en sistemas expertos (en la página)