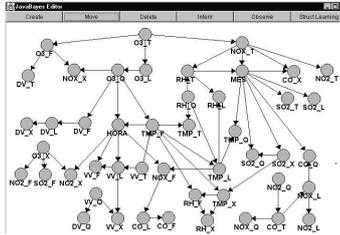


## Razonamiento con Incertidumbre



L. Enrique Sucar  
ITESM Campus Cuernavaca

---

---

---

---

---

---

---

---

## Información General

- Página del curso:  
<http://dns1.mor.itesm.mx/~esucar/incertidumbre.html>
- Correo para tareas y proyectos:  
[esucar.mor@servicios.itesm.mx](mailto:esucar.mor@servicios.itesm.mx)
- Correo para asesoría:  
[esucar@itesm.mx](mailto:esucar@itesm.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, E. Sucar: 1 Introducción

5

---

---

---

---

---

---

---

## 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, E. Sucar: 1 Introducción

6

---

---

---

---

---

---

---

## Incertidumbre

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



Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

7

---

---

---

---

---

---

---

---

## Causas de Incertidumbre

**Existen varias causas de incertidumbre que tienen que ver con la información, el conocimiento y la representación.**

Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

8

---

---

---

---

---

---

---

---

## Información

- Incompleta
- Poco confiable
- Ruido, distorsión

Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

9

---

---

---

---

---

---

---

---

**Conocimiento**

- Impreciso
- Contradictorio

Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción 10

---

---

---

---

---

---

---

---

**Representación**

- No adecuada
- Falta de poder descriptivo

Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción 11

---

---

---

---

---

---

---

---

**Ejemplos de dominios con incertidumbre**

- Diagnóstico médico
- Predicción financiera
- Exploración minera / petrolera
- Interpretación de imágenes (visión)
- Reconocimiento de voz
- Monitoreo / control de procesos industriales
- Robótica

Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción 12

---

---

---

---

---

---

---

---

### **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:**

- 1. Modular**
- 2. 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
  - Cadenas de Markov (ocultas)
  - Campos de Markov
  - Redes bayesianas
  - Redes de decisión
  - Procesos de decisión de Markov
- Alternativas
  - \* Empíricas (MYCIN, Prospector)
  - \* Lógica difusa
  - \* Teoría de Dempster-Shafer
  - Lógicas probabilistas

Incertidumbre, E. Suárez: 1 Introducción

19

---

---

---

---

---

---

---

---

### 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**

Incertidumbre, E. Suárez: 1 Introducción

20

---

---

---

---

---

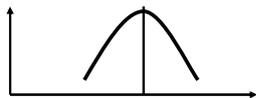
---

---

---

### 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?

Incertidumbre, E. Suárez: 1 Introducción

21

---

---

---

---

---

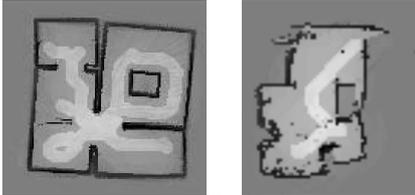
---

---

---

## Técnicas

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



incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

22

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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

incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

23

---

---

---

---

---

---

---

---

## 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*
  - Extender expresividad (modelos de 1er orden)

incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

24

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modelos Gráficos Probabilistas

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

Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

25

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modelos Gráficos Probabilistas

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

Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

26

---

---

---

---

---

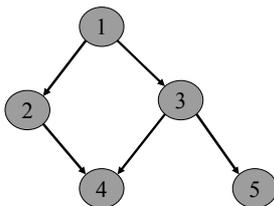
---

---

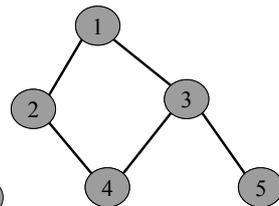
---

## Modelos Gráficos Probabilistas

- Dirigido



- No-dirigido



Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

27

---

---

---

---

---

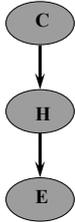
---

---

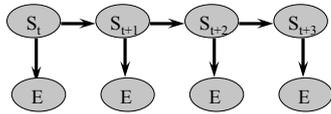
---

## Modelos Gráficos Probabilistas

• Estático



• Dinámico



Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

28

---

---

---

---

---

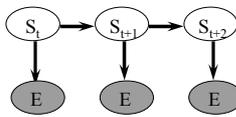
---

---

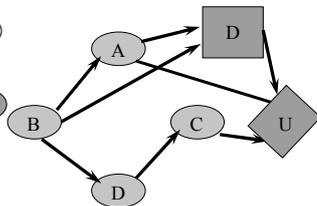
---

## Modelos Gráficos Probabilistas

• Probabilista



• Decisiones



Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

29

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modelos Gráficos Probabilistas

Modelo	D/N	S/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
POMDPs	D	D	D

Incertidumbre, E. Sucar: 1 Introducción

30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Referencias

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

---

---

---

---

---

---

---

---