

# Redes Bayesianas

Juliana Nataly Quintanilla-María Isabel Chuya

## Chapter 1

## Redes Bayesianas

### 1.1 Introducción

Las redes bayesianas modelan un fenómeno mediante un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellas. Dado este modelo, se puede hacer inferencia bayesiana; es decir, estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas, en base a las variables conocidas. Estos modelos pueden tener diversas aplicaciones, para clasificación, predicción, diagnóstico, etc.

Además, pueden dar información interesante en cuanto a cómo se relacionan las variables del dominio, las cuales pueden ser interpretadas en ocasiones como relaciones de causa-efecto. Inicialmente, estos modelos eran contruidos a mano basados en un conocimiento experto, pero en los últimos años se han desarrollado diversas técnicas para aprender a partir de datos, tanto la estructura como los parámetros asociados al modelo. También es posible el combinar conocimiento experto con los datos para aprender el modelo.

### 1.2 Redes bayesianas

Las redes bayesianas son una representación gráfica de dependencias para razonamiento probabilístico, en la cual los nodos representan variables aleatorias y los arcos representan relaciones de dependencia directa entre las variables. La Figura 1.1 muestra un ejemplo hipotético de una red bayesiana (RB) que representa cierto conocimiento sobre medicina. En este caso, los nodos representan enfermedades, síntomas y factores que causan algunas enfermedades. La variable a la que apunta un arco es dependiente de la que está en el origen de éste, por ejemplo fiebre depende de tifoidea y gripe en la red de la Figura 1.1. La topología o estructura de la red nos da información sobre las dependencias probabilísticas entre las variables

$$P(R|C, T, G, F, D) = P(R|T)$$

Esto se representa graficamente por el nodo T separando al nodo R del resto de las variables.

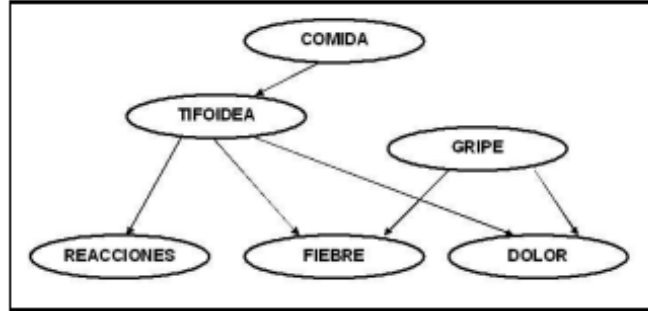


Figure 1: *Figure 1.1: Ejemplo de una red bayesiana. Los nodos representan variables aleatorias y los arcos relaciones de dependencia.*

En una RB todas la relaciones de independencia condicional representadas en el grafo corresponden a relaciones de independencia en la distribución de probabilidad. Dichas independencias simplifican la representación del conocimiento (menos parámetros) y el razonamiento (propagación de las probabilidades). Una red bayesiana representa en forma gráfica las dependencias e independencias entre variables aleatorias, en particular las independencias condicionales. Lo anterior se representa con la siguiente notación, para el caso de X independiente de Y dado Z:

- Independencia en la distribución:  $P(X|Y,Z) = P(X|Z)$ .
- Independencia en el grafo:  $I < X | Z | Y >$ .

### 1.2.1 Inferencia

El razonamiento probabilístico o propagación de probabilidades consiste en propagar los efectos de la evidencia a través de la red para conocer la probabilidad a posteriori de las variables. Es decir, se le dan valores a ciertas variables (evidencia), y se obtiene la probabilidad posterior de las demás variables dadas las variables conocidas (el conjunto de variables conocidas puede ser vacío, en este caso se obtienen las probabilidades a priori).

Existen diferentes tipos de algoritmos para calcular las probabilidades posteriores, que dependen del tipo de grafo y de si obtienen la probabilidad de una variable a la vez o de todas. Los principales tipos de algoritmos de inferencia son:

1. Una variable, cualquier estructura: algoritmo de eliminación (variable elimination).

2. Cualquier variable, estructuras sencillamente conectadas: algoritmo de propagación de Pearl.
3. Cualquier variable, cualquier estructura: (i) agrupamiento (junction tree), (ii) simulación estocástica, y (iii) condicionamiento.

A continuación, veremos el algoritmo de propagación en árboles y poliarboles, que se ilustran en la Figura 1.3; y después el de agrupamiento o árbol de uniones.

## Conceptos básicos

Previo a la explicar de que se trata las redes bayesianas es necesario contemplar los siguientes conceptos de teoría de grafos y teoría de la probabilidad.

**Arco:** Es un par ordenado  $(X, Y)$ .

- El un arco  $(X, Y)$  se indica mediante una flecha de  $X$  a  $Y$ .

**Grafo dirigido:** Es un par  $G = (N, A)$  donde  $N$  es un conjunto de nodos y  $A$  un conjunto de arcos definidos sobre los nodos.

**Grafo no dirigido:** Es un par  $G = (N, A)$  donde  $N$  es un conjunto de nodos y  $A$  un conjunto de arcos no orientados (es decir, pares no ordenados  $(X, Y)$ ) definidos sobre los nodos.

**Camino:** Es una secuencia ordenada de nodos  $(X_1, \dots, X_r)$  tal que  $j = 1, \dots, r-1$ .

**Ciclo:** Es un camino no dirigido que empieza y termina en el mismo nodo  $X$ .

**Grafo acíclico:** Es un grafo que no contiene ciclos.

**Padre:**  $X$  es un *padre* de  $Y$  si y sólo si existe un arco  $X \rightarrow Y$ . Se dice también que  $Y$  es hijo de  $X$ .

**Antepasado o ascendiente.**  $X$  es un *antepasado* o ascendiente de  $Z$  si y sólo si existe un camino dirigido de  $X$  a  $Z$ .

**Conjunto ancestral de un nodo  $X$ :** Es un conjunto que contiene a  $X$  y a todos sus antepasados.

**Descendiente:**  $Z$  es un *descendiente* de  $X$  si y sólo si  $X$  es un antepasado de  $Z$ .

- Al conjunto de los descendientes de  $X$  se denotará por  $de(X)$ .

**Variable proposicional:** Es una variable aleatoria que toma un conjunto exhaustivo y excluyente de valores.

**Los nodos de una red bayesiana:** Deben ser variables proposicionales (toman un conjunto exhaustivo y excluyente de valores).

## Definición Redes Bayesianas

Una red bayesiana es una representación gráfica de dependencias para razonamiento probabilístico, donde los nodos representan variables aleatorias y los círculos representan dependencias directas entre variables.

**Por lo tanto, una red bayesiana es:**

- Un conjunto de variables proposicionales,  $V$ .
- Un conjunto de relaciones binarias definida sobre las variables de  $V$ ,  $E$ .
- Una distribución de probabilidad conjunta sobre las variables de  $V$ .

Basado en esta idea, las redes bayesianas (o redes de creencias) son una forma práctica y compacta de representar el conocimiento difuso.

- Una red bayesiana es un gráfico dirigido acíclico que consta de:
  1. Un conjunto de nodos, uno por cada variable aleatoria “en el mundo”.
  2. Un conjunto de arcos dirigidos que conectan nodos; si hay un arco de  $X$  a  $Y$ , decimos que  $X$  es padre de  $Y$  ( $\text{padre}(X)$  significa el conjunto de v.a.s que son padres de  $X$ ).
  3. Cada nodo  $X_i$  contiene una distribución de probabilidad condicional  $P(X_i|\text{parents}(X_i))$ .
  4. Intuitivamente, el arco entre  $X$  e  $Y$  representa una red bayesiana con efecto directo de  $X$  sobre  $Y$ .
  5. Determinar las dependencias inmediatas (es decir, la topología de la red) es tarea del experto en el dominio.

**Las Redes Bayesianas constan de:**

La parte cualitativa describe las relaciones entre las diferentes variables.

La parte cuantitativa de la fuerza de estas relaciones se describe utilizando probabilidades condicionales.

## Ejemplo

### Red Bayesiana (Russell y Norvig)

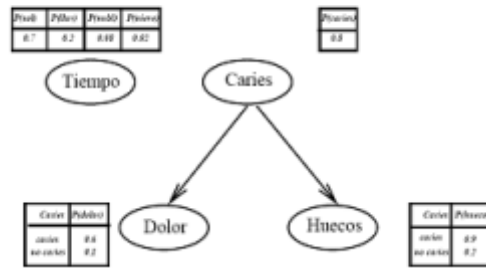
#### Descripción

- La caries dental es la causa directa del dolor y las caries
- Considerando que la caries, el dolor y el espacio son condicionalmente independientes
- El tiempo es independiente de otras variables.

---

Ejemplo de red bayesiana (Russell y Norvig)

---



- No es necesario indicar la probabilidad de caries, negación del dolor.

### Ejemplos de aplicaciones de RB en empresas:

#### Microsoft

- Answer Wizard (Office)
- Diagnóstico de problemas de usuario (Aladdin)
- Home Health en la red de Microsoft (MSN)

#### Intel

- Diagnóstico de fallos de procesadores

#### HP

- Diagnóstico de problemas de impresora

#### Nokia

- Diagnóstico de redes celulares

#### Nasa

- Sistema de ayuda a la decisión en misiones espaciales

### Referencias Bibliográficas

1

R. S. i. Solé, “Redes bayesianas”, *Uoc.edu*.

*Enlnea*

. Disponible en: [https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/138187/26/Data%20mining\\_M%C3%B3dulo%207\\_Redes%20bayesianas.pdf](https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/138187/26/Data%20mining_M%C3%B3dulo%207_Redes%20bayesianas.pdf).

*Consultado : 19 – may – 2023*

2

5

J. L. Ruiz Reina, “Tema 8: Introducción a las Redes Bayesianas”, *Cs.us.es*.

*Enlnea*

. Disponible en: <https://www.cs.us.es/cursos/ia2-2005/temas/tema-08.pdf>.

*Consultado* : 19 – may – 2023

.

3

“Redes Bayesianas”, *Ull.es*.

*Enlnea*

. Disponible en: <https://fdoperez.webs.ull.es/doc/Conocimiento5.pdf>.

*Consultado* : 20 – may – 2023

4

L. R. B. no T. M. S. Q. P. I. C. de Dos variables y y. un A. D. la P. H. la segunda., “Ejemplo 1. La red bayesiana más simple”, *Uma.es*.

*Enlnea*

. Disponible en: <http://www.lcc.uma.es/~eva/aic/Redes%20Bayesianas.pdf>.

*Consultado* : 20 – may – 2023

.