

# Redes Bayesianas

**Créditos:** 3 ECTS

**Estructura:**

**Módulo:** Especialización

**Materia:** Técnicas Estadísticas Avanzadas

**Contenido:**

1. *Introducción:* independencia condicional probabilística, teoría de la información, grafos, causalidad, MCMC / muestreador de Gibbs, métodos básicos.
2. *Otros Modelos Gráficos Probabilísticos:* modelos ocultos de Markov, campos de Markov.
3. *Redes Bayesianas:*
  - a) Tipología y representación: categóricas - tablas, gaussianas - distribuciones de probabilidad condicional, mixtas.
  - b) Inferencia (Parte I): inferencia y propagación CPTs.
  - c) Inferencia (Parte II: Bayesiana): inferencia aproximada, inferencia en redes bayesianas gaussianas.
  - d) Aprendizaje: pesos, arquitectura.
  - e) Propagación de evidencia.
  - f) Extensiones y aplicaciones: categorización, redes bayesianas dinámicas - procesos gaussianos, redes bayesianas profundas, modelado causal, aprendizaje por refuerzo causal, ejemplos en casos de uso.
4. *Grafos en Toma de Decisiones:* diagramas de influencia, redes de decisión, procesos de decisión de Markov, alternativas y extensiones.

**Resultados del aprendizaje:**

- Capacidad para representar, mediante redes bayesianas, la estructura de dependencia de una colección de variables aleatorias.
- Manejo de situaciones de incertidumbre con redes bayesianas, extrayendo las correspondientes conclusiones.
- Aprendizaje automático de la estructura y/o parámetros de una red bayesiana a partir de una base de datos.
- Conocimiento avanzado del software adecuado para los apartados anteriores, en particular el comercial HUGIN y el libre R con los paquetes correspondientes.
- Identificación de problemas en que sean de aplicación los modelos gráficos probabilísticos.
- Elaboración de resultados comparativos de los modelos gráficos probabilísticos respecto de otras técnicas.

## **Competencias:**

### **BÁSICAS Y GENERALES**

CG1 - Aprender a aplicar los conocimientos adquiridos y a explotar su potencial para la resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) en el tratamiento estadístico-computacional de la información.

CG2 - Elaborar adecuadamente y con originalidad argumentos motivados y proyectos de trabajo, redactar planes, así como formular hipótesis y conjeturas razonables en su área de especialización.

CG3 - Integrar los conocimientos adecuados y enfrentarse a la complejidad de emitir juicios en función de criterios, de normas externas o de reflexiones personales justificadas.

CG4 - Comunicar y presentar públicamente ideas, procedimientos o informes de investigación, así como asesorar a personas u organizaciones en el tratamiento estadístico-computacional de la información. La presentación de estas ideas debe transmitir de forma clara y precisa las conclusiones de forma que sean entendidas tanto por el especialista como por el profano en temas estadístico-computacionales.

CG5 - Comprender y utilizar el lenguaje y las herramientas matemáticas para modelizar y resolver problemas complejos, reconociendo y valorando las situaciones y problemas susceptibles de ser tratados matemáticamente.

CG6 - Conocer los modelos, métodos y técnicas relevantes en distintas áreas de aplicación de la Estadística matemática participando en la creación de nuevas tecnologías que contribuyan al desarrollo de la Sociedad de la Información.

CG7 - Saber abstraer en un modelo matemático las propiedades y características esenciales de un problema real reconociendo su rango de aplicabilidad y limitaciones.

### **TRANSVERSALES**

CT1 - Saber aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y poseer las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y en la resolución de problemas y estudio de casos. Esto implica, más concretamente: Integrar creativamente conocimientos y aplicarlos a la resolución de problemas complejos, perseguir objetivos de calidad en el desarrollo de su actividad profesional, adquirir capacidad para la toma de decisiones y de dirección de recursos humanos, ser capaz de mostrar creatividad, iniciativa y espíritu emprendedor para afrontar los retos de su actividad, valorar la importancia de los métodos estadístico-computacionales en el contexto industrial, económico, administrativo, medio ambiental y social.

CT2 - Tener la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole científica, tecnológica y empresarial. Demostrar razonamiento crítico y gestionar información científica y técnica de calidad, bibliografía, bases de datos especializadas y recursos accesibles a través de Internet.

## ESPECÍFICAS

CE1 - Adquisición de una formación sólida y rigurosa en temas avanzados de Estadística, Matemática computacional. Modelos estocásticos y Metodología de la toma de Decisiones aplicadas al tratamiento de la Información.

CE2 - Capacidad para planificar la resolución de un problema en función de las herramientas de que se disponga y, en su caso, de las restricciones de tiempo y recursos.

CE3 - Capacidad para utilizar aplicaciones informáticas estadísticas, de cálculo numérico y simbólico, visualización gráfica, optimización u otras para resolver problemas con un elevado grado de complejidad.

CE4 - Desarrollar habilidades de aprendizaje en Estadística Computacional y Matemáticas, así como en sus respectivas aplicaciones, que permitan al alumno continuar estudiando y profundizando en la materia de modo autónomo, así como el desarrollo profesional con un alto grado de independencia.

CE5 - Resolver problemas y casos reales planteados en el tratamiento estadístico- computacional de la información generada en los ámbitos de la ciencia, la tecnología y la sociedad mediante habilidades de modelización matemática, estimación y computación.

CE6 - Desarrollar programas que resuelvan problemas matemáticos utilizando para cada caso el entorno computacional adecuado.

CE7 - Capacidad de utilización de herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos así como manejo, gestión y análisis de grandes bases de datos.

### **Bibliografía:**

COBB, B.R., RUMÍ, R. & SALMERÓN, A. (2007). Bayesian networks models with discrete and continuous variables. En *Advances in Probabilistic Graphical Models, Studies in Fuzziness and Soft Computing* (pp. 81-102). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

COWELL, R.G. et al. (2007). *Probabilistic Networks and Expert Systems*. New York, NY: Springer-Verlag.

KOLLER, D. & FRIEDMAN, N. (2009). *Probabilistic Graphical Models*. Cambridge, MA: The MIT Press.

KORB, K. & NICHOLSON, A. (2004). *Bayesian Artificial Intelligence*. Boca Ratón, FL: Chapman & Hall.

LAURITZEN, S.L. & JENSEN, F. (2001). Stable local computation with conditional gaussian distributions. *Statistics and Computing*, 11(2): 191-203.

LIU, H., LAFFERTY, J. & WASSERMAN, L. (2009). The nonparanormal: Semiparametric estimation of high dimensional undirected graphs. *Journal of Machine Learning Research* 10(10): 2295-2328.

NEAPOLITAN, R. (2003). *Learning Bayesian Networks*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

NIELSEN, T. & JENSEN, F. (2010). *Bayesian Networks and Decision Graphs*. New York, NY: Springer-Verlag.

PEARL, J. (1988). *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems*. San Mateo, CA: Elsevier.

TSAMARDINOS, I., BROWN, LE. & ALIFERIS, CF. (2006). The max-min hill-climbing bayesian network structure learning algorithm. *Machine Learning*, 65(1): 31-78.

### **Bibliografía complementaria R y Py:**

SCUTARI, M. & DENIS, J.B. (2015). *Bayesian Networks: with Examples in R*. Boca Ratón, FL: Chapman & Hall.

ZHAO, T., LIU, H., ROEDER, K., LAFFERTY, J. & WASSERMAN, L. (2012). The huge package for high-dimensional undirected graph estimation in R. *The Journal of Machine Learning Research*, 13(1): 1059-1062.

### **Software:**

R con Rstudio y las librerías: *bnlearn*, *dbnR*, *BayesianNetwork*, *BayesianNetBP*, *Compare Causal Network*, *asbio*, *huge*.

Py con jupyter: *pymc3*, *pyro*, *tensorflow*.

GeNIe.

IBM SPSS Modeler.

### **Metodología docente:**

Método expositivo.

Estudio de casos.

Prácticas de ordenador.

### **Evaluación:**

Entrega de trabajos: 70%

Examen teórico-práctico: 20%

Asistencia y participación activa: 10%

### **Profesorado:**

Nombre: Jorge González Ortega

Despacho: 309 E

Facultad de Matemáticas

Correo electrónico: [jgortega@ucm.es](mailto:jgortega@ucm.es)

Nombre: Gabriel Valverde Castilla

Despacho: 303 H

Facultad de Matemáticas

Correo electrónico: [gvalverd@ucm.es](mailto:gvalverd@ucm.es)