



Guía docente de la asignatura

| | | | |
|--|---|----------------------|-------|
| Asignatura | RAZONAMIENTO TEMPORAL EN ENTORNOS CON INCERTIDUMBRE | | |
| Materia | SISTEMAS INTELIGENTES Y BASADOS EN CONOCIMIENTO | | |
| Módulo | | | |
| Titulación | MÁSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA | | |
| Plan | 510 | Código | 53177 |
| Periodo de impartición | S2 | Tipo/Carácter | OP |
| Nivel/Ciclo | MÁSTER | Curso | 1 |
| Créditos ECTS | 3 | | |
| Lengua en que se imparte | ESPAÑOL | | |
| Profesor/es responsable/s | CARLOS J. ALONSO GONZÁLEZ, BELARMINO PULIDO JUNQUERA | | |
| Datos de contacto (E-mail, teléfono...) | calonso@infor.uva.es 983 185602; belar@infor.uva.es 983 185606 | | |
| Horario de tutorías | Véase www.uva.es → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática → Tutorías | | |
| Departamento | INFORMATICA (ATC, CCIA, LSI) | | |



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

La asignatura Razonamiento Temporal en entornos con Incertidumbre se asienta sobre los conocimientos y las destrezas que se presentan en la asignatura obligatoria Métodos Avanzados de Razonamiento y Representación del Conocimiento. La asignatura introduce dos elementos importantes para la aplicación de los métodos bayesianos a problemas reales complejos. Por una parte, presenta los métodos y técnicas para el aprendizaje efectivo de estos modelos a partir de datos. Por otra parte, introduce los métodos de representación e inferencia para el desarrollo de agentes inteligentes que actúan en entornos dinámicos con incertidumbre. Finalmente, la asignatura presenta ejemplos de aplicación de estos métodos a tareas del mundo real: toma de decisión, diagnosis, prognosis, etc.

Su objetivo es proporcionar al alumno las competencias necesarias para el desarrollo de agentes basados en conocimiento capaces de interactuar con un entorno complejo, que puede ser dinámico y estar afectado de incertidumbre.

La asignatura es optativa de segundo cuatrimestre, impartándose sus 3 ECTS en la segunda parte del cuatrimestre (entre las semanas 8 y 15 de docencia).

1.2 Relación con otras materias

La asignatura desarrolla los elementos de la materia Sistemas Inteligentes y Basados en Conocimiento necesarios para el desarrollo de sistemas inteligentes que interactúan con su entorno, así como los métodos de aprendizaje de estos modelos.

Asume que el alumno ha cursado la asignatura obligatoria Métodos Avanzados de Razonamiento y Representación del conocimiento y que por tanto conoce en profundidad los métodos de representación e inferencia en entornos inciertos estáticos. La asignatura complementa la oferta de asignaturas optativas de la materia, en particular la signatura Métodos Avanzados de Aprendizaje y Minería de datos, pues los métodos bayesianos son centrales a la minería de datos moderna. Enlaza con la asignatura Diseño Físico de Grandes Almacenes de Datos Orientados a la Representación del Conocimiento, proporcionando los métodos para convertir en conocimiento útil para un agente grandes cantidades de información. Complementa la asignatura Web Semántica y Extracción de Información, al ofrecer herramientas probabilísticas para estas tareas. También se relaciona con otras materias, como Ingeniería de Servicios y Sistemas Interactivos, que utilizan herramientas como Redes Bayesianas y Modelos Ocultos de Markov.

1.3 Prerrequisitos

Se recomienda que el alumno haya cursado la asignatura obligatoria Métodos Avanzados de Razonamiento y Representación del Conocimiento, asignatura obligatoria de la materia Sistemas Inteligentes y Basados en Conocimiento de este mismo Máster. En su defecto, es necesario que el alumno conozca los principios básicos de las Redes Bayesianas para la representación y el razonamiento.

2. Competencias

2.1 Generales

| Código | Descripción |
|--------|---|
| CG1 | Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería informática. |
| CG3 | Capacidad para dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares. |
| CG4 | Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería en Informática. |
| CG7 | Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos informáticos, con garantía de la seguridad para las personas y bienes, la calidad final de los productos y su homologación. |
| CG8 | Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y de resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar estos conocimientos. |
| CG9 | Capacidad para comprender y aplicar la responsabilidad ética, la legislación y la deontología profesional de la actividad de la profesión de Ingeniero en Informática. |

2.2 Específicas

| Código | COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Descripción |
|--------|---|
| CET5 | Capacidad para analizar las necesidades de información que se plantean en un entorno y llevar a cabo en todas sus etapas el proceso de construcción de un sistema de información. |
| CET9 | Capacidad para aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar, diseñar y desarrollar aplicaciones, servicios, sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento. |



3. Objetivos

| Código | Descripción |
|---------|--|
| SI-BC 1 | Conocer las necesidades de representación del conocimiento y razonamiento para proporcionar a un agente la suficiente información sobre su entorno para llegar a conclusiones y realizar acciones sobre el mismo. |
| SI-BC 2 | Comprender los métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial que permiten a un agente i) representar el conocimiento sobre su entorno, ii) realizar inferencias a partir de la evidencia y iii) tomar decisiones a partir de las conclusiones obtenidas y las "intenciones" del agente. |
| SI-BC 3 | Ser capaz de aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar y diseñar sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento capaces de abordar los tres aspectos mencionados en el párrafo anterior. |
| SI-BC 4 | Ser capaz de desarrollar sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento con distintos fines (toma de decisión, diagnosis, prognosis u otras tareas que demanden inteligencia). |





4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

| ACTIVIDADES PRESENCIALES | HORAS | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES | HORAS |
|---|-----------|---------------------------------------|-----------|
| Clases teórico-prácticas (T/M) | 15 | Estudio y trabajo autónomo individual | 30 |
| Clases prácticas de aula (A) | | Estudio y trabajo grupal dirigido | 15 |
| Laboratorios (L) | 8 | | |
| Prácticas externas, clínicas o de campo | | | |
| Seminarios (S) | 7 | | |
| Tutorías grupales (TG) | | | |
| Evaluación* | | | |
| Total presencial | 30 | Total no presencial | 45 |

* Evaluación: Se incluyen en las actividades de Laboratorio y Seminarios. No se ha contabilizado el tiempo presencial del examen oficial de la asignatura.



5. Bloques temáticos¹

Bloque 1: Aprendizaje Bayesiano

Carga de trabajo en créditos ECTS:

| |
|-----|
| 1.5 |
|-----|

a. Contextualización y justificación

El desarrollo de sistemas inteligentes y basados en conocimiento requiere la elaboración de un modelo. En el caso de los métodos gráficos probabilísticos, este modelo toma la forma de una red y un conjunto de parámetros. El modelo se puede elaborar manualmente, mediante técnicas de Ingeniería de Conocimiento, habitualmente a partir de la información proporcionada por un experto. Pero este proceso es costoso, propenso a errores y no siempre viable, pues requiere la existencia de un cuerpo de experiencia y la disponibilidad de los expertos en el dominio. La alternativa a estos métodos es aprender el modelo a partir de ejemplos representativos de la distribución que queremos modelar. Esta aproximación presenta varias ventajas sobre los métodos basados en Ingeniería de Conocimiento: es sistemática y se puede automatizar, no requiriendo la existencia de experiencia previa. Sin embargo, estos métodos pueden necesitar grandes cantidades de datos, habitualmente no disponibles para distribuciones multivariadas complejas. Surge, pues, la necesidad de analizar el objetivo del aprendizaje para reducir la familia de modelos que podemos aprender y la cantidad de datos necesarios para ello.

Esta unidad temática revisa los conceptos básicos del aprendizaje de Redes Bayesianas, desde el planteamiento genérico del problema a las particularizaciones del mismo atendiendo a diversos objetivos de aprendizaje. A continuación se estudia en detalle la aproximación más común y efectiva: suponer conocida la estructura de la red y limitar el problema al aprendizaje de sus parámetros a partir de datos. Para terminar se examina la problemática del aprendizaje de la estructura estudiando dos métodos básicos.

b. Objetivos de aprendizaje

SI-BC 3: Ser capaz de aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar y diseñar sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento capaces de abordar los tres aspectos mencionados en el párrafo anterior.

- Ser capaz de aplicar métodos de aprendizaje para el desarrollo de modelos gráficos probabilísticos de utilidad en el diseño de sistemas inteligentes y basados en conocimiento.

SI-BC 4: Ser capaz de desarrollar sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento con distintos fines (toma de decisión, diagnóstico, pronóstico u otras tareas que demanden inteligencia).

- Utilizar los métodos de aprendizaje en el desarrollo de sistemas inteligentes y basados en conocimiento.

c. Contenidos

1. Aprendizaje de modelos bayesianos: visión general.
2. Estimación de parámetros de una red.

¹ **Añada tantas páginas como bloques temáticos considere realizar.**



3. Aprendizaje de la estructura de una red.
4. Aplicaciones de aprendizaje de modelos bayesianos: selección de características en bioinformática, fusión de información de múltiples sensores.

d. Métodos docentes

Clase magistral para impartir los contenidos básicos de la materia.

Case magistral participativa para discutir los contenidos básicos de la asignatura.

Tutoría grupal para la resolución de cuestiones y problemas.

Laboratorios para la experimentación con las ideas básicas del bloque temático.

e. Plan de trabajo

Ver cronograma apartado 9.

f. Evaluación

Ver apartado 7.

g. Bibliografía básica

Daphne Keller, Nir Friedman. Probabilistic Graphical Models, principles and techniques. The MIT Press, 2009.

h. Bibliografía complementaria

Christopher M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006

J.T. Palma y R. Marín (Coordinadores). Inteligencia Artificial: técnicas, métodos y aplicaciones, McGrawHill, 2008. ISBN: 978-84-481-5618-3.

Ian H. Witten, Eibe Frank and Mark A. Hall. Data Mining: practical machine learning tools and techniques (third Edition). Morgan Kaufmann, 2011.

i. Recursos necesarios

Notas de la asignatura.

Guiones de cuestiones y problemas.

Curso Moodle de soporte a la asignatura.

Matlab.

Weka.

Genie.

Laboratorio informática.

Bloque 2: Toma de decisión.

Carga de trabajo en créditos ECTS:

a. Contextualización y justificación

El bloque temático anterior proporciona las herramientas para desarrollar, automáticamente, modelos que permiten a un agente razonar sobre su entorno, es decir, para que una gente pueda obtener conclusiones sobre la configuración del entorno a partir de la evidencia disponible. Pero el objetivo final de un agente es actuar sobre el entorno, lo que requiere seleccionar una acción a partir de la evidencia disponible. De este problema se ocupa la teoría de decisión.

Esta unidad presenta los principios básicos de la teoría de decisión, centrándose en los fundamentos de la teoría de utilidad y en las redes de decisión, que pueden introducirse como una extensión natural de las Redes Bayesianas.

b. Objetivos de aprendizaje

SI-BC 1: Conocer las necesidades de representación del conocimiento y razonamiento para proporcionar a un agente la suficiente información sobre su entorno para llegar a conclusiones y realizar acciones sobre el mismo:

- Conocer los métodos básicos de toma de decisión en entornos con incertidumbre.

SI-BC 2: Comprender los métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial que permiten a un agente iii) tomar decisiones a partir de las conclusiones obtenidas y las "intenciones" del agente:

- Comprender los métodos básicos de toma de decisión en entornos con incertidumbre.

SI-BC-3: Ser capaz de aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar y diseñar sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento capaces de abordar los aspectos mencionados en el párrafo anterior:

- Ser capaz de modelar y diseñar sistemas basados en el conocimiento para el desarrollo de agentes que actúan en entornos con incertidumbre.

SI-BC 4: Conocer, comprender y utilizar plataformas computacionales que den soporte a las técnicas y métodos necesarios para el desarrollo de sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento capaces de abordar los tres aspectos mencionados en los párrafos anteriores.

- Conocer, comprender y utilizar herramientas computacionales que permitan el desarrollo de agentes inteligentes y basados en conocimiento que actúan en entornos con incertidumbre.

c. Contenidos

Teoría de utilidad.

Redes de decisión.



d. Métodos docentes

Clase magistral para impartir los contenidos básicos de la materia.
Case magistral participativa para discutir los contenidos básicos de la asignatura.
Tutoría grupal para la resolución de cuestiones y problemas.
Laboratorios para la experimentación con las ideas básicas del bloque temático.

e. Plan de trabajo

Ver cronograma apartado 9.

f. Evaluación

Ver apartado 7.

g. Bibliografía básica

Daphne Keller, Nir Friedman. Probabilistic Graphical Models, principles and techniques. The MIT Press, 2009.

David Poole, Alan Mackworth. *Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents*, Cambridge University Press, 2010

Stuart Russell, Peter Norvig. Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno. 2ª Edición. Prentice Hall, 2004.

h. Bibliografía complementaria

E. Castillo, J. M. Gutiérrez y A. S. Hadi. Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas. Academia de Ingeniería, Madrid, 1997.

Finn V. Jensen. An introduction to Bayesian Networks. UCL Press, 1996.

J.T. Palma y R. Marín (Coordinadores). Inteligencia Artificial: técnicas, métodos y aplicaciones, McGrawHill, 2008. ISBN: 978-84-481-5618-3.

David Poole, Alan Mackworth. *Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents*, Cambridge University Press, 2010

i. Recursos necesarios

Notas asignatura.
Guiones de prácticas.
Laboratorio de informática.
Matlab / Genie
Guiones de cuestiones y problemas.
Curso Moodle de soporte a la asignatura.

Bloque 3: Modelos e inferencia temporal.Carga de trabajo en créditos ECTS: **a. Contextualización y justificación**

En muchos problemas reales la configuración del entorno en el que actúa un agente es dinámica. Desde la perspectiva de los modelos gráficos probabilísticos, esto se traduce en que las distribuciones de probabilidad cambian con el tiempo. Afortunadamente, muchos de estos problemas pueden abordarse extendiendo los modelos de representación y conocidos para distribuciones estáticas, identificando una plantilla que describe las dependencias estáticas que se mantienen en el tiempo y proporcionando métodos para actualizar la distribución de probabilidad a lo largo de varias trayectorias.

Una vez introducido el lenguaje de representación es necesario abordar la problemática de la inferencia temporal. Este es un problema complejo que sólo está bien resuelto para procesos markovianos lineales y con distribuciones gaussianas. En estas condiciones existen métodos de inferencia exactos eficientes. Con dependencias no lineales y distribuciones no gaussianas, se opta por métodos de inferencia aproximados.

Esta unidad introduce los modelos probabilísticos temporales, como extensión de los modelos estáticos, presentando las Redes Bayesianas Dinámicas y los Modelos Ocultos de Markov. A continuación se introducen los métodos de inferencia temporales centrándonos en las técnicas de filtrado o *tracking*. Se introducen los métodos básicos de inferencia exacta y el método más popular de inferencia aproximada: el filtro de partículas.

b. Objetivos de aprendizaje

SI-BC 1: Conocer las necesidades de representación del conocimiento y razonamiento para proporcionar a un agente la suficiente información sobre su entorno para llegar a conclusiones y realizar acciones sobre el mismo:

- Conocer los métodos principales de representación de conocimiento incierto temporal mediante Redes Bayesianas
- Conocer los métodos principales de inferencia sobre Redes Bayesianas temporales.

SI-BC 2: Comprender los métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial que permiten a un agente i) representar el conocimiento sobre su entorno:

- Comprender los métodos principales de representación de conocimiento incierto temporal mediante Redes Bayesianas.
- Comprender los métodos principales de inferencia sobre Redes Bayesianas temporales.

SI-BC 3: Ser capaz de aplicar métodos matemáticos, estadísticos y de inteligencia artificial para modelar y diseñar sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento capaces de abordar los aspectos mencionados en el párrafo anterior:

- Ser capaz de caracterizar los problemas que se pueden modelar con los métodos de representación introducidos y desarrollar modelos de los mismos.



SI-BC 4: Ser capaz de desarrollar sistemas inteligentes y sistemas basados en el conocimiento con distintos fines (toma de decisión, diagnosis, prognosis u otras tareas que demanden inteligencia).

- Ser capaz de desarrollar sistemas inteligentes y basados en conocimiento en entornos temporales con incertidumbre.

c. Contenidos

1. Modelos temporales: Redes Bayesianas Dinámicas y Modelos Ocultos de Markov.
2. Inferencia en modelos temporales: métodos principales de inferencia exacta y aproximada.
3. Aplicaciones de RBDs: diagnosis y prognosis de sistemas continuos.

d. Métodos docentes

Clase magistral para impartir los contenidos básicos de la materia.

Case magistral participativa para discutir los contenidos básicos de la asignatura.

Tutoría grupal para la resolución de cuestiones y problemas.

Trabajo grupal en seminarios.

Laboratorios para la experimentación con las ideas básicas del bloque temático.

e. Plan de trabajo

Ver cronograma apartado 9.

f. Evaluación

Ver apartado 7.

g. Bibliografía básica

Daphne Keller, Nir Friedman. Probabilistic Graphical Models, principles and techniques. The MIT Press, 2009.

h. Bibliografía complementaria

J.T. Palma y R. Marín (Coordinadores). Inteligencia Artificial: técnicas, métodos y aplicaciones, McGrawHill, 2008. ISBN: 978-84-481-5618-3.

Stuart Russell, Peter Norvig. Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno. 2ª Edición. Prentice Hall, 2004.

David Poole, Alan Mackworth. Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents, Cambridge University Press, 2010.

i. Recursos necesarios

Notas de la asignatura.

Laboratorio de informática.

Matlab / Genie



Guiones de cuestiones y problemas.

Curso Moodle de soporte a la asignatura.

6. Temporalización (por bloques temáticos)

| BLOQUE TEMÁTICO | CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO* |
|---|------------|---------------------------------|
| Bloque 1. Aprendizaje bayesiano | 1.5 | Semanas 8 a 11 |
| Bloque 2: Toma de decisión. | 0.75 | Semanas 12 y 13 |
| Bloque 3. Modelos e inferencia temporal | 0.75 | Semanas 14 y 15 |

*La alternancia de tutorías, laboratorios y seminarios hace que el periodo previsto de desarrollo se proporcione de forma aproximada. Una previsión más detallada la proporciona el cronograma del apartado 9.

7. Tabla resumen de los instrumentos, procedimientos y sistemas de evaluación/calificación

| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO | PESO EN LA NOTA FINAL | OBSERVACIONES |
|--|-----------------------|---|
| Seminarios. Entregas opcionales y dos evaluaciones. | 30% | Es necesario obtener un mínimo de 3 puntos sobre 10 en este apartado. |
| Prácticas de laboratorio. Entregas opcionales y dos evaluaciones. | 30% | Es necesario obtener un mínimo de 3 puntos sobre 10 en este apartado. |
| Participación en clases, cuestionarios, seminarios prácticas y tutorías. | 10% | |
| Examen final | 30% | Es necesario obtener un mínimo de 3 puntos sobre 10 en este apartado. |

Los seminarios se evalúan mediante dos exámenes escritos con problemas y/o cuestiones similares a las que se trabajan en los seminarios. Ver cronograma.

Las prácticas de laboratorio se evalúan en dos sesiones de prácticas, a partir de la solución software proporcionada por los alumnos a la práctica propuesta. Ver cronograma.

Los seminarios se evalúan a partir de la documentación entregada por los grupos y de un cuestionario individual a realizar al comienzo de la sesión teórica de la semana siguiente a la realización del seminario.

La participación en clases, seminarios, prácticas y tutorías se evalúa a partir de las entregas opcionales, la participación en clase y los cuestionarios realizados en clase.

El examen final consiste en un examen escrito con cuestiones sobre toda la materia impartida.

Recordar que aunque en ningún caso la asistencia a clase es evaluable, los profesores responsables pueden excluir a un alumno de alguna actividad formativa evaluable a aquellos alumnos que no participen en las



actividades presenciales, que incluyen las tutorías activas, los seminarios y las prácticas de laboratorio, especialmente, aunque no limitado a, en aquellas actividades de carácter grupal.

Los alumnos que se hayan presentado a las dos evaluaciones de los seminarios y/o prácticas de laboratorio se considera que se han presentado a la evaluación de la asignatura, con independencia de que se presenten o no a la evaluación final.

En la convocatoria extraordinaria se realizará un examen final, que tendrá partes escritas y de laboratorio y que permitiría obtener el 100% de la calificación en esta convocatoria. No obstante, aquellos estudiantes que quieran conservar las calificaciones obtenidas en las partes de Seminarios, Problemas y/o Proyecto Software, podrán solicitarlo con antelación y en ese caso sólo tendrían que realizar la parte proporcional del examen teórico.

8. Consideraciones finales

9. Cronograma de actividades:

Se trata de un cronograma orientativo, sujeto a modificaciones en función del desarrollo del curso y eventualidades no previstas.

| Semana | Contenido | Actividades previstas | Entrega Trabajos | Presenciales | No Presenciales |
|--------|---|-----------------------|------------------|--------------|-----------------|
| 8 | Aprendizaje de modelos bayesianos: visión general. | Seminario | | 2 | 3 |
| 9 | Estimación de parámetros de una red. | Seminario | | 4 | 6 |
| 10 | Aprendizaje de la estructura de una red. | Seminario /Práctica | | 4 | 6 |
| 11 | Teoría de utilidad. | Práctica | | 4 | 6 |
| 12 | Redes de decisión | Seminario | Entrega | 4 | 6 |
| 13 | Modelos temporales: Redes Bayesianas Dinámicas y Modelos Ocultos de Markov. | Seminario | | 4 | 6 |
| 14 | Inferencia en modelos temporales: métodos principales de inferencia exacta y aproximada.. | Práctica | | 4 | 6 |
| 15 | Aplicaciones de RBDs: diagnosis y prognosis de sistemas continuos. | Práctica | | 4 | 6 |
| | | | | 30 | 45 |