GUIA DOCENTE DE LA ASIGNATURA

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA

Curso 2018-2019

(Fecha última actualización: 10/05/2018)

(Fecha de aprobación en Consejo de Departamento: 17/05/2018)

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
INVESTIGACIÓN OPERATIVA	INVESTIGACIÓN OPERATIVA	3º	1º	6	Obligatoria

PROFESORES[1]	**DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS** (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)
• **María Jesús García-Ligero Ramírez: Parte I "Investigación Operativa"** • **Alberto Fernández Hilario: Parte II "Inteligencia Artificial"**	Dpto. de Estadística e Investigación Operativa, 2ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 22 Correo electrónico: mjgarcia@ugr.es Dpto. de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, 4ª planta, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicaciones. Despacho nº 16. Correo electrónico: alberto@decsai.ugr.es
	HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS[1]
	Los horarios de tutorías del profesorado pueden consultarse en la web: http://www.ugr.es/~mjgarcia/docencia.php (Profesora María Jesús García-Ligero) y http://decsai.ugr.es/index.php?p=profesores (Profesor Alberto Fernández)

GRADO EN EL QUE SE IMPARTE	**OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR**
Grado en Estadística	

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)
Ninguna.

1 Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)

- Simulación. Simulación de sistemas.
- Teoría de grafos. Técnicas de búsqueda. Planificación.
- Algoritmos bioinspirados para optimización.

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

Competencias generales

- G01. Poseer los conocimientos básicos de los distintos módulos que, partiendo de la base de la educación secundaria general, y apoyándose en libros de texto avanzados, se desarrollan en la propuesta de título de Grado en Estadística que se presenta.
- G02. Saber aplicar los conocimientos básicos de cada módulo 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 la resolución de problemas dentro de la Estadística y ámbitos en que esta se aplica directamente.
- G03. Saber reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- G04. Poder transmitir información, ideas, problemas y sus soluciones, de forma escrita u oral, a un público tanto especializado como no especializado.
- G05. Haber desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- G06. Saber utilizar herramientas de búsqueda de recursos bibliográficos.
- G08. Poseer habilidades y aptitudes que favorezcan el espíritu emprendedor en el ámbito de aplicación y desarrollo de su formación académica.

Competencias específicas

- E03. Conocer los fundamentos teóricos y saber aplicar modelos y técnicas estadísticas en estudios y problemas reales en diversos ámbitos científicos y sociales.
- E04. Saber seleccionar los modelos o técnicas estadísticas para su aplicación en estudios y problemas reales en diversos ámbitos científicos y sociales, así como conocer herramientas de validación de los mismos.
- E05. Comprender la importancia de la Investigación Operativa como metodología de optimización, toma de decisiones y diseño de modelos particulares para la resolución de problemas en situaciones específicas.
- E07. Conocer los conceptos y herramientas matemáticas necesarias para el estudio de los aspectos teóricos y prácticos de la Probabilidad, la Estadística y la Investigación Operativa.
- E08. Conocer y saber utilizar aplicaciones informáticas de análisis estadístico, cálculo numérico y simbólico, bases de datos, visualización gráfica y optimización, que sean útiles para la aplicación y desarrollo de las técnicas estadísticas.
- E09. Conocer los conceptos básicos y habilidades propias de un ámbito científico o social en el que la Estadística o la Investigación operativa sean una herramienta fundamental.
- E10. Tomar conciencia de la necesidad de asumir las normas de ética profesional y las relativas a la protección de datos y del secreto estadístico, como premisas que deben guiar la actividad profesional como profesionales de la Estadística.

OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

- En relación a la breve lista de la Memoria de Grado:
    - Utilizar técnicas básicas de optimización y manejar diferentes algoritmos para la resolución de problemas de optimización.
    - Conocer las técnicas de simulación de modelos y analizar problemas reales utilizando técnicas de simulación.
    - Manejar programas de ordenador para la resolución de problemas de optimización y aplicación en casos prácticos.

- Se pueden precisar algo más de la siguiente manera (en relación con los anteriores):

    - Haber adquirido capacidad para formular y resolver problemas mediante modelos de Grafos.
    - Saber utilizar las técnicas de Inteligencia Artificial para la planificación de tareas.
    - Saber cómo utilizar técnicas básicas de la Inteligencia Artificial para problemas de optimización y manejar diferentes algoritmos para la resolución de dichos problemas.
    - Conocer los fundamentos y saber emplear los Algoritmos Bioinspirados para optimización.
    - Conocer las técnicas de Simulación de Modelos y analizar problemas reales utilizando dichas técnicas.
    - Manejar programas de ordenador para la resolución de diversos problemas de Investigación Operativa con técnicas de la Inteligencia Artificial y su aplicación en casos prácticos.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO TEÓRICO:

Parte I. Simulación e Introducción a Teoría de Grafos

- Tema 1. Introducción a la Simulación
    - Definición de sistema real, modelo y simulación.
    - Ventajas e inconvenientes de la simulación.
    - Aplicaciones de la Simulación.
    - Ejemplos de simulación

- Tema 2. Números aleatorios. Generación de números pseudoaleatorios
    - Definición de números aleatorios y pseudoaleatorios.
      Propiedades deseables de un generador de números pseudoaleatorios.
    - Métodos de generación de números pseudoaleatorios:
      Método de los cuadrados medios, métodos congruenciales.
    - Medidas estadísticas de calidad de un generador de números pseudoaleatorios uniformes:
      Contraste chi-cuadrado. Contraste de Kolmogorov-Smirnov. Contaste de rachas ascendentes.

- Tema 3. Generación de valores de variables aleatorias
    - Métodos para generar valores de variables aleatorias discretas: Transformación cuantil. Método de aceptación y rechazo. Método de composición.
    - Generación de distribuciones discretas: Uniforme, Bernoulli, Binomial, Poisson, Binomial negativa e Hipergeométrica.
    - Métodos para generar valores de variables aleatorias continuas: Método de transformación inversa. Método de aceptación y rechazo.
    - Generación de distribuciones continuas: normal, chi-cuadrado de Pearson, t de Student, F de Snedecor, exponencial, Weibull, gamma, beta, Pareto.

- Simulación de vectores aleatorios: Método de las distribuciones condicionadas. Método de aceptación/rechazo. Métodos específicos para simular la normal multivariante.

- Tema 4. Simulación de Monte Carlo
  - Integración Monte Carlo.
  - Técnicas de reducción de la varianza.
  - Métodos Monte Carlo en inferencia.

- Tema 5. Simulación de sistemas
  - Fenómenos de espera.
  - Fiabilidad.
  - Inventarios.

- Tema 6. Introducción a la Teoría de grafos
  - Conceptos básicos.
  - Grafos orientados y no orientados.
  - Representaciones matriciales: Matrices de adyacencia y de incidencia

Parte II. Métodos y técnicas de la Inteligencia Artificial

- Tema 7. ¿Qué es la Inteligencia Artificial?
  - Caracterización de la Inteligencia Artificial. Un poco de Historia
  - Metas de la Inteligencia Artificial
  - Métodos y modelos en Inteligencia artificial

- Tema 8: Técnicas de Búsqueda
  - Introducción al espacio de estados y agentes de búsqueda
  - Búsqueda sin información
  - Técnicas de búsqueda heurística

- Tema 9: Planificación
  - Razonamiento sobre acciones
  - Planificación como búsqueda en un espacio de estados
  - Planificación como búsqueda en un espacio de planes

- Tema 10 Técnicas de optimización basadas en metaheurísticas
  - Definición de metaheurística
  - Algoritmos voraces (Greedy)
  - Técnicas de búsqueda local
  - Extensiones a la búsqueda local: búsqueda local iterativa y enfriamiento simulado

- Tema 11 Algoritmos bioinspirados para optimización
  - Concepto y origen de los algoritmos bioinspirados
  - Fundamentos de los algoritmos genéticos
  - Tipos de algoritmo genético
  - Algoritmos híbridos
  - Algoritmos basados en el comportamiento de las hormigas
  - Inteligencia de enjambres

TEMARIO PRÁCTICO

- Seminarios/Talleres (presentación de temas para la reflexión y debate en grupo)

  - Parte II. Métodos y técnicas de la Inteligencia Artificial
    - Seminario 1: Introducción al uso de las herramientas software de prácticas.
    - Seminario 2: Aplicaciones reales en optimización.
    - Seminario 3: Descripción de los problemas y técnicas en prácticas de optimización.

- Prácticas de Laboratorio

  - Parte I. Simulación e Introducción a Teoría de Grafos
    - Práctica 1: Introducción a la programación con R.
    - Práctica 2: Números aleatorios, simulación de variables y vectores aleatorios con R.
    - Práctica 3: Simulación de sistemas con R

  - Parte II. Métodos y técnicas de la Inteligencia Artificial
    - Práctica 4: Técnicas de Búsqueda.
    - Práctica 5: Planificación.
    - Práctica 6: Algoritmos basados en metaheurísticas para optimización.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Simulación e Introducción a Teoría de Grafos
  - Braun, W. J. & Murdoch, D. J., A first course in statistical programming with R. Cambridge, 2007.
  - Cao Abad, R., Introducción a la Simulación y a la Teoría de Colas. Netbiblo, 2002.
  - Gentle, J.E., Random Number Generation and Monte Carlo methods. Springer, 2003.
  - Martín Martín, Q., Investigación Operativa. Prentice Hall, 2003.
  - Ríos Insua, D., Ríos Insua, S. Martín Jiménez, J., Simulación. Métodos y aplicaciones. Ra-ma, 1997.
  - Ríos Insua, S., Mateos, A., Bielza, M. C. y Jiménez, A. Investigación Operativa. Modelos determínisticos y estocásticos. Centro de Estudios Ramón Areces, 2004.
  - Ripley, B.D., Stochastic Simulation. John Wiley, 2006.
  - Rizzo, M.L., Statistical Computing with R. Chapman and Hall/CRC, 2007.
  - Taha, H. A., Investigación de Operaciones. Prentice Hall, 2004.
- Métodos y técnicas de la Inteligencia Artificial
  - Stuart J. Russell & Peter Norvig: “Artificial Intelligence, A Modern Approach,” 3rd edition, Prentice Hall, 2009. http://aima.cs.berkeley.edu/
  - Nils J. Nilsson: “The Quest for Artificial Intelligence,” Cambridge University Press, 2009
  - F. Glover, G.A. Kochenberger (eds.) “Handbook of Metaheuristics”, Kluwer Academic Press, 2003.
  - P.M. Pardalos, M.G.C. Resende, “Handbook of Applied Optimization”, Oxford University Press, 2002
  - Melanie Mitchell: “An introduction to genetic algorithms,” MIT Press, 1998.
  - Marco Dorigo & Thomas Stützle: “Ant Colony Optimization,” MIT Press, 2004.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Simulación e Introducción a Teoría de Grafos
  - Ross, S.M., A Course in Simulation. Macmillan, 1990.
  - Rubinstein, R.Y. and Melamed, B., Modern Simulation and Modeling. Wiley, 1998.
  - Winston, W. L., Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos. Grupo Editorial Americana, 1994.
- Métodos y técnicas de la Inteligencia Artificial
  - David L. Poole & Alan K. Mackworth: "Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents," Cambridge University Press, 2010.
  - Nils J. Nilsson: "Artificial Intelligence: A New Synthesis," Morgan Kaufmann, 1998
  - Russell C. Eberhart & Yuhui Sui: "Computational Intelligence: Concepts to Implementation," Morgan Kaufmann, 2007
  - M. Tim Jones: "Artificial Intelligence: A Systems Approach," Jones & Bartlett Publishers, 2007
  - George F. Luger: "Artificial Intelligence: Structures and strategies for complex problem solving", 6th edition, Addison Wesley, 2008.
  - C. R. Reeves, "Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems", Blackwell Scientific Pub., 1993
  - M. Dorigo, T. Stützle, "Ant Colony Optimization". The MIT Press, 2004.
  - A.E. Eiben, J.E. Smith, "Introduction to Evolutionary Computing". Springer, 2003.
  - P. Cortez, "Modern Optimization with R". Springer 2014
  - E. Baquela, A. Redchuk. "Optimización Matemática con R. Volumen I: Introducción al modelado y resolución de problemas". CRAN (Open Book) 2013.

ENLACES RECOMENDADOS

- AAAI, Association for the Advancement of Artificial Intelligence, http://www.aaai.org
- IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, http://www.ieee.org
- ACM, Association for Computing Machinery, http://www.acm.org

METODOLOGÍA DOCENTE

- **Clases de teoría**: Sesiones para todo el grupo de alumnos en las que se explicarán, por parte del profesor, los contenidos teóricos fundamentales y su importancia en el contexto de la materia, y que servirán para fijar los conocimientos ligados a las competencias previstas.
  - Competencias generales: G01, G03, G05.
  - Competencias específicas: E03, E04, E05, E07, E08, E09, E10.

- **Clases de problemas y prácticas en ordenador**: Sesiones para todo el grupo de alumnos en las que el profesor realizará ejercicios y problemas sobre los contenidos teóricos de cada tema y guiará a los alumnos en la resolución de otros similares. También, dependiendo de las materias, y mediante la utilización de programas de ordenador adecuados, el profesor realizará prácticas en ordenador para temas específicos y guiará a los alumnos en el planteamiento y realización de nuevas prácticas. Así, tanto en las clases de problemas como en las clases de prácticas en ordenador, se aplicarán los contenidos adquiridos en las teóricas, de modo que los estudiantes vayan obteniendo las competencias previstas. Para las clases de prácticas en ordenador se harán subgrupos de tamaño acorde con las posibilidades de las aulas de informática.
  - Competencias generales: G01, G02.
  - Competencias específicas: E04, E07, E08, E09, E10.

- **Seminarios y exposición de trabajos**: Como complemento de las clases teóricas y prácticas, los profesores propondrán a los estudiantes la realización de trabajos individuales o en grupos reducidos, para lo que podrán contar con el apoyo del profesor en tutorías. En los seminarios, organizados para todo el grupo de alumnos, se realizarán debates sobre la materia, se discutirán aspectos específicos del temario, y los alumnos desarrollarán ejercicios y trabajos, y podrán compartir con sus compañeros y con el profesor las dudas que encuentren y obtener solución a las mismas.
    - Competencias generales: G01, G02, G03, G04, G05, G06, G08.
    - Competencias específicas: E04, E07, E08, E09, E10.

- **Tutorías**: Ofrecerán apoyo y asesoramiento, personalizado o en grupos formados por un pequeño número de alumnos, para abordar las tareas encomendadas en las actividades formativas indicadas previamente o específicas del trabajo personal. El profesor jugará un papel proactivo, orientando hacia un aprendizaje cooperativo, a lo largo de todo el curso.
    - Competencias generales: G01, G03, G04, G05.
    - Competencias específicas: E03, E04, E05, E07, E08, E09, E10.

- **Trabajo personal del alumno**:
    - Actividades no presenciales individuales (Estudio y trabajo autónomo). Los estudiantes habrán de llevar a cabo una tarea personal de estudio y asimilación de la teoría y de preparación y resolución de trabajos y problemas propuestos, para alcanzar las competencias previstas.
    - Actividades no presenciales grupales. Además, los estudiantes habrán de llevar a cabo la realización de trabajos en grupo, para lo que podrán contar con el apoyo del profesor en Tutorías académicas, de forma que los estudiantes puedan compartir con sus compañeros y con el profesor las dudas que encuentren, obtener solución a las mismas y comenzar a alcanzar por sí mismos las competencias de la materia.
        - Competencias generales: G01, G02, G03, G04, G05, G06, G08.
        - Competencias específicas: E03, E04, E07, E08, E09, E10

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

- Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la Normativa de evaluación y calificación de los estudiantes vigente en la Universidad de Granada, que puede consultarse en http://secretariageneral.ugr.es/bougr/pages/bougr112/_doc/examenes/
- El sistema de calificación empleado será el establecido en el artículo 5 del Real Decreto 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional.
- Los criterios de evaluación se indicarán en los Programas y Guías Didácticas correspondientes a cada asignatura, garantizando así la transparencia y objetividad de los mismos.
- De acuerdo con el Real Decreto 1125/2003, la valoración del nivel de adquisición de las competencias generales y específicas de cada materia se llevará a cabo de manera continua a lo largo de todo el periodo académico.

- CONVOCATORIA ORDINARIA:
    - Parte I: Investigación Operativa:
        - Parte teórica: Pruebas específicas de conocimientos y resolución de ejercicios, basadas en un examen escrito multi-pregunta. **70% de la calificación**.
        - Parte práctica (trabajos y seminarios): Abarca todos los trabajos y seminarios realizados por los estudiantes a lo largo del curso (ejercicios, prácticas en ordenador,

etc.), tanto de carácter individual como en grupo. Se valorará además de los propios trabajos, la presentación y defensa de los mismos. **25% de la calificación**.
        - Participación, actitud y esfuerzo personal de los alumnos en todas las actividades formativas programadas, así como una autoevaluación razonada. **5% de la calificación**.
    - Parte II: Inteligencia Artificial:
        - Parte teórica: Pruebas específicas de conocimientos y resolución de ejercicios, basadas en un examen escrito multi-pregunta. **50% de la calificación**.
        - Parte práctica (trabajos y seminarios): Abarca todos los trabajos y seminarios realizados por los estudiantes a lo largo del curso (ejercicios, prácticas en ordenador, etc.), tanto de carácter individual como en grupo. Para cada práctica entregada, será obligatorio la defensa de la misma. **45% de la calificación**.
        - Participación, actitud y esfuerzo personal de los alumnos en todas las actividades formativas programadas, así como una autoevaluación razonada. **5% de la calificación**.
    - Para superar la asignatura de manera global, será obligatorio que el estudiante supere ambas partes de manera independiente, obteniendo al menos 5 puntos (sumando todos los apartados) en cada una de ellas. En caso de no alcanzar la nota mínima exigida en alguna de las partes, la calificación final se asignará a dicho valor.

- CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA
    - Un examen escrito (evaluado de 0 a 10) que incluirá preguntas tanto de tipo teórico como práctico que garanticen que el alumno ha adquirido la totalidad de las competencias descritas en esta misma guía docente. Esta parte corresponderá con el 50% de la calificación.
    - La entrega de las prácticas de la asignatura (puntuadas hasta 10 puntos) para garantizar que el alumno ha adquirido la totalidad de las competencias descritas en esta misma guía docente. Esta parte corresponderá con el 50% restante de la calificación.

RÉGIMEN DE ASISTENCIA

La asistencia a las clases teóricas no será obligatoria.

La asistencia a las clases prácticas será obligatoria, salvo que el alumno opte por acogerse a la "Evaluación Única Final".

La inasistencia a las clases prácticas supondrá un cero en el apartado correspondiente a la evaluación continua (5% de la nota final).

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

- De acuerdo a lo establecido en la Normativa de evaluación y de calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada vigente, la evaluación será preferentemente continua. No obstante, el estudiante que no pueda acogerse a dicho sistema por motivos laborales, estado de salud, discapacidad, programas de movilidad o cualquier otra causa debidamente justificada podrá acogerse a la evaluación única final. Para ello deberá solicitarlo al Director del Departamento o al Coordinador del Máster en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o, excepcionalmente, en las dos primeras semanas tras la matriculación en la asignatura.

- Esta modalidad de evaluación se realizará en un único acto académico en la fecha establecida por el

Centro y consistirá en

- Un examen escrito (evaluado de 0 a 10) que incluirá preguntas tanto de tipo teórico como práctico que garanticen que el alumno ha adquirido la totalidad de las competencias descritas en esta misma guía docente. Esta parte corresponderá con el 50% de la calificación.
- La entrega de las prácticas de la asignatura (puntuadas hasta 10 puntos) para garantizar que el alumno ha adquirido la totalidad de las competencias descritas en esta misma guía docente. Esta parte corresponderá con el 50% restante de la calificación.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Página web complementaria de la asignatura (no actualizada desde el curso 2015-2016):
http://elvex.ugr.es/decsai/iaio
Plataforma de gestión de la asignatura: http://decsai.ugr.es
Grado en Estadística de la Universidad de Granada: http://www.ugr.es/~gradoestadistica
Información sobre la Facultad de Ciencias: http://fciencias.ugr.es
Información sobre la Universidad: http://www.ugr.es