

MODELADO Y SIMULACIÓN

Curso 2016/2017

(Código: 71014106)

1. PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura Modelado y Simulación se imparte en el primer semestre del cuarto curso del Grado en Ingeniería Informática. Se trata de una asignatura optativa de 6 créditos ECTS.

El modelado y la simulación de eventos discretos es una herramienta ampliamente usada en el diseño, evaluación y optimización de sistemas de fabricación, sistemas logísticos de almacenamiento y transporte, sistemas de computadores y redes de comunicaciones, sistemas del sector servicios, sistemas de atención sanitaria y de respuesta ante emergencias, sistemas biológicos y ecológicos, sistemas económicos, etc.

En esta asignatura, que tiene carácter eminentemente aplicado, se introducen diferentes técnicas para el modelado y la simulación por ordenador de sistemas de eventos discretos, tanto deterministas como estocásticos.

2. CONTEXTUALIZACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS

La metodología, los materiales didácticos y el contenido de esta asignatura contribuyen al desarrollo de competencias genéricas propuestas por la UNED y de competencias específicas del Grado en Ingeniería Informática. Entre las competencias genéricas, cabe destacar las siguientes:

- El material docente de la asignatura está especialmente concebido para su uso dentro del modelo educativo a distancia de la UNED. Esto facilita que el alumno pueda estudiar de manera autónoma, potenciando su iniciativa y motivación. El alumno, guiado por la planificación temporal propuesta por el equipo docente, desarrolla su capacidad para la gestión y planificación de su propio trabajo, y el manejo adecuado del tiempo.
- Los ejercicios resueltos de autocomprobación permiten al alumno desarrollar su capacidad para realizar el seguimiento y evaluación de su propio trabajo.
- Los trabajos prácticos evaluables permiten al alumno desarrollar su capacidad para la comunicación y expresión escrita en el ámbito científico y tecnológico. Además, por tratarse de trabajos que deben realizarse individualmente (sin plagios), su realización permite al alumno desarrollar su capacidad para el desempeño profesional ético.
- Las herramientas de comunicación, proporcionadas en el Curso Virtual de la asignatura, permiten al alumno desarrollar su capacidad para la comunicación adecuada y eficaz con otras personas, empleando medios tecnológicos.
- La realización de las actividades propuestas en la asignatura contribuye al desarrollo de capacidades cognitivas superiores del alumno, como son la capacidad de analizar y resolver problemas, de razonar de manera crítica y tomar decisiones, y de aplicar los conocimientos a la práctica.

Asimismo, el contenido de la asignatura contribuye a que el alumno desarrolle las siguientes competencias específicas del Grado en Ingeniería Informática:

- Capacidad para analizar, diseñar, construir y mantener aplicaciones de forma robusta, segura y eficiente, eligiendo el paradigma y los lenguajes de programación más adecuados.
- Capacidad para tener un conocimiento profundo de los principios fundamentales de la computación y saberlos aplicar para interpretar, seleccionar, valorar, modelar, y crear nuevos conceptos, teorías, usos y desarrollos tecnológicos relacionados con la informática.
- Capacidad para conocer y desarrollar técnicas de aprendizaje computacional, y diseñar e implementar aplicaciones y sistemas que las utilicen, incluyendo las dedicadas a extracción automática de información y conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos.



Los conocimientos adquiridos en las asignaturas de formación básica *Fundamentos matemáticos de la Informática*, *Estadística* y *Fundamentos de programación* sirven de base para entender los contenidos explicados en la asignatura Modelado y simulación.

3. REQUISITOS PREVIOS REQUERIDOS PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Se recomienda al alumno que antes de iniciar el estudio de esta asignatura curse las tres asignaturas de primer curso siguientes:

- Fundamentos matemáticos de la Informática
- Estadística
- Fundamentos de programación

4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Como resultado del aprendizaje, el alumno debe adquirir la capacidad de:

1. Discutir los conceptos fundamentales de la simulación de eventos discretos.
2. Diseñar y realizar evaluaciones básicas de modelos de eventos discretos para la simulación por ordenador de procesos logísticos.
3. Modelar estadísticamente las entradas aleatorias al modelo.
4. Comparar y contrastar métodos para la generación de números aleatorios y métodos para la generación de observaciones de variables aleatorias.
5. Diseñar, codificar, verificar, validar y documentar programas de simulación de modelos de eventos discretos.
6. Realizar el diseño estadístico de experimentos, analizar estadísticamente los resultados de las simulaciones, extraer conclusiones y documentarlas.
7. Analizar mediante simulación por ordenador el funcionamiento de un proceso logístico y proponer de manera argumentada mejoras al mismo.

En la página web de la asignatura (<http://www.uned.es/71014106>) se detallan los objetivos docentes que el alumno debe alcanzar tras estudiar cada uno de los siete temas en que se ha estructurado el contenido de la asignatura.

5. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

El contenido de la asignatura está estructurado en los siete temas descritos a continuación. En la página web de la asignatura (<http://www.uned.es/71014106>) puede consultarse el contenido desglosado con mayor nivel de detalle.

TEMA 1. INTRODUCCIÓN AL MODELADO Y LA SIMULACIÓN

Conceptos fundamentales. Modelado y simulación de tiempo discreto. Autómatas celulares. Modelado y simulación de eventos discretos. Modelado orientado a la planificación de eventos. Modelado orientado a los procesos. Pasos en un estudio de simulación. Software para análisis de datos: el lenguaje R.

TEMA 2. MODELADO MEDIANTE DEVS

Modelos DEVS atómicos: especificación formal, comportamiento y práctica. Modelos DEVS compuestos: especificación formal, comportamiento y práctica. Simulador abstracto de modelos DEVS.

TEMA 3. MODELADO CON ARENA

Comenzando con Arena. Modelado de los recursos: planificación de la capacidad, fallos y utilización de los recursos. Modelado detallado: conjuntos de objetos, variables, expresiones, submodelos.

TEMA 4. MODELADO DE LAS ENTRADAS ALEATORIAS

Conceptos básicos de probabilidad. Distribuciones de probabilidad teóricas y empíricas. Independencia y homogeneidad de los datos. Selección de la familia de distribuciones: consideraciones teóricas, estadísticos, histogramas y gráficas cuantil-



cuantil. Estimación de los parámetros de la distribución. Medida de la bondad del ajuste de la distribución a los datos. Selección de la distribución de ausencia de datos. Procesos estocásticos de llegada: procesos de Poisson estacionarios, no estacionarios y compuestos. Uso de herramientas software.

TEMA 5. GENERACIÓN DE LAS ENTRADAS ALEATORIAS

Generadores de números aleatorios: generadores físicos y aritméticos (congruenciales, combinados y de Tausworthe). Test empíricos de homogeneidad e independencia para secuencias de números. Baterías de tests para generadores. Métodos para generar observaciones de variables aleatorias: transformación inversa, convolución y aceptación/rechazo. Observaciones de variables aleatorias continuas: distribuciones uniforme, exponencial, normal, lognormal, triangular y empírica. Observaciones de variables aleatorias discretas: distribuciones de Bernoulli, discreta uniforme, binomial, geométrica, negativa binomial, de Poisson y empírica. Generación de procesos de llegada: proceso de Poisson estacionario, no estacionario y con llegadas en grupo.

TEMA 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Comportamiento transitorio y estacionario. Simulaciones con condición de finalización. Simulaciones en el estacionario. Intervalos para varias magnitudes. Comparación entre dos modelos. Comparación entre más de dos modelos. Uso de herramientas software.

TEMA 7. DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y OPTIMIZACIÓN

Objetivos, respuestas y factores. Diseño experimental factorial completo: efectos principales, interacción entre dos factores, interacción entre más de dos factores e intervalos de confianza. Diseños experimentales factoriales fraccionales. Optimización. Uso de herramientas software.

6.EQUIPO DOCENTE

- [ALFONSO URQUIA MORALEDA](#)
- [CARLA MARTIN VILLALBA](#)

7.METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Al comienzo del semestre se publicará en el curso virtual en la plataforma Aif la segunda parte de la Guía del Curso. En ella se ofrecen recomendaciones, complementarias a las que aparecen en esta guía, referentes al estudio de la asignatura y al empleo de los foros del curso virtual.

El texto base de la asignatura es una Unidad Didáctica editada por la UNED. Este texto está adaptado para la educación a distancia y cubre totalmente el temario de la asignatura.

En la página web de la asignatura (<http://www.uned.es/71014106>) están disponibles los objetivos docentes de cada tema y el temario detallado, de modo que aquellos alumnos que lo deseen puedan preparar la asignatura empleando otros recursos diferentes al texto base.

También en la página web de la asignatura hay ejercicios resueltos de autoevaluación, enlaces para la descarga del software empleado en la asignatura y enlaces a recursos de uso opcional, que pueden ser útiles para aquellos alumnos que voluntariamente deseen profundizar en la materia más allá de los objetivos planteados en la asignatura.

En la página web de la asignatura están disponibles las soluciones a los exámenes de anteriores convocatorias.

8.EVALUACIÓN

Para superar la asignatura es necesario realizar y aprobar tanto el examen presencial como el trabajo práctico.

- El examen presencial escrito obligatorio se celebrará en todos los Centros Asociados, de manera



coordinada, según el calendario previsto. El examen tendrá una duración de 2 horas, no se permitirá el uso de ningún material y constará de varios ejercicios que el alumno deberá resolver de manera argumentada. El examen será calificado con una nota comprendida entre 0 y 10. Para aprobar el examen debe obtenerse una nota igual o superior a 5.

- El trabajo práctico obligatorio será propuesto y corregido por el equipo docente. El enunciado del trabajo se publicará en el curso virtual de la asignatura y también deberá entregarse a través del curso virtual. En el enunciado del trabajo se indica la fecha entrega. El alumno podrá consultar la calificación de su trabajo en el curso virtual. El trabajo práctico será calificado con una nota comprendida entre 0 y 10. Para aprobar el trabajo práctico debe obtenerse una nota igual o superior a 5.

Se propondrá un trabajo práctico obligatorio para la convocatoria ordinaria y otro trabajo para la convocatoria extraordinaria.

- En la convocatoria ordinaria, la evaluación del trabajo se hará en la modalidad de *evaluación continua formativa*: la fecha límite de entrega coincidirá aproximadamente con la mitad del cuatrimestre y el alumno obtendrá la calificación de su trabajo antes de las pruebas presenciales. De este modo, los resultados obtenidos servirán al alumno de indicador acerca de si debe reorientar el estudio de la asignatura.
- En la convocatoria extraordinaria *no* se seguirá la modalidad de evaluación continua formativa: la fecha límite de entrega del trabajo coincidirá aproximadamente con las pruebas presenciales y el alumno recibirá la calificación de su trabajo aproximadamente en la misma fecha en que se publiquen las calificaciones de la convocatoria extraordinaria.

La nota del examen o del trabajo obtenida en la convocatoria ordinaria se guardará para la convocatoria extraordinaria del mismo curso académico. Sin embargo, no se guardarán notas de un curso académico al siguiente.

La nota de aquellos alumnos que hayan aprobado el examen y el trabajo práctico se calculará como se indica a continuación:

$$\text{Nota} = 0.7 * (\text{nota en el examen}) + 0.3 * (\text{nota en el trabajo})$$

La participación en los foros del curso virtual es opcional y no tiene repercusión alguna en la nota.

9. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9788436266214
Título: MODELADO Y SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS
Autor/es: Alfonso Urquia ; Carla Martín Villalba ;
Editorial: Editorial UNED

Buscarlo en Editorial UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Comentarios y anexos:

La Unidad Didáctica recomendada como bibliografía básica cubre totalmente el temario de la asignatura.

10. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780070493209
Título: INTRODUCTION TO SIMULATION USING SIMAN (2nd ed.)
Autor/es: Sadowski, Randall P. ; Shannon, Robert E. ;



Editorial: McGraw-Hill

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780070592926

Título: SIMULATION MODELING AND ANALYSIS (3rd ed.)

Autor/es: Kelton, W. David. ;

Editorial: McGraw-Hill

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780072392708

Título: SIMULATION WITH ARENA

Autor/es: Sadowski, Randall P. ; Kelton, W. David ;

Editorial: McGraw-Hill

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780127784557

Título: THEORY OF MODELING AND SIMULATION : (2nd ed.)

Autor/es: Bernard P. Zeigler ; Praehofer, Herbert ; Kim, Tag Gon ;

Editorial: ACADEMIC PRESS

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780132174497

Título: DISCRETE-EVENT SYSTEM SIMULATION (2nd ed.)

Autor/es: Nelson, Barry L. ; Carson, John S. ;

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



674911TCACDAF4638D5C950A260C20F90

Editorial: PRENTICE HALL

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780387964676

Título: A GUIDE TO SIMULATION (2nd ed.)

Autor/es: Bratley, Paul ; Fox, Bennett L. ; Schrage, Linus E. ;

Editorial: Springer

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9781420053364

Título: DISCRETE-EVENT MODELING AND SIMULATION: A PRACTITIONER'S APPROACH

Autor/es: Gabriel A. Wainer ;

Editorial: CRC Press

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

Los textos (Law y Kelton, 2000) y (Banks, Carson y Nelson, 1996) son dos referencias esenciales sobre modelado y simulación de sistemas estocásticos de eventos discretos. Estos dos excelentes libros permiten profundizar en el método de Montecarlo, el modelado de las entradas aleatorias, la generación de números pseudoaleatorios y de observaciones de variables aleatorias continuas y discretas, el análisis estadístico de los resultados de la simulación de modelos estocásticos, las técnicas de reducción de la varianza, el diseño estadístico de experimentos y la optimización.

El texto (Zeigler, Praehofer y Kim, 2000) es una de las referencias fundamentales sobre el formalismo DEVS. Se recomienda la consulta de este libro a aquellos alumnos interesados en conocer con mayor detalle el formalismo DEVS y su simulador abstracto, así como las extensiones de este formalismo propuestas para el modelado de sistemas híbridos, autómatas celulares, etc. En (Wainer, 2009) hay abundantes ejemplos de aplicación de DEVS, así como una introducción muy didáctica al entorno de simulación gratuito CD++.

Los textos (Kelton, Sadowski y Sadowski, 2002) y (Pedgen, Shannon y Sadowski, 1995) resultan idóneos para profundizar en el manejo del entorno de simulación Arena y en el uso del lenguaje de simulación SIMAN, respectivamente. Se trata de libros muy didácticos en los cuales, sin renunciar al rigor en los planteamientos, los



conceptos van siendo introducidos gradualmente por medio de ejemplos.

El libro de Bratley, Fox y Schrage es una excelente referencia de nivel avanzado sobre la generación de números pseudoaleatorios y observaciones de variables aleatorias, así como sobre las técnicas de reducción de la varianza.

En la página web de la asignatura (<http://www.uned.es/71014106>) se proporcionan enlaces a otras referencias y herramientas software que se encuentran disponibles gratuitamente en internet.

11.RECURSOS DE APOYO

En el curso virtual de la asignatura en la plataforma Alf puede encontrarse:

- La primera y segunda parte de la Guía del Curso.
- Los foros, que proporcionan un medio de comunicación entre los alumnos, y entre los alumnos y el profesorado.
- El enunciado de los trabajos obligatorios: el de convocatoria ordinaria y el de convocatoria extraordinaria. La entrega y evaluación del trabajo se realiza también a través del curso virtual.

En la página web de la asignatura (<http://www.uned.es/71014106>) puede encontrarse:

- Información detallada acerca del contenido y los objetivos docentes de la asignatura.
- Ejercicios de autoevaluación resueltos.
- Soluciones a los exámenes de las convocatorias anteriores.
- Enlaces a sitios de descarga de software gratuito de simulación, enlaces a cursos y otros recursos relacionados con el modelado y la simulación de eventos discretos.

12.TUTORIZACIÓN

Las consultas deben dirigirse al Equipo Docente por cualquiera de los tres métodos siguientes:

- La comunicación escrita se realizará preferiblemente a través de los foros del curso virtual de la asignatura en la plataforma Alf. También puede contactarse con el Equipo Docente por correo electrónico (aurquia@dia.uned.es, carla@dia.uned.es) o mediante correo postal, que debe dirigirse a la dirección siguiente:

Alfonso Urquía
Dpto. de Informática y Automática
E.T.S. de Ingeniería Informática, UNED
Juan del Rosal 16, 28040 Madrid

- Llamando, cualquier lunes lectivo entre las 16h y las 20h, a los números de teléfono 91-398-8459 / 8253.
- Acudiendo personalmente a la E.T.S. de Ingeniería Informática de la UNED. En este caso, el alumno debe previamente concertar una cita con el Equipo Docente, mediante comunicación telefónica o escribiendo un correo electrónico.

