

FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre	Métodos Cuantitativos para la Decisión
Código	DOI-TEL-581
Titulación	Máster en Ingeniería de Telecomunicación (MIT)
Curso	Primero
Cuatrimestre	1º
Créditos ECTS	6
Carácter	Básico
Departamento	Organización Industrial
Área	Estadística e Investigación Operativa
Coordinador	Andrés Ramos

Datos del profesorado	
Nombre	Joanna Virginia Rodríguez César
Departamento	Organización Industrial
Área	Estadística e Investigación Operativa
Despacho	
e-mail	joanna.rodriguezcesar@gmail.com
Teléfono	
Horario de Tutorías	Previa petición por correo electrónico

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura
<p>Aportación al perfil profesional de la titulación</p> <p>En el perfil profesional del alumno de Máster, esta asignatura pretende iniciar al alumno en el conocimiento de técnicas de análisis de datos y de simulación para la posterior toma de decisiones.</p> <p>En particular se pretende conseguir que el alumno sea capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar un conjunto de datos multivariante mediante diferentes perspectivas y usando técnicas clásicas de análisis multivariante y técnicas de inteligencia artificial. • Comunicar los resultados de un análisis de datos tanto de tipo serie temporal como de tipo multivariante no temporal. • Comprender los fundamentos más críticos del análisis multivariante, las técnicas de inteligencia artificial y el análisis de series temporales. • Conocer el ámbito de aplicación de la técnica de simulación de sistemas, las ventajas e inconvenientes de su uso, así como las características deseables del software comercial de simulación.

- Diseñar y desarrollar modelos de simulación de procesos utilizando software de simulación de propósito general.
- Comprender el modelado de la aleatoriedad de entrada a los modelos de simulación.
- Conocer y diseñar los procedimientos de generación de aleatoriedad dentro de los modelos de simulación.
- Planificar el diseño de experimentos aplicado al estudio de simulación de un sistema.
- Comunicar las características principales de un estudio de simulación, el análisis de resultados y las conclusiones principales
- Evaluar la idoneidad de diferentes configuraciones del mismo sistema aplicando técnicas de simulación
- Conocer los fundamentos de teoría de colas aplicada a sistemas abiertos y cerrados y su relación con la técnica de simulación.
- Comprender el cálculo de los resultados de interés de los sistemas de colas y su relación con la técnica de simulación.
- Desarrollar un trabajo práctico del aprendizaje alcanzado y que concluya con el desarrollo de un modelo de soporte a la toma de decisiones.

Esta asignatura tiene un carácter mixto teórico-práctico por lo que a los componentes teóricos se les añaden los de carácter práctico, tanto la resolución de cuestiones numéricas como la realización de trabajos prácticos de modelado en los que se ejercitarán los conceptos estudiados.

Prerrequisitos

Conocimientos básicos de álgebra y estadística.

Competencias - Objetivos

Competencias Genéricas del título-curso

- CG1. Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.
- CG4. Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos.
- CG11. Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo.

Competencias Específicas y Resultados de Aprendizaje¹

- CTT2. Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.
- CTT6. Capacidad para modelar, diseñar, implantar, gestionar, operar, administrar y mantener redes, servicios y contenidos.
- CTT7. Capacidad para realizar la planificación, toma de decisiones y empaquetamiento de redes, servicios y aplicaciones considerando la calidad de servicio, los costes directos y de operación, el plan de implantación, supervisión, los procedimientos de seguridad, el escalado y el mantenimiento, así como gestionar y asegurar la calidad en el proceso de desarrollo.

¹ Los resultados de aprendizaje son indicadores de las competencias que nos permiten evaluar el grado de dominio que poseen los alumnos. Las competencias suelen ser más generales y abstractas. Los R.A. son indicadores observables de la competencia



BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos
BLOQUE 1: Modelado
Los siguientes contenidos estarán enfocados a los sistemas de información a la dirección, la organización industrial, sistemas productivos y logística y sistemas de gestión de calidad.
Tema 1: MODELADO DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS
<ul style="list-style-type: none"> 1.1 Componentes y procesos. 1.2 Modelado mediante simulación. 1.3 Software de simulación.
Tema 2: MODELADO DE LA ALEATORIEDAD EN SIMULACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Modelado de la aleatoriedad de entrada. Ajuste paramétrico y medidas de bondad. 2.2 Generación de números aleatorios y variables aleatorias.
Tema 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Estadísticos en régimen transitorio y permanente. 3.2 Simulación de horizonte finito e infinito. 3.3 Gestión y escritura de resultados y salidas de la simulación 3.4 Comparación de dos o más configuraciones del sistema. 3.5 Diseños factoriales 2k y 2k-p 3.6 Superficies de respuesta y metamodelos
Tema 4: TEORÍA DE COLAS
<ul style="list-style-type: none"> 4.1 Procesos poissonianos. Elementos de un sistema de colas. 4.2 Modelos de sistemas abiertos y cerrados.
Tema 5: ANÁLISIS DE DATOS MULTIVARIANTE
<ul style="list-style-type: none"> 5.1 Introducción al análisis de datos 5.2 Modelos de análisis de la varianza. Modelos ANOVA de uno, dos o más factores. 5.3 Técnicas de reducción de la información. Análisis de componentes principales. Análisis factorial.
Tema 6: TÉCNICAS DE FORMACIÓN DE CONGLOMERADOS Y CLASIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> 6.1 Método de las k-medias. Método KSOM. Redes de Kohonen. 6.2 Análisis discriminante. 6.3 Árboles de decisión.
Tema 7: MÉTODOS DE REGRESIÓN
<ul style="list-style-type: none"> 7.1 Modelos de regresión. Regresión lineal y modelos aditivos. 7.2 Redes neuronales. Perceptrón multicapa.
Tema 8: PREDICCIÓN Y SERIES TEMPORALES
<ul style="list-style-type: none"> 8.1 Técnicas de descomposición. 8.2 Métodos de suavizado. 8.3 Modelos ARIMA.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto, la materia se desarrollará teniendo en cuenta la actividad del alumno como factor prioritario. Ello implicará que tanto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

Metodología Presencial: Actividades

1. **Clase magistral y presentaciones generales:** Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor. Incluirá presentaciones dinámicas, pequeños ejemplos prácticos y la participación reglada o espontánea de los estudiantes.
2. **Resolución en clase de problemas prácticos:** Resolución de unos primeros problemas para situar al alumno en contexto. La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa. El profesor planteará pequeños problemas que los alumnos resolverán en grupos reducidos en clase y cuya solución discutirán con el resto de grupos.
3. **Trabajos de carácter práctico.** Se realizarán en grupos y en ellas los alumnos ejercitarán los conceptos y técnicas estudiadas, familiarizándose con el entorno material y humano del trabajo en el desarrollo de un modelo.
4. **Tutorías** se realizarán en grupo e individualmente para resolver las dudas que se les planteen a los alumnos después de haber trabajado los distintos temas. Y también para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje.

Metodología No presencial: Actividades

1. Estudio individual y personal por parte del alumno de los conceptos expuestos en las lecciones expositivas.
2. Resolución de problemas prácticos que se corregirán en clase.
3. Resolución grupal de casos prácticos y preparación de exposición de trabajos.

El objetivo principal del trabajo no presencial es llegar a entender y comprender los conceptos teóricos de la asignatura, así como ser capaz de poner en práctica estos conocimientos para resolver los diferentes tipos de problemas.

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES

Lección magistral	Resolución de problemas	Casos de estudio	Prácticas
38	12	5	5

HORAS NO PRESENCIALES

Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos	Trabajo autónomo sobre contenidos prácticos	Realización de trabajos colaborativos	Prácticas
68	12	30	10
CRÉDITOS ECTS:			6 (180 horas)

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
Realización de exámenes: <ul style="list-style-type: none"> Examen Intercuatrimstral Examen Final 	<ul style="list-style-type: none"> Comprensión de conceptos. Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas. Presentación y comunicación escrita. 	<p>10% Intercuatrimstral</p> <p>50% Final</p>
<p>Para aprobar la asignatura los alumnos tienen que tener al menos 4 puntos sobre 10 en la nota de exámenes cuyo valor se calcula pesando proporcionalmente los exámenes acordes a sus pesos en la nota de la asignatura.</p>		
Trabajos prácticos fuera de clase.	<ul style="list-style-type: none"> Comprensión de conceptos. Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos. Capacidad de trabajo en grupo. Presentación y comunicación escrita. 	20%
Realización de pruebas de seguimiento en laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> Comprensión de conceptos. Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos en laboratorio 	15%
Participación activa en clase	<ul style="list-style-type: none"> Intervenciones en la dinámica de clases presenciales Participación en la resolución de problemas en clase Asistencia presencial 	5%

CALIFICACIONES

Calificaciones
<p>La calificación en la convocatoria ordinaria de la asignatura se obtendrá como:</p> <ul style="list-style-type: none"> Un 60 % la nota de exámenes que se calcula ponderando un 10 % la calificación del intercuatrimestral y un 50 % la calificación del examen

final. En cualquier caso para aprobar la asignatura se exigirá una calificación mínima de 4.0 en la nota de exámenes.

- Un 20 % será la calificación de la práctica de simulación.
- Un 15 % será la calificación de las pruebas de seguimiento en laboratorio
- Un 5% será la participación activa del alumno en la resolución de problemas en clase, entregas periódicas de problemas resueltos y el control de asistencia a clase.

Convocatoria Extraordinaria

- Un 60 % la calificación del examen de la convocatoria extraordinaria.
- Un 20 % la calificación que obtuvo el alumno en su práctica de simulación.
- Un 15 % la calificación de las pruebas de seguimiento en laboratorio
- Un 5 % la calificación de la participación del alumno en clase y fuera de clase.

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA²

Actividades No presenciales	Fecha de realización	Fecha de entrega
Lectura y estudio de los contenidos teóricos en el material docente facilitado y en los libros de texto	Después de cada clase	
Resolución de los problemas propuestos	Semanalmente	
Asignación de la práctica de análisis de datos y simulación	Semana 2	
Realización de la práctica	Semanas 3, 5, 9, 11 y 13	
Presentación de la práctica	Semana 7	
Preparación de Examen intercuatrimestral y final	Noviembre y noviembre	

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

- Rossetti, Manuel D. Simulation Modeling and ARENA. Ed. Wiley. 2010
- Peña, D. Análisis de datos multivariantes. Ed. McGrawHill. 2002

Bibliografía Complementaria

- Hillier, F.S. Introducción a la Investigación de Operaciones. 9ª edición. Ed. McGraw Hill. 2010

² En la ficha resumen se encuentra una planificación detallada de la asignatura. Esta planificación tiene un carácter orientativo y las fechas podrán irse adaptando de forma dinámica a medida que avance el curso.



- Law, A.M., Kelton, W.D. Simulation Modeling and Analysis. Ed. McGrawHill. 2000
- Sarabia, A. La investigación operativa. Una herramienta para la adopción de decisiones. Ed. Universidad Pontificia Comillas. 1996

FICHA RESUMEN

TOPICS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
Introduction	Yellow																																				
Discrete Event Simulation		Blue	Blue	Blue	Blue																																
Modeling Randomness in Simulation						Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Blue	Blue	Blue																								
Simulation Output Analysis														Blue	Blue	Blue	Green																				
Queueing Theory																				Blue	Blue	Blue	Blue														
Work Presentations																								Blue	Blue	Blue	Blue										
Multivariate Data Analysis																												Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	
Clustering and Classification																																					
Midterm Exam																																					
Regression																																					
Time Series Forecasting																																					

GENERAL INFORMATION

Course information	
Name	Quantitative Decision Methods
Code	DOI-TEL-581
Degree	Máster en Ingeniería Industrial (MII), Máster en Ingeniería de Telecomunicación (MIT), Máster in Business Administration (MBA)
Year	1 st
Semester	1 st (Fall)
ECTS credits	6
Type	Basic
Department	Industrial Organization
Area	Statistics and Operations Research
Coordinator	Andrés Ramos

Instructor	
Name	Joanna Virginia Rodríguez César
Department	Industrial Organization
Area	Statistics and Operations Research
Office	
e-mail	joanna.rodriguezcesar@gmail.com
Phone	
Office hours	Arrange an appointment by email

DETAILED INFORMATION

Contextualization of the course
Contribution to the professional profile of the degree
<p>This subject introduces the student in simulation and data analysis techniques for supporting decision-making.</p> <p>Specifically, the contributions of this course to the professional profile are the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Knowing the application of system simulation in real environments, pros and cons of their use. • Designing and developing simulation models using a simulation language • Understanding the representation of the uncertainty in input data and analyzing the results for extracting conclusions • Developing a practical work applied to support decisions in a realistic case study • Understanding queuing theory applied to open and closed systems and the link with simulation • Understanding different data analysis techniques to extract information from data available, being either static or dynamic • Applying these data analysis techniques to some data sets and extracting conclusions about the information <p>This subject has both theoretical and practical components, based on the exposition and discussion of each topic but also on the application of the simulation and data analysis techniques to realistic case studies.</p>
Prerequisites
<p>Basic knowledge of Algebra and Statistics.</p>

CONTENTS

Contents
Theory
Topic 1: DISCRETE EVENT SIMULATION MODELING
1.1 Components and Processes 1.2 Modeling by Simulation 1.3 Simulation languages
Topic 2: MODELING RANDOMNESS IN SIMULATION
2.1 Distribution Fitting 2.2 Random Number Generation. Variable Sampling
Topic 3: SIMULATION OUTPUT ANALYSIS
3.1 Finite-Horizon Analysis. Infinite-Horizon Analysis 3.2 Comparison of System Designs 3.3 2k and 2k-p factorial design. Response surface and metamodels.
Topic 4: QUEUEING THEORY
4.1 Poisson processes 4.2 Queueing models
Topic 5: MULTIVARIATE DATA ANALYSIS
5.1 Introduction to Multivariate Data Analysis 5.2 Analysis of Variance 5.3 Principal Component Analysis 5.4 Factor Analysis
Topic 6: CLUSTERING AND CLASSIFICATION
6.1 Hierarchical Clustering. k-means. KSOM 6.2 Discriminant Analysis 6.3 Classification Trees
Topic 7: REGRESSION
7.1 Linear Regression 7.2 Additive Models. Neural Networks. Multilayer Perceptron
Topic 8: TIME SERIES FORECASTING
8.1 Decomposition Methods and Exponential Smoothing 8.2 ARIMA
Practices
Practice 1. Simulation Model
The student gets a real experience of the implementation of a simulation model in an appropriate language.
Practice 2. Simulation Output Analysis
With the previously defined simulation model, the student is able to use it to understand the performance of the system against different simulation parameters and do a sensitivity analysis with respect to some system parameters.
Practice 3. Multivariate Data Analysis

The student implements several multivariate data analysis and performs some analysis of the relevant information extracted from the data.

Practice 4. Clustering and Classification

The student implements several clustering and classification techniques and performs some analysis of the relevant information extracted from the data.

Practice 5. Regression

The student implements several regression techniques and performs some analysis of the relevant information extracted from the data.

Competences and Learning Outcomes	
Competences	
General Competences	
CG1.	Know scientific and technologic topics such as mathematical, analytical and numerical methods for engineering, electrical engineering, energy engineering, chemical engineering, mechanical engineering, electronics engineering, ...
CG4.	Research, develop and innovate products, processes and methods.
CG11.	Get self-learning and studying capabilities.
CTT2.	Capability to develop communications information systems.
CTT6.	Capability to model, design, implement, manage, operate and maintain networks, services and contents.
CTT7.	Capability to plan and take decisions in networks, services and application considering quality of service, direct costs, etc.
Learning outcomes:	
RA 1.	Knowing the application of system simulation in real environments, pros and cons of their use
RA 2.	Designing and developing simulation models using a simulation language
RA 3.	Understanding the representation of the uncertainty in input data and analyzing the results for extracting conclusions
RA 4.	Developing a practical work applied to support decisions in a realistic case study
RA 5.	Understanding queuing theory applied to open and closed systems and the link with simulation
RA 6.	Understanding different data analysis techniques to extract information from data available, being either static or dynamic
RA 7.	Applying these data analysis techniques to some data sets and extracting conclusions about the information

TEACHING METHODOLOGY

General methodological aspects	
<p>The best way of gaining a full understanding of Quantitative Decision Methods consists of showing and having real experiences on this topic. Consequently, all the proposed activities are focused on providing students real cases and practical experiences where implementation of decision methods is essential for the improvement on decision making.</p>	
In-class activities	Competences
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lectures and problem-solving sessions (40 hours): The lecturer will introduce the fundamental concepts of each topic, along with some practical recommendations, and will go through worked examples to support the explanation. Active participation will be encouraged by raising open questions to foster discussion and by proposing short application exercises to be solved in class. 	CG1, CG11
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Case sessions (10 hours): Under the instructor's supervision, students will apply the concepts and techniques covered in the lectures to real cases. 	CG4, CTT2, CTT6, CTT7
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Practice sessions (10 hours): Under the instructor's supervision, students, divided in small groups, will apply the concepts and techniques covered in the lectures to real problems. 	CG4, CTT2, CTT6, CTT7
Out-of-class activities	Competences
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personal study of the course material and resolution of the proposed exercises (80 hours). 	CG1, CG11
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Case session preparation to make the most of in-class time (20 hours). 	CG4, CTT2, CTT6, CTT7
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Practice session preparation to make the most of in-class time (20 hours). 	CG4, CTT2, CTT6, CTT7

ASSESSMENT AND GRADING CRITERIA

Assessment activities	Grading criteria	Weight
Mid-term exam	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Understanding of the theoretical concepts. ▪ Application of these concepts to problem and case solving. ▪ Critical analysis of numerical exercises' results. 	10%
Final exam	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Understanding of the theoretical concepts. ▪ Application of these concepts to problem and case solving. ▪ Critical analysis of numerical exercises' results. 	50%
Case Resolution	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Class participation. ▪ Test Results (Pre and post discussion in class). 	20%
Practice Test	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Class participation. ▪ Test Results (Pre and post practice). 	20%

GRADING AND COURSE RULES

Grading
<p>Regular assessment</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exams will account for 60%, of which: <ul style="list-style-type: none"> • Mid-term: 10% • Final exam: 50% • The <i>Exam global mark</i> is computed weighting one fifth the mid-term mark and four-fifths the final exam ▪ Cases and practices will account for the remaining 40%, of which: <ul style="list-style-type: none"> • Cases: 20% • Practices: 20% <p>In case that the <i>exam global mark</i> is equal or lower than 4.0, the final grade will be the <i>exam global mark</i>. Otherwise, the final grade is computed weighting the different marks as the previously shown percentages. In order to pass the course, the final grade should be greater or equal to 5.0.</p>
<p>Retakes</p> <p>Cases and practice marks will be preserved. The resulting grade will be computed as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Final exam: 60% ▪ Cases: 20% ▪ Practices: 20% <p>In case that the final exam mark is equal or lower than 4.0, the final grade will be the final exam mark. Otherwise, the final grade is computed weighting the different marks as the previously shown percentages. In order to pass the course, the final grade should be greater or equal to 5.0.</p>
<p>Course rules</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Class attendance is mandatory according to Article 93 of the General Regulations (Reglamento General) of Comillas Pontifical University and Article 6 of the Academic Rules (Normas Académicas) of the ICAI School of Engineering. Not complying with this requirement may have the following consequences:

- Students who fail to attend more than 15% of the lectures may be denied the right to take the final exam during the regular assessment period.

Students who commit an irregularity in any graded activity will receive a mark of zero in the activity and disciplinary procedure will follow (cf. Article 168 of the General Regulations (Reglamento General) of Comillas Pontifical University).

WORK PLAN AND SCHEDULE³

In and out-of-class activities	Date/Periodicity	Deadline
Mid-term exam	Week 12	
Final exam	December	
Practice sessions	Weeks 3, 5, 9, 11, and 13	
Review and self-study of the concepts covered in the lectures	After each topic	–
Problem-solving	After each topic which requires problem solving	–
Practice preparation	Before every practice	–
Practice output analysis (Test)	Few days after every practice	–
Final exam preparation	December	–

STUDENT WORK-TIME SUMMARY			
IN-CLASS HOURS			
Lectures	Problem-solving	Case sessions	Practices
38	12	5	5
OUT-OF-CLASS HOURS			
Self-study	Problem preparation	Case preparation and evaluation	Practice
68	12	30	10
ECTS credits:			6 (180 hours)

BIBLIOGRAPHY

Basic bibliography

- Rossetti, M. D., Simulation Modeling and Arena. Ed. Wiley. 2009

³ A detailed work plan of the subject can be found in the course summary sheet (see following page). Nevertheless, this schedule is tentative and may vary to accommodate the rhythm of the class.

- Peña, D., Análisis de datos multivariantes. Ed. McGrawHill. Madrid. 2002

Complementary bibliography

- Law, A.M., Simulation Modeling and Analysis. Ed. McGrawHill. 2015
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P., and Zupick N.B., Simulation with Arena, 6/e. Ed. McGrawHill, 2015
- T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction. 2nd Ed., Springer, New York, N.Y., 2009

		IN-CLASS ACTIVITIES			OUT-OF-CLASS ACTIVITIES				LEARNING OUTCOMES
Week	h/w	LECTURE & PROBLEM SOLVING	LAB	ASSESSMENT	h/w	SELF-STUDY	LAB PREPARATION AND REPORTING	OTHER ACTIVITIES	Learning Outcomes
1	2	Course presentation and topic 1. Introduction to Quantitative Decision Methods. Topic 1. DISCRETE EVENT SIMULATION MODELING. Components and Processes. Modeling by Simulation.			2	Review and self-study (2h)			RA1
2	4	Topic 1. Simulation languages. Arena.		Exercises	10	Review, self-study and case-solving (5h)	Work preparation (4h)	Tests: Pre and Post case discussion (1h)	RA1, RA2, RA4
3	4	Topic 2. MODELING RANDOMNESS IN SIMULATION. Distribution Fitting	Practice 1. Simulation Modeling	Test of Practice 1	10	Review, self-study and problem-solving (5h)	Practice preparation (2h). Work preparation (4h)	Tests: Pre and Post case discussion (1h)	RA2, RA3, RA4
4	4	Topic 2. Random Number Generation. Variable sampling. Topic 3. SIMULATION OUTPUT ANALYSIS. Finite-Horizon Analysis		Exercises	10	Review, self-study and case-solving (5h)	Work preparation (4h)	Tests: Pre and Post case discussion (1h)	RA2, RA3, RA4
5	4	Topic 3. Infinite-Horizon Analysis. Comparison of System Designs	Practice 2. Simulation Output Analysis	Test of Practice 2	10	Review, self-study and case-solving (3h)	Practice preparation (2h). Work preparation (4h)	Tests: Pre and Post practice (1h)	RA2, RA3, RA4
6	4	Topic 4. QUEUEING THEORY. Poisson processes		Problems	10	Review, self-study and case-solving (5h)	Work preparation (4h)	Tests: Pre and Post case discussion (1h)	RA5
7	4	Work presentations		Exercises	8	Review, self-study and problem-solving (7h)		Tests: Pre and Post case discussion (1h)	RA1
8	4	Topic 5. MULTIVARIATE DATA ANALYSIS. Introduction to Multivariate Data Analysis. Analysis of Variance. Principal Component Analysis		Exercises	8	Review, self-study and problem-solving (7h)		Tests: Pre and Post case discussion (1h)	RA6, RA7
9	4	Topic 5. Principal Component Analysis. Factor Analysis	Practice 3. Multivariate Data Analysis	Test of Practice 3	8	Review, self-study and problem-solving (5h)	Practice preparation (2h)	Tests: Pre and Post practice (1h)	RA6, RA7
10	4	Topic 6. CLUSTERING AND CLASSIFICATION. Hierarchical Clustering. k-means. KSOM. Discriminant Analysis		Exercises	8	Review, self-study and problem-solving (7h)		Tests: Pre and Post case discussion (1h)	RA6, RA7
11	4	Topic 6. Discriminant Analysis. Classification Trees	Practice 4. Clustering and Classification	Test of Practice 4	8	Review, self-study and case-solving (5h)	Practice preparation (2h)	Tests: Pre and Post practice (1h)	RA6, RA7
12	4	Topic 7. REGRESSION. Linear Regression. Additive Models. Neural Networks		Mid-term exam	16				
13	4	Topic 7. Multilayer Perceptron. Topic 8. TIME SERIES FORECASTING.	Practice 5. Regression	Test of Practice 5	8	Review, self-study and case-solving (5h)	Practice preparation (2h)	Tests: Pre and Post practice (1h)	RA6, RA7
14	4	Topic 8. Decomposition Methods. Exponential Smoothing. ARIMA		Exercises	4	Review, self-study and case-solving (3h)		Tests: Pre and Post case discussion (1h)	RA6, RA7