



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicacion

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

93000945 - Tratamiento De Señal Para Datos Masivos

PLAN DE ESTUDIOS

09AT - Master Universitario En Teoria De La Señal Y Comunicaciones

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	15

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	93000945 - Tratamiento de Señal para Datos Masivos
No de créditos	4 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Primer curso
Semestre	Segundo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Inglés/Castellano
Titulación	09AT - Master Universitario en Teoría de la Señal y Comunicaciones
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jesus Gustavo Cuevas Del Rio (Coordinador/a)		gustavo.cuevas@upm.es	- -

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Teoría de la Señal y Comunicaciones no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- - Digital Signal Processing
- - Numerical Analysis
- - Matrix Algebra
- - Linear Systems

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB06 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB07 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB08 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB09 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

CE02 - Evaluar y sintetizar los resultados de un trabajo en equipo en proyectos relacionados con la teoría de la señal y las comunicaciones, en un entorno internacional.

CE03 - Valorar y contrastar la utilización de las diferentes técnicas disponibles para la resolución de problemas reales dentro del área de teoría de la señal y comunicaciones.

CT01 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa

CT03 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas

CT04 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo

CT05 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente

4.2. Resultados del aprendizaje

RA52 - - Capability for planning, design and implement applications, incorporating signal processing of signals defined on graphs

RA50 - Capability of dealing and characterizing graphs

RA51 - Capability of analysing and operating with signals defined on graphs

RA26 - Ability of oral and written communication

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

The entire course relies heavily on concepts of Matrix Algebra that are slightly recalled in the first chapter with the excuse of reviewing these techniques.

After revisiting basic matrix techniques such as EVD, PCA, LDA, etc., next topic is the generalization of data matrices into Tensors. Tensors are data structures indexed by more than two indices. Tensors here refer to what was previously known as multiway arrays. Tensors are becoming increasingly important in analysing Big Data. As a result of their many indices, tensors easily become very big causing memory and storage problems. The idea is to break the data in smaller boxes, and one of the strategies consists on compressing tensors by a low rank tensor decomposition applied to both: dense or sparse tensors. Graph Theory and networks concepts are then brought out to pave the way for the other main topic in the course as is the extension of classical signal processing on data indexed by graphs (discrete signal processing on graphs, DSPG). DSPG deals with the analysis and processing of data sets in which data elements are related by dependency, similarity, physical proximity, or other properties. Following a parallelism with classical signal processing, the graph and spectral domains are defined and both are related by an adaptation of the Fourier transform called DGFT (Discrete Graph Fourier Transform). In the same way, operations in both domains are introduced such as shifting, filtering, systems actuating on signals defined on graphs, etc.

At the end of each chapter illustrative examples with their respective application scenarios, either PYTHON language or in MATLAB, are provided.

5.2. Temario de la asignatura

1. Numerical techniques for small and moderate data sets
 - 1.1. Matrix storage versus tensor or graph storage.
 - 1.2. Principal Component Analysis (PCA).
 - 1.3. Singular Value Decomposition (SVD).
 - 1.4. Applications.
2. Tensors. Tensors Decompositions.
 - 2.1. Introduction to Tensors.
 - 2.1.1. Tensor Algebra: operations on tensors. Tensors product
 - 2.2. Tensor decompositions and applications
 - 2.2.1. 2.2.1. Relation between Rank of a tensor and its decomposition.
 - 2.2.2. Tucker Decomposition (HOPCA).
 - 2.2.3. HOSVD Decomposition.
 - 2.2.4. Canonical Polyadic Decomposition (CP).
3. Signal Processing on Graphs.
 - 3.1. Introduction to Graphs and Signal on Graphs.
 - 3.1.1. Rudiments of graph theory and algorithms on graphs
 - 3.2. Discrete Signal Processing on Graphs (DSPG).
 - 3.2.1. Extension of basic DSP operations to Graphs: shifting, filtering, subsampling, Z transform and Fourier Transform, etc.
 - 3.2.2. Compression of signals on graphs.
 - 3.2.3. Applications.
 - 3.3. Digital Signal Processing on Graphs: Frequency Analysis.
 - 3.3.1. Fourier transform on Graphs: Spectrum of a Graph.
 - 3.3.2. Alternative basis.
 - 3.3.3. Frequency response of a filter on a graph. Ordering of frequencies.
 - 3.3.4. Filters on graphs design.
 - 3.3.5. Applications.

3.4. Advanced Topics.

3.4.1. Strategies to fastening the Fourier transform: Sparse Fourier Transform on Graphs and Fast Fourier Transform on Graphs.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Introduction to Signal Processing for Big Data. Ways of storing Big Data. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Case study related to chapter 1 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Programming work report related to chapter 1 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
2	Introduction to Signal Processing for Big Data. Examples of dealing with small and moderate amounts of data. Principal Component Analysis (PCA). Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Case study related to chapter 1 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Programming work report related to chapter 1 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
3	Introduction to Signal Processing for Big Data. Examples of dealing with small and moderate amounts of data. Singular Value Decomposition (SVD). Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Case study related to chapter 1 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Programming work report related to chapter 1 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
4	Tensor Analysis. Introduction to Tensors. Definitions. Covariant and contravariant tensors. Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Case study related to chapter 2 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Programming work report related to chapter 2 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
5	Tensor Analysis. Introduction to Tensors. Tensor Algebra. Other Tensor operations. Applications. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Case study related to chapter 2 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Programming work report related to chapter 2 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
6	Tensor Analysis. Tensor decomposition. Rank of a Tensor as related to its decomposition. Tucker Decomposition of a Tensor. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Case study related to chapter 2 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Programming work report related to chapter 2 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00
7	Tensor Analysis. Tensor decomposition. Rank of a Tensor as related to its decomposition. HOSVD and Polyadic decomposition. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Case study related to chapter 2 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Programming work report related to chapter 2 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00

8	<p>Tensor analysis. Modelling a problem by a tensor decomposition. Analysing the element of the decomposition.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Case study related to chapter 2</p> <p>Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Programming work report related to chapter 2</p> <p>ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
9	<p>Introduction to graphs. Graphs characterization. Main parameter of a graph.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Case study related to chapter 2</p> <p>Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Mid term exam corresponding to chapters 1-2. The student will have to solve a problem equivalent to the laboratory activities</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p>
10	<p>Signals on Graphs. Time-domain basic operations on signals on graphs. Shifting of a signal, Filtering, subsampling,</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Case study related to chapter 3</p> <p>Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Programming work report related to chapter 3</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
11	<p>Signals on Graphs. Time-domain basic operations on signals on graphs. Strategies to define a Fourier transform and a Z-transform of a signal on a graph</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Case study related to chapter 3</p> <p>Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Programming work report related to chapter 3</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
12	<p>Signals on graphs. Frequency Analysis. Spectrum of a Graph. Alternative basis. Frequency response of a Graph.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Case study related to chapter 3</p> <p>Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Programming work report related to chapter 3</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
13	<p>Signals on graphs. Frequency Analysis. Frequency-domain design of filters on graphs.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Case study related to chapter 3</p> <p>Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Programming work report related to chapter 3</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00</p>
14	<p>Signals on graphs. Improving the Fourier Transform on a Graph. Sparse Fourier transform and other strategies. Chapter Applications.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Case study related to chapter 3</p> <p>Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
15				<p>Mid term exam corresponding to chapter 3. The student will have to solve a problem equivalent to the laboratory activities</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:00</p>
16				
				<p>Final exam. The student will have to solve a problem equivalent to the laboratory activities. All the chapters will be covered.</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Global Presencial Duración: 02:00</p>

17				<p>10% of the final mark will be assigned taking into account criteria such as: assisting to lessons, attention, attitude, ability to answer questions in class, preparation in advance of lessons, etc.</p> <p>OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p>
----	--	--	--	--

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Programming work report related to chapter 1	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
2	Programming work report related to chapter 1	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
3	Programming work report related to chapter 1	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03

4	Programming work report related to chapter 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
5	Programming work report related to chapter 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
6	Programming work report related to chapter 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
7	Programming work report related to chapter 2	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
8	Programming work report related to chapter 2	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02

							CE03
9	Mid term exam corresponding to chapters 1-2. The student will have to solve a problem equivalent to the laboratory activities	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	4 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
10	Programming work report related to chapter 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
11	Programming work report related to chapter 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT05 CE02 CE03
12	Programming work report related to chapter 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03
13	Programming work report related to chapter 3	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	01:00	2.5%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02

15	Mid term exam corresponding to chapter 3. The student will have to solve a problem equivalent to the laboratory activities	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	30%	3 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02
17	10% of the final mark will be assigned taking into account criteria such as: assisting to lessons, attention, attitude, ability to answer questions in class, preparation in advance of lessons, etc.	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:00	10%	0 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Final exam. The student will have to solve a problem equivalent to the laboratory activities. All the chapters will be covered.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Extraordinary exam. For those students who are under continuous evaluation, the student will have to solve a problem equivalent to the laboratory activities.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CB06 CB07 CB08 CB09 CB10 CT01 CT03 CT04 CT05 CE02 CE03

7.2. Criterios de evaluación

Students will be qualified through continuous evaluation by default. According to the Normativa de Evaluación del Aprendizaje de la Universidad Politécnica de Madrid. Students willing to renounce to continuous evaluation must complete the Moodle task entitled "Renounce to continuous evaluation" during the first ten weeks of the course (deadline will be announced in Moodle).

Evaluation will assess if students have acquired all the competences of the subject. Thus, evaluation through final assessment will be carried out considering all the evaluation techniques used in continuous evaluation (EX, ET, TG, etc.), and will be celebrated in the exam period approved by Junta de Escuela for the current academic semester and year. Evaluation activities that assess learning outcomes that cannot be evaluated through a single exam can be carried out along the semester.

Extraordinary examination will be carried out exclusively by the final assessment method.

After each chapter, the student will have to program a problem in MATLAB/Python similar to the case study described by the instructor. After completing the program and running some simulations, a short report has to be written and sent to the instructor for evaluation. Each report will be scored with 2,5% of the final mark

One mid term exam including the first 2 chapters counting 30% of the final mark has to be completed. The student will have to solve a certain problem and answer some theoretical aspects.

A second mid term exam including the chapter 3 counting 30% of the final mark has to be completed. The student will have to solve a certain problem and answer some theoretical aspects

10% of the final mark will be assigned taking into account criteria such as: assisting to lessons, attention, attitude, ability to answer questions in class, preparation in advance of lessons, etc.

Those students who have not passed either continuous evaluation of Final Exam will have still an Extraordinary Exam by the end of June with the same structure as that of the Final Exam in 17th week. All the chapters will be covered.

The Final Assessment method will consists on a exam covering all the chapters in the subject. There will be two parts (40% + 60%). The first one will be a few short questions in order to assess the theoretical knowledge. The second part will consist of two problems in order to evaluate the student's ability to solve practical situations.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Signal processing for Big Data	Bibliografía	Notes describing some of the contents of the course.
Python or Matlab code of case studies	Otros	We provide a Matlab/Python code solving some of the case studies proposed in the course.
Course slides	Bibliografía	Slides to be presented by the instructor to support the explanations.

COMON, Pierre. 'Tensors: A brief Introduction', IEEE Signal Processing Magazine, n0. 44, May 2014.	Bibliografía	Important reference of chapter 2
KOLDA, T. G. and BADER, B. W., 'Tensor Decompositions and Applications', SIAM Rev., vol. 51, n0. 3, pp. 455-500, 2009	Bibliografía	Important reference to chapter 2
SHUMAN, D. I., NARANG, S. K. FROSSARD, P., ORTEGA, A., VANDERGHEYNST, P., 'The Emerging Field of Signal Processing on Graphs', IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 83, May 2013.	Bibliografía	Important reference chapter 3
SANDRYHAILA, A., MOURA, J.M, 'Discrete Signal Processing on Graphs', IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 61, n0. 7, pp. 1644-1656, April 2013.	Bibliografía	Important reference chapter 3
SANDRYHAILA, A., MOURA, J.M, 'Discrete Signal Processing on Graphs: Frequency Analysis', IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 62, n0. 12, pp. 3042-3054, June 2014.	Bibliografía	Important reference chapter 3