

Ficha de Unidade Curricular – (Versão A3ES 2018-2023)

1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular** (1.000 carateres).
Métodos Matemáticos para o Processamento de Imagens /
Mathematical Methods for Image Processing
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere** (100 carateres).
MAT
- 1.3. **Duração**¹ (100 carateres).
Semestral
- 1.4. **Horas de trabalho**² (100 carateres).
162h
- 1.5. **Horas de contacto**³ (100 carateres).
TP- 60h
- 1.6. **ECTS** (100 carateres).
6
- 1.7. **Observações**⁴ (1.000 carateres).
- 1.7. **Remarks** (1.000 carateres).

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres). José Alberto de Sousa Rodrigues, 4,5h

3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular (1.000 carateres).

4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes). (1.000 carateres).

Pretende-se com este curso fornecer aos alunos os conhecimentos necessários para a análise de imagens digitais com vista a futuras investigações na área e dota-los da capacidade de utilização da análise digital de imagens para diversas áreas de aplicação, como a computação gráfica, a codificação de imagens, a codificação de vídeo ou problemas de processamento de imagens industriais. O objectivo também é preparar o aluno para estudos adicionais como a visão computacional, a análise de imagens multiespectrais, ou a análise estatística de imagens.

Este curso incide sobre alguns modelos matemáticos e técnicas para várias tarefas de processamento de imagens. O foco será nos aspetos matemáticos dos diferentes problemas da imagem digital.

A aprovação nesta Unidade Curricular habilita os estudantes a:

1. Compreender os princípios da terminologia do Processamento de Imagem Digital utilizada na descrição dos recursos das imagens.
2. Compreender os fundamentos matemáticos para manipulação digital de imagens; aquisição de imagem; pré-processamento; segmentação; processamento, compressão e análise do domínio de Fourier.
3. Elaborar programas para manipulação digital de imagens; aquisição de imagem; pré-processamento; segmentação; Processamento do domínio de Fourier; e compressão.
4. Conhecer os sistemas de processamento de imagem digital.
5. Compreender o melhoramento de Imagem no domínio de frequência.
6. Compreender a Restauração, Compressão, Segmentação, Reconhecimento, Representação e Descrição da Imagem.

4. Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students). (1.000 characters).

The aim of the course is to give to the student the necessary knowledge of digital image analysis for further research within the area and to be able to use digital image analysis within other research areas such as computer graphics, image coding, video coding and industrial image processing problems. The aim is also to prepare the student for further studies like as. computer vision, multispectral image analysis and statistical image analysis.

This course gives an introduction on mathematical models and techniques for various image processing tasks. Our focus will be on the mathematical aspects of different imaging problems.

On successful completion of the course, the students should be able to:

1. Have a clear understanding of the principals the Digital Image Processing terminology used to describe features of images.
2. Have a good understanding of the mathematical foundations for digital manipulation of images; image acquisition; preprocessing; segmentation; Fourier domain processing, compression and analysis.
3. Be able to write programs for digital manipulation of images; image acquisition; preprocessing; segmentation; Fourier domain processing; and compression.
4. Have knowledge of the Digital Image Processing Systems.
5. Learn and understand the Image Enhancement in the Frequency Domain.
6. Understand the Image Restoration, Compression, Segmentation, Recognition, Representation and Description.

5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).

1. Etapas Fundamentais no Processamento Digital de Imagens
2. Um modelo de formação de imagem
 - 2.1. Amostragem e quantização de imagens
3. Transformações de intensidade e filtragem espacial
 - 3.1. Equalização do histograma
 - 3.2. Filtros Lineares Espaciais
4. A Transformada de Fourier e Filtragem no Domínio de Frequência
 - 4.1. Princípios de Filtragem no Domínio de Frequência
5. Restauração de Imagem
 - 5.1. Remoção de ruído em imagens digitais
 - 5.2. Técnicas de limpeza de imagens digitais
 - 5.3. Métodos de minimização de energia para reconstrução de imagem
 - 5.4. Cálculo da condição óptima de primeira ordem no caso contínuo.
6. Segmentação de Imagem
 - 6.1. O detector gradiente de limites
 - 6.2. Problema de Laplace para a detecção de limites (detector de Marr-Hildreth)
 - 6.3. Detecção de limite por evolução de curvas e contornos activos
 - 6.4. Representação de uma curva

5. Syllabus (1.000 characters).

1. Fundamental Steps in Digital Image Processing
2. A simple image formation model
 - 2.1. Image sampling and quantization
3. Intensity transformations and spatial filtering
 - 3.1. Histogram equalization
 - 3.2. Spatial Linear Filters
4. The Fourier Transform and Filtering in the Frequency Domain
 - 4.1. Principles of Filtering in the Frequency Domain
5. Image Restoration
 - 5.1. Image Denoising

- 5.2. Image Deblurring
- 5.3. Energy minimization methods for image reconstruction
- 5.4. Computation of the first order optimality condition in the continuous case .
- 6. Image Segmentation
 - 6.1. The gradient edge detector .
 - 6.2. Edge detection by zero-crossings of the Laplacian (the Marr-Hildreth edge detector)
 - 6.3. Boundary detection by curve evolution and active contours
 - 6.4. Curve Representation

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (1.000 caracteres).

A abordagem integrada e progressiva do programa da UC permitirá que os alunos desenvolvam os conhecimentos e as competências previstas nos objectivos, garantindo-se a coerência entre os conteúdos programáticos. Os objectivos serão cumpridos ao longo da abordagem dos conteúdos e do estudo de casos. O objetivo 1 é atingido com os conteúdos referenciados em 1 e 2, sendo complementado com os restantes conteúdos. Ao longo dos conteúdos 3 a 6 serão abordadas diferentes metodologias que permitem alcançar em primeiro lugar o objetivo 2 e, posteriormente com a sua implementação alcançar os objetivos 3 e 4. Com o conteúdo indicado no ponto 4 será alcançado o objetivo 5. Finalmente, o objetivo 6 é obtido com o estudo dos conteúdos nos pontos 5 e 6.

6. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (1.000 characters).

The integrated and progressive approach of the CU's program will allow students to grow knowledge and skills foreseen on the objectives, ensuring consistency between the course contents. The objectives will be made, throughout the exhibition of the contents and the cases study.

Objective 1 is reached with the contents referenced in 1 and 2, being complemented with the remaining contents. Throughout the contents 3 to 6 will be approached different methodologies that allow to reach first objective 2 and, later, with its implementation, we reach objectives 3 and 4.

Objective 5 will be achieved with the content indicated in point 4.

Finally, goal 6 is obtained by studying the contents in points 5 and 6.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída) (1.000 caracteres).

O desenvolvimento dos conteúdos será realizado com base numa abordagem teórica e teórico-prática, construindo um quadro de referência de base, quer através de exposição, quer de trabalhos de pesquisa e síntese. Estas abordagens serão complementadas, numa perspectiva de aplicação, com a análise imagens e a resolução de problemas.

São admitidos a exame os alunos que:

- assistam a um mínimo de 70% das horas de contacto sumariadas; e
- tenham realizado o trabalho prático.

A avaliação contínua consiste em:

A. Um teste individual escrito, correspondente a 40% da nota final, que incidirá sobre todos os tópicos abordados na unidade curricular. O teste será realizado no termo da leccionação dos respectivos tópicos, em datas a acordar com os alunos no início do semestre.

B. Um trabalho individual prático, correspondente a 30% da nota final.

C. Discussão oral, correspondente a 30% da nota final.

7. Teaching methodologies (including assessment) (1.000 characters).

Content development will include both theoretical and practical approaches. Lectures will be complemented with student research work . Practical strategies will include case study and problem solving.

The students are admitted to the exam if they:

- attend a minimum of 70% of summarized contact hours; and
- have realized the practical work.

The continuous assessment consists of:

A. One individual written tests corresponding to 40% of the final classification, which will focus on all content of the curricular unit. The test will be realized at the end of the respective topics, on dates to be agreed with the students in the beginning of the semester.

B. One practical individual work, corresponding to 30% of the final classification.

C. Oral discussion, corresponding to 30% of the final classification.

8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular (3.000 caracteres).

As metodologias de ensino e de aprendizagem visam o desenvolvimento integrado nos estudantes dos conhecimentos referidos nos conteúdos programáticos e a concretização dos objetivos e competências estabelecidos.

A diversidade de metodologias propostas tem por objetivo potenciar a abordagem do processamento de imagem numa perspectiva da compreensão da sua complexidade, procurando evidenciar diferentes níveis de análise. Os métodos e estratégias propostos pretendem desenvolver nos estudantes conhecimentos, compreensão e competências ao nível das múltiplas aplicações.

A exemplificação com problemas concretos, permite ao aluno perceber como aplicar a matéria usada em situações reais da sua vida profissional. A metodologia utilizada pretende fornecer conhecimentos para formalizar um problema concreto, escolher os métodos adequados a aplicar e proceder à sua correta implementação.

O material didático disponibilizado permite ao aluno acompanhar minuciosamente todos os tópicos da matéria e será o principal instrumento do estudo individual. Os exercícios, incluídos, são os adequados ao desenvolvimento das capacidades exigidas. A resolução de problemas reais, com recurso à utilização de software de utilização livre, possibilita ao aluno apreender o modo real de resolução deste tipo de problemas na sua vida profissional. Os métodos de avaliação permitem averiguar se o aluno adquiriu conhecimentos suficientes para atingir os objetivos propostos na Unidade Curricular.

8. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit's intended learning outcomes (3.000 characters).

Teaching and learning methods aim the knowledge of the contents referred to in the syllabus, reaching the targeted goals and competencies.

The diverse methods aim to approach image processing in their complexity, seeking to highlight different levels of analysis, fostering an integrated knowledge. The proposed strategies aim to develop students' knowledge, understanding and skills for its several applications.

The exemplification with concrete problems, allows the student to understand how to apply the material used in real situations of his professional life. The methodology used aims to provide knowledge to formalize a concrete problem, to choose the appropriate methods to apply and to proceed with its correct implementation.

The learning resources available allow the student to follow all topics in detail and are the main instrument of the individual study. The exercises, included, are those which are suitable for the development of the required capacities. The real problems resolution using free software, allows the student to learn the real way of solving this kind of problems in their professional life. The evaluation methods allow to verify if the student has acquired enough knowledge to reach the objectives proposed in this course.

9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória (1.000 caracteres).

Gregory A. Baxes, Digital Image Processing, Principles and Applications, John Wiley & Sons, New York, 1994.

Ronald N. Bracewell, Two-Dimensional Imaging, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.

Ronald N. Bracewell, The Fourier Transform and Its Applications (Second Edition, Revised), McGraw-Hill, 1986.

Kenneth R. Castleman, Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1996.

Englewood Cliffs, 1988. Michael P. Ekstrom, (Ed.), Digital Image Processing Techniques, Academic Press, New York, 1984.

Jack D. Gaskill, Linear Systems, Fourier Transforms, and Optics, John Wiley & Sons, New York, 1978.

Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Second Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2002.

Wayne Niblack, An Introduction to Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1986.

William K. Pratt, Digital Image Processing, Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1991.

¹ Anual, semestral, trimestral, ...

² Número total de horas de trabalho.

³ Discriminadas por tipo de metodologia adotado (T - Ensino teórico; TP - Ensino teórico-prático; PL - Ensino prático e laboratorial; TC - Trabalho de campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação tutorial; O - Outro).

⁴ Assinalar sempre que a unidade curricular seja optativa.