

Ficha de Unidade Curricular – (Versão julho de 2023)

1. Caracterização da Unidade Curricular.

- 1.1. **Designação da unidade curricular (1.000 carateres).**
Métodos Matemáticos para o Processamento de Imagens
- 1.2. **Sigla da área científica em que se insere (100 carateres).**
MAT
- 1.3. **Duração¹ (100 carateres).**
Semestral
- 1.4. **Horas de trabalho² (100 carateres).**
162h
- 1.5. **Horas de contacto³ (100 carateres).**
67,5h
- 1.6. **ECTS (100 carateres).**
6
- 1.7. **Observações⁴ (1.000 carateres).**
Optativa
- 1.7. **Remarks (1.000 carateres).**
Elective

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular (preencher o nome completo) (1.000 carateres).

José Alberto de Sousa Rodrigues, 67,5h

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 esta unidade curricular fornecer aos alunos os fundamentos matemáticos necessários para a compreensão dos métodos de análise de imagens digitais, fornecendo-lhes a capacidade de utilização da análise digital de imagens para diversas áreas de aplicação.

A aprovação nesta Unidade Curricular habilita os estudantes a:

1. Compreender os fundamentos matemáticos para manipulação digital de imagens; aquisição de imagem; pré-processamento, segmentação, processamento e compressão.
2. Compreender os princípios da terminologia do Processamento de Imagem Digital utilizada na descrição dos recursos das imagens.
3. Elaborar programas para manipulação digital de imagens, aquisição de imagem, pré-processamento, segmentação e compressão.
4. Conhecer os sistemas de processamento de imagem digital.
5. Compreender os métodos matemáticos e numéricos para 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 this course is to provide the students with the necessary mathematical foundations for understanding digital image analysis methods, providing them with the skills to use digital image analysis for different applications areas.

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

1. Have a good understanding of the mathematical foundations for digital manipulation of images, image acquisition, preprocessing, segmentation, compression and analysis.
2. Have a clear understanding of the principals the Digital Image Processing terminology used to describe features of images.
3. Be able to write programs for digital manipulation of images, image acquisition, preprocessing, segmentation and compression.
4. Have knowledge of the Digital Image Processing Systems.
5. Understand the mathematical and numerical methods for the Image Restoration, Compression, Segmentation, Recognition, Representation and Description.

5. Conteúdos programáticos (1.000 carateres).

1. Etapas Fundamentais no Processamento Digital de Imagens
 - 1.1. Problemas de optimização e regularização.
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. Aprendizagem Profunda aplicada à Visão Computacional
 - 4.1. Utilização de classificadores lineares para a categorização de imagens
 - 4.2. Classificação de imagens com redes neurais convolucionais
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. Equações Diferenciais Parciais e Modelos de Regularização Variacional para Restauração de Imagens.
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

5. Syllabus (1.000 characters).

1. Fundamental Steps in Digital Image Processing
 - 1.1. Mathematical optimization and regularization
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. Deep Learning for Computer Vision
 - 4.1. Image Classification with Linear Classifiers
 - 4.2. Image Classification with Convolutional neural networks
5. Image Restoration
 - 5.1. Image Denoising
 - 5.2. Image Deblurring
 - 5.3. Energy minimization methods for image reconstruction
 - 5.4. Partial Differential Equations and Variational regularization models for image restoration.
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. 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 objetivos 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.

Finalmente, o objetivo 5 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.

Finally, goal 5 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, quer através de exposição, ou de trabalhos de pesquisa e síntese. Estas abordagens serão complementadas, numa perspectiva de aplicação, com a análise imagens e a resolução de problemas.

A avaliação final consiste na realização de:

- A. Um teste individual escrito, correspondente a 30% 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 40% da nota final.
- C. Discussão oral do trabalho individual, correspondente a 30% da nota final.

Para qualquer uma das componentes da avaliação A, B e C, anteriormente referidas, é obrigatória a obtenção de uma classificação mínima de 8,00 valores, obtendo-se aprovação com uma média superior ou igual a 9,50 valores.

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 final grade consists of carrying out:

- A. One individual written test corresponding to 30% 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 40% of the final classification.
- C. Oral defense of individual work, corresponding to 30% of the final classification.

For all the previously mentioned components of the A, B and C assessment, it is mandatory to obtain a minimum classification of 8.00 values, obtaining approval with an average greater than or equal to 9.50 values.

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 objectivos e competências estabelecidos.

A diversidade de metodologias propostas tem por objectivo 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).

1. T. Acharya and A. K. Ray, Image processing: Principles and Applications. Wiley-Interscience, 2005.
2. M. Bergounioux, Introduction au traitement mathématique des images - méthodes déterministes. Springer Nature, 2015
3. J. M. Blackledge, Image processing: Mathematical Methods and Applications. 1997.
4. R. N. Bracewell, Two-Dimensional Imaging, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.
5. K. Bredies and D. Lorenz, Mathematical image processing. Springer, 2019.
6. O. Calin, Deep Learning Architectures: A Mathematical Approach. Springer, 2020.
7. M. P. Ekstrom, Digital image processing techniques. Academic Press, 2012.
8. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 4Th Edition, Pearson, 2019.
9. W. Niblack, An Introduction to Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1986.
10. W. K. Pratt, Digital Image Processing, Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1991.