

## FISA DISCIPLINEI

<b>Denumirea disciplinei</b>	Digital Image Processing
<b>Domeniul de studiu</b>	Inginerie electronica si telecomunicatii
<b>Specializarea</b>	Tehnologii și Sisteme de Telecomunicații
<b>Codul disciplinei</b>	51325008-2
<b>Titularul disciplinei</b>	Prof.dr.ing. Aurel Vlaicu – Aurel.Vlaicu@com.utcluj.ro
<b>Colaboratori</b>	Conf. dr. ing. Mihaela Gordan – Mihaela.Gordan@com.utcluj.ro Drd. ing. Adrian Chioreanu – Adrian.Chioreanu@com.utcluj.ro Drd. ing. Camelia Popa – Camelia.Popa@com.utcluj.ro
<b>Catedra</b>	Comunicații
<b>Facultatea</b>	Electronica, Telecomunicații și Tehnologia Informației

Sem.	Tipul disciplinei	Curs			Aplicații			Stud. Ind.	TOTAL	Credit	Forma de verificare		
		[ore/săpt.]			[ore/sem.]								
		S	L	P	S	L	P						
<b>1</b>	<b>Ing. de specialitate</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>64</b>	<b>120</b>	<b>4</b>	<b>Examen</b>

### Competențe dobândite:

#### Cunoștințe teoretice (Ce trebuie să cunoască)

Să cunoască metode de achiziție, eșantionare și cuantizare a imaginilor – baza obținerii imaginilor digitale  
Să cunoască tehnicile matematice principale utilizate în prelucrarea numerică a imaginilor: reprezentarea matematică a imaginilor digitale monocrome și color; transformări ale imaginilor digitale; prelucrări punctuale și spațiale în imaginile digitale; prelucrarea imaginilor digitale în domeniul transformat  
Să cunoască principiile și algoritmi de bază utilizați în îmbunătățirea imaginilor digitale și în filtrarea zgomotului din imaginile digitale.

Să cunoască principiile restaurării imaginilor digitale.

Să cunoască principiile și algoritmi de bază utilizați în analiza și interpretarea imaginilor digitale: detecția, extragerea și reprezentarea conturului obiectelor și regiunilor, segmentarea imaginilor și reprezentarea regiunilor, analiza morfologică a imaginilor, descrierea cantitativă și simbolică a obiectelor și regiunilor din imagini digitale.

Să cunoască principiile codării și compresiei imaginilor statice și principalele tehnici folosite în compresia imaginilor: codarea și compresia pixelilor; tehnicile predictive de codare și compresie; compresia de imagini folosind transformări de imagini; compresia imaginilor prin transformări adaptive; codarea imaginilor binare

Să cunoască modalitățile de evaluare a performanțelor tehnicilor de codare/compresie a imaginilor; definirea și calcularea parametrilor cantitativi, descriptori ai performanțelor compresiei: eficiența codării; raportul semnal/zgomot; rata de compresie

Să cunoască principiile și modalitatea de implementare a codării/compresiei intercadre a secvențelor video

Să cunoască principalii algoritmi utilizați în codarea secvențelor video pentru maximizarea ratei de compresie și minimizarea erorilor: tehnici simple de codare a zonelor staționare și în mișcare; estimarea mișcării și compensarea mișcării intercadre; algoritmi de codare hibridă intercadre. Să cunoască principalii algoritmi de estimare a mișcării, avantajele și dezavantajele lor

Să cunoască structura și algoritmi implementați în variantele de bază ale standardelor de compresie a imaginilor statice și secvențelor video cele mai utilizate la ora actuală: standardul JPEG de compresie a imaginilor statice; standardul MPEG de compresie a secvențelor video

#### Deprinderi dobândite: (Ce știe să facă)

După parcurgerea disciplinei studenții vor fi capabili:

- să selecteze, dezvolte și implementeze software (în LabView și C++ sau Matlab) algoritmi de bază de prelucrare a imaginilor digitale, utilizați în prelucrări de uz general, îmbunătățiri de imagini, filtrare de zgomot, analiza imaginilor, compresia și codarea imaginilor statice (monocrome, color, binare) și secvențelor video
- să proiecteze, dezvolte și implementeze componente software (în C++, Matlab) de compresie și decompresie de imagini
- să proiecteze, dezvolte și implementeze software (în LabView, C++) subsisteme de prelucrare a imaginilor digitale, începând de la achiziție, îmbunătățire și filtrare, până la analiza cantitativă/calitativă, redare, stocare, codare
- să integreze componente software existente dedicate diferitelor tipuri de prelucrare a imaginilor în aplicații de imagistică de uz general, de analiză a imaginilor, de transmisie, stocare și indexare a imaginilor (bazate pe standardele de compresie a imaginilor și secvențelor video)
- să evalueze, vizual și cantitativ, performanțele și funcționalitatea subsistemelor de prelucrare și compresie a imaginilor (aplicații proprii dezvoltate/implementate și aplicații existente)

#### Abilități dobândite: (Ce echipamente, instrumente știe să mănuiască)

După parcurgerea disciplinei studenții vor putea:

- folosi mediul de dezvoltare de aplicații LabView și biblioteca dedicată prelucrărilor de imagini ImaqVision pentru realizarea unei aplicații complete (de medie complexitate) de prelucrare și analiză a imaginilor,

## FISA DISCIPLINEI

<p>incluzând componente de achiziție, decompresie, compresie, redare a rezultatelor prelucrării și cuantificare a rezultatelor analizei imaginii</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliza mediul de programare Matlab și toolbox-ul Image Processing sau mediul de programare Borland C++ Builder pentru dezvoltarea și implementarea de module și funcții de prelucrare a imaginilor digitale și funcții și module de codare și compresie a imaginilor digitale și secvențelor video, în special bazate pe transformări de imagini și pe estimarea mișcării</li> <li>- utiliza mediul de programare Matlab și toolbox-ul Image Processing sau mediul de programare Borland C++ Builder pentru dezvoltarea și implementarea de aplicații de prelucrare a imaginilor digitale comprimate JPEG în domeniul comprimat și al secvențelor video comprimate MPEG în domeniul comprimat (pentru aplicații de recunoaștere de forme, detecție de efecte speciale, indexare de imagini după conținut)</li> <li>- cunoaște și combina funcții existente în mediile de dezvoltare/programare LabView, Matlab, Borland C++ Builder și în bibliotecile de funcții aferente, dedicate manipulării imaginilor digitale și dezvoltării de aplicații cu interfață grafică pentru realizarea de sisteme de prelucrare și compresie a imaginilor digitale</li> </ul>
---

### Cerințe prealabile ( Dacă este cazul)

Cunoștințe de matematică avansată; matematici discrete; probabilități; teoria semnalelor; noțiuni de bază din cursul de prelucrarea numerică a semnalelor

### A. Curs (titlul cursurilor + programa analitica)

1	Basic concepts in digital image processing, analysis and compression. General structure of digital image processing systems. Mathematical representation of digital grey level images and digital color images.
2	Image digitization. Image sampling: the sampling theorem in two-dimensional space; the Nyquist rate and the alias effect; image reconstruction from its samples; optimal image sampling.
3	Image quantization. Uniform quantization; optimal quantization; visual quantization. Color image quantization.
4	Digital image representation spaces. Two-dimensional unitary separable transforms of digital images: sinusoidal transforms (DFT, DCT); rectangular transforms (Walsh, Haar).
5	Eigenvectors based digital image transforms (Karhunen-Loeve; SVD). Applications of transformed domain image representation in image processing and compression algorithms: image energy compaction; image compression; noise filtering; transform domain image coding.
6	Digital image content modeling by grey level histograms. Point operations for digital image enhancement: grey scale transforms; contrast stretching and contrast enhancement algorithms.
7	Spatial operations for digital image enhancement: low-pass filtering for noise reduction; edge enhancement; contrast inverse transformation and statistical scaling; zooming.
8	Image restoration principles. Image observation models. Image degradation estimation. Algorithms for image blurring reduction. Algorithms for deterministic and/or random noise filtering.
9	Digital image analysis. General structure of digital image analysis systems. Types of features spaces for regions of interest description in digital images. Contour detection; edge detection algorithms and contour detection algorithms. Contour extraction and representation. Extraction and representation of homogeneous regions. Texture representation. Texture descriptors. Digital image segmentation algorithms.
10	Shape descriptors. Shape based object recognition. Geometric features; statistical moments features; regenerative features; syntactical features. Morphological image processing and analysis: binary morphology operators – erosion; dilation; other operators. Medial axis transforms; objects skeletons; boundary thinning.
11	Introduction to digital image compression. Main categories of compression methods. Lossless compression methods versus lossy compression methods. Measures of the compression/coding efficiency. Pixels coding – pulse code modulation, entropy coding, run length coding. Arithmetic coding. Predictive coding techniques: delta modulation, DPCM, line-by-line DPCM, two-dimensional DPCM
12	Transform coding/compression of digital images. Bits allocation algorithms. Lossy compression algorithm using the 2-D DCT transform. Zonal coding; threshold based coding. Adaptive transform based image coding. Half-tone image coding. RLC coding. Differential predictive quantization. READ coding. Color image coding; multi-spectral image coding.
13	Video coding. Interframe coding: principles; basic interframe coding techniques. Conditional replacement interframe coding. Adaptive predictive video coding. Predictive video coding with interframe motion compensation. Motion estimation algorithms. Hybrid interframe coding. Three dimensional transforms based approach to video coding.
14	Compression standards for digital still images and digital video sequences. The JPEG standard. Baseline lossy JPEG, based on DCT. The JPEG encoding and JPEG decoding. Basic video coding standards: H.261; H.263. The MPEG compression standards. Coding principles, baseline MPEG coding, performances, typical applications. Chrominance information encoding in JPEG and MPEG.

## FISA DISCIPLINEI

<b>B1. Aplicații – LUCRARI</b> (lista lucrări, teme de seminar, conținutul proiectului de an)		
1	Introduction to IMAQ Vision. Generic structure of digital image processing applications in LabView using IMAQ Vision.	
2	The IMAQ PCI 1411 video capture board. Digital image acquisition, rendering and storage in LabView with a video capture board.	
3	The two-dimensional discrete Fourier transform (DFT) and applications: digital image filtering in the frequency domain (Fourier domain).	
4	Digital image enhancement algorithms: grey scale transforms, point operations for color image enhancement, spatial operations for digital image enhancement.	
5	Digital image morphology: morphological transforms and morphological image processing.	
6	The discrete cosine transform (DCT) – applications to digital image compression. Digital image compression algorithm based on the two-dimensional DCT.	
7	The JPEG compression standard. Grey scale and color image processing in the compressed domain.	
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
<b>B2. Sala laborator</b> (Sala/suprafata, adresa) 509/40 m <sup>2</sup> , Str. Observator, nr.1, et.5		
Echipament	Descriere echipament	Anul achizitiei
Retea de calculatoare (10 buc.)	4 calculatoare PC Pentium IV, 1GB, HDD 160GB, DVD, Monitor 19" 5 Sisteme de calcul multimedia HP XW6400 Workstation 1 Statie grafica HP XW 6400 Switch-uri Linksys SRW 2016 (pt. 16 calc. desktop)	2006 2007 2007 2007
Software:	LabView 7.0 cu biblioteca IMAQ Vision Borland Studio 2006 / licenta educationala completa	2005 2006
Placă de captură video profesională	IMAQ PCI1411 / National Instruments – 8 bucăți	2007
Multifuncțională	Multifuncțională XEROX	2007
Camere video	Camera Video profesionala cu iesire analogica Webcam Logitech QuickCam Pro 9000 - 6 bucăți	2002 2008
<b>C1. Aplicații – PROIECT</b> (lista lucrări, teme de seminar, conținutul proiectului de an)		
1	Presentation of the project topics. Presentation of the implementation requirements – general and specific to each topic. References. Project work planning – milestones. Specifications about the presentation of results.	
2	Theoretical study phase. Deliverable: reports on the suggested/selected algorithms to solve the application. Discussions and questions.	
3	Design phase. Deliverable: block diagram of the application. Prezentare a schemei-bloc a aplicației. Discussions, questions, suggestions.	
4	Application modules implementation phase. Deliverable: the implemented modules; verification of functionality on test data; report on the preliminary results. Discussions on the implementation difficulties and suggested solutions.	
5	Application implementation phase: integration of the modules. Deliverables: verification of functionality on test data. Discussions on the implementation difficulties and suggested solutions.	
6	Application testing on real data: acquired images and/or videos. Deliverables: the processing results; performance evaluation; project documentation/report.	
7	Presentation of the project – oral (theoretical) and experimental demonstration; evaluation/grading.	
<b>C2. Conținutul proiectului de an:</b>		
1	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of image enhancement applications, based on point operations, in grey scale and color images.	
2	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of modules/components/functions for the implementation of image transforms with applications to image compression: Wavelet; DCT; DST.	

## FISA DISCIPLINEI

3	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of digital image filtering applications based on the Walsh, Fourier, DCT transforms.
4	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of modules/components/functions for the implementation of eigenvectors based image transforms: Karhunen Loeve, SVD.
5	Software design and implementation (C++, Matlab) of a baseline compression module based on SVD.
6	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of quantitative and structural image analysis applications based on binary and grey scale morphology.
7	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of modules/components/functions for contour detection and contour extraction.
8	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of modules/components/functions for the representation of objects' contour; build contour-based objects' models.
9	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of modules/components/functions for region based image segmentation and for region representation
10	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of image analysis applications based on shape descriptors based object models
11	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of digital image analysis applications based on grey scale morphology
12	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of image compression applications based on the baseline JPEG image compression
13	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of an JPEG encoder/decoder
14	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of compressed domain digital image processing: image enhancement in the JPEG compressed domain
15	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of video sequence processing applications (with interframe coding): key frames selection; object tracking
16	Software design and implementation (C++, LabView, Matlab) of color image indexing and classification applications on JPEG compressed color images, in the compressed domain

### C3. Sala proiect (Sala/suprafata, adresa) 509/40 m<sup>2</sup>, Str. Observator, nr.1, et.5

Echipament	Descriere echipament	Anul achizitiei
Retea de calculatoare (10 buc.)	4 calculatoare PC Pentium IV, 1GB, HDD 160GB, DVD, Monitor 19" 5 Sisteme de calcul multimedia HP XW6400 Workstation 1 Statie grafica HP XW 6400 Switch-uri Linksys SRW 2016 (pt. 16 calc. desktop)	2006 2007 2007 2007
Software:	LabView 7.0 cu biblioteca IMAQ Vision Borland Studio 2006 / licenta educationala completa	2005 2006
Placă de captură video profesională Multifuncțională	IMAQ PCI1411 / National Instruments – 8 bucăți	2007
Camere video	Camera Video profesionala cu iesire analogica Webcam Logitech QuickCam Pro 9000 - 6 bucăți	2002 2008

### D. Studiul individual (tematica studiilor bibliografice, materiale de sinteză, proiecte, aplicații etc.)

1. Bazele matematice ale prelucrării imaginilor digitale
2. Transformări de imagini: transformări sinusoidale, rectangulare, bazate pe vectori proprii; aplicații
3. Tehnici de îmbunătățire a imaginilor digitale monocrome și color: operațiuni punctuale; operațiuni spațiale
4. Sisteme de analiză a imaginilor digitale (monocrome și color) și aplicații
5. Algoritmi de compresie a imaginilor statice monocrome, binare, color; standarde de compresie; JPEG 2000
6. Algoritmi de compresie a secvențelor video și de prelucrare în domeniul comprimat: variante recente ale standardului MPEG

Structura studiului individual	Studiu materiale curs	Rezolvări teme, lab., proiecte	Pregătire aplicații	Timp alocat examinării or	Studiu bibliografic suplimentar	Total ore pregătire individuală
Nr. ore	23	14	14	3	10	64

### E. Strategii și metode de predare

- mijloace multimedia: videoproiector; smartboard; tablet PC
- stil de predare interactiv: alternarea mijloacelor multimedia cu mijloacele clasice (tabla de scris); utilizarea de applet-uri în cadrul predării, pentru ilustrarea funcționării metodelor/algoritmilor prezentați (instruire asistată de calculator);

## FISA DISCIPLINEI

- metode de predare: învățarea prin cooperare, alternând expunerea și explicațiile cu întrebările; mobilizarea studenților în deducerea demonstrațiilor matematice; exemplificarea numerică, vizuală și exercițiul; dezbateră și conversația profesor – student și student – student.
- cercuri științifice: poziții de dezvoltare/implementare algoritmi în cadrul centrului de tehnologii multimedia (CTMED, icar.utcluj.ro); atragere în contractele de cercetare cu componentă de analiză/prelucrare de imagini, în etapele de documentare, elaborare rapoarte de tip stadiu actual și implementare/verificare de algoritmi – cu perspectiva continuării cercetării în cadrul proiectelor de diplomă; în acest caz tematicile de documentare/implementare abordate vor constitui tema de proiect la disciplină
- consultatii: 1 oră săptămânal, după ședințele de curs/aplicații, sau prin intermediul mijloacelor de comunicare virtuale (Internet); 2 ore în sesiunea de examinări, înainte de examen;
- vizite de studii: posibilitatea vizualizării unor aplicații de analiză de imagini (imagistică medicală, software demonstrativ de analiză și interpretare de imagini) la parteneri ai proiectelor de cercetare în care colectivul este implicat; stimularea și susținerea participării la prelegeri și conferințe/simpozioane locale pe tematica prelucrărilor de imagini și aplicațiilor lor

### **Bibliografie** (Cursuri, îndrumătoare de lucrări, proiect, culegeri de probleme)

#### **In biblioteca UTC-N:**

1. Rafael C.Gonzalez, Richard E.Woods, *Digital Image Processing (3<sup>rd</sup> Edition)*, ISBN 9780131687288, Editura Prentice Hall, 2008
2. Milan Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, *Image Processing, Analysis, and Machine Vision (3<sup>rd</sup> Edition)*, ISBN 978-0-495-08252-1, Thomson Learning, Apr 2007
3. Scott E. Umbaugh, *Computer Imaging: Digital Image Analysis and Processing*, ISBN 9780849329197, CRC Press, Ianuarie 2005
4. A. Vlaicu, *Prelucrarea numerică a imaginilor*, Editura Albastră, Cluj-Napoca, 1997
5. B. Orza, A. Vlaicu, C. Popa, M. Gordan, *Viziunea computerizată în exemple și aplicații practice*, în curs de apariție la Editura UT Press, Cluj-Napoca, 2007
6. B. Orza, A. Vlaicu, *Aplicații ale prelucrărilor digitale de imagini*, Editura UT Press, Cluj-Napoca, 2003
7. M. Gordan, *Sisteme de analiză a imaginilor digitale folosind clasificatoare mașini cu vectori suport*, Ed. Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, 2006, ISBN 973-686-867-2

#### **Materiale didactice virtuale**

1. A. Vlaicu, M. Gordan, *Digital image processing – lecture slides (Powerpoint)*, icar.utcluj.ro – Discipline
2. B. Orza, A. Vlaicu, M. Gordan, C. Popa – *Applications of digital image processing – laboratory support*, icar.utcluj.ro – Discipline
3. M. Gordan, A. Vlaicu, *Digital image processing – practical examples (exercises)*, manuscris, icar.utcluj.ro – Discipline
4. A. Vlaicu – *Digital image processing lecture notes (manuscript)*

#### **In alte biblioteci:**

1. W. K. Pratt, *Digital Image Processing: PIKS Inside, 3<sup>rd</sup> Edition*, John Wiley & Sons, 2001
2. A. Netravali, B. Haskell - *Digital Pictures- Representation and Compression*, Plenum Press, 1990
3. J. S. Lim - *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1990.

### **Modul de examinare și atribuire a notei**

Modul de examinare	Examenul constă din verificarea cunoștințelor prin rezolvarea de probleme și o parte teorie (întrebări) în scris (1,5 ore).
Componentele notei	Examen (nota E); Laborator (nota L); Proiect (nota P); Activitate curs (nota AC)
Formula de calcul a notei	$N=0,6E+0,1L+0,2P+0,1AC$ ; Condiția de obținere a creditelor: $E \geq 5$ ; $P \geq 5$ ; $N \geq 5$

Responsabil disciplina

Prof.dr.ing. Aurel VLAICU