**fișa disciplinei**

**1. Date despre program**

|  |  |
| --- | --- |
| 1.1 Instituția de învățământ superior/  | Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA din București/  |
| 1.2 Facultatea | **Facultatea de inginerie aerospațială** |
| 1.3 Departamentul | **Ingineria sistemelor aeronautice si management aeronautic „Nicolae Tipei”** |
| 1.4 Domeniul de studii universitare  | Inginerie aerospațială |
| 1.5 Programul de studii universitare  | Echipamente si instalații de aviație |
| 1.6 Ciclul de studii universitare | Licență |
| 1.7 Limba de predare | Română |
| 1.8 Locația geografică de desfășurare a studiilor  | București  |

**2. Date despre disciplină**

|  |  |
| --- | --- |
| 2.1 Denumirea disciplinei/Course title(ro)(en)  | **Procesarea digitală a semnalelor****Digital Signal Processing** |
| 2.2 Titularul activităților de curs | Prof. dr. ing. Teodor-Lucian GRIGORIE |
| 2.3 Titularul activităților de seminar / laborator/proiect | S.l. dr. ing. Mihai BARBELIAN |
| 2.4 Anul de studiu | 3 | 2.5 Semestrul | II | 2.6. Tipul de evaluare | V | 2.7 Statutul disciplinei | Op |
| 2.8 Categoria formativă | DS | 2.9 Codul disciplinei | UPB.09.S.06.A.005 |

**3. Timpul total** (ore pe semestru al activităților didactice

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.1 Număr de ore pe săptămână | 3 | Din care: 3.2 curs | 1 | 3.3 laborator | 2 |
| 3.4 Total ore din planul de învățământ  | 42 | Din care: 3.5 curs/  | 14 | 3.6 laborator | 28 |
| Distribuția fondului de timp | ore |
| Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe. Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate. Pregătire laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri. | 5 |
| Tutorat | 1 |
| Examinări | 2 |
| Alte activități (dacă există):  |  |
| **3.7 Total ore studiu individual** | **8** |
| 3.8 Total ore pe semestru | **50** |
| 3.9 Numărul de credite | **2** |

**4. Precondiții** (acolo unde este cazul)

|  |  |
| --- | --- |
| 4.1 de curriculum | Parcurgerea următoarelor discipline: Analiză matematică; Algebră liniară, geometrie analitică și diferențială; Programarea calculatoarelor și limbaje de programare; Ecuații diferențiale; Matematici speciale; Metode numerice în aviaţie; Metode cu diferențe finite în aviație; Bazele electrotehnicii. |
| 4.2 de rezultate ale învățării | Acumularea următoarelor cunoștințe: numere complexe, matrici și vectori; funcții, serii, derivare și integrare; transformata Fourier și seria Fourier; semnale continue și discrete în timp; răspunsul în frecvență al sistemelor; reprezentarea semnalelor în domeniul timp și frecvență; cunoștințe de programare de bază (preferabil în MATLAB, Python sau C); utilizarea instrumentelor software pentru analiza și prelucrarea semnalelor; cunoștințe de bază în electrotehnică. |

**5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice** (acolo unde este cazul)/

|  |  |
| --- | --- |
| 5.1 de desfășurare a cursului  | Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu tablă, videoproiector și computer.  |
| 5.2 de desfășurare a laboratorului | Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă tablă, rețea de calcul necesara lucrului asistat la laborator. Software preinstalat: MATLAB. |

**6. Obiectiv general**

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului INGINERIE AEROSPAȚIALĂ /specializarea ECHIPAMENTE SI INSTALAȚII DE AVIAȚIE și își propune să ofere studenților o înțelegere aprofundată a conceptelor fundamentale și avansate din procesarea digitală a semnalelor.

Disciplina abordează ca tematică specifică următoarele noțiuni de bază/avansate, concepte și principii specifice:

* Reprezentarea în timp a semnalelor,
* Eșantionarea semnalelor și reconstrucția acestora,
* Modelarea sistemelor discrete în timp,
* Utilizarea transformatei Z în analiza sistemelor liniare discrete,
* Reprezentarea frecvențială a semnalelor,
* Analiza spectrală a semnalelor,
* Proiectarea și analiza filtrelor recursive și a filtrelor Cebîșev,
* Aplicarea metodelor de procesare digitală în sistemele GNSS,

toate acestea contribuind la formarea unei viziuni integrate asupra tehnicilor moderne de procesare digitală, cu aplicații practice în ingineria aerospațială, punând accent pe dezvoltarea gândirii analitice, abilității de modelare și simulare, precum și pe utilizarea instrumentelor software dedicate.

**7. Rezultatele învățării**

|  |  |
| --- | --- |
| **Cunoștințe** | * **Explică** conceptele fundamentale ale semnalelor continue și discrete, precum și relația dintre ele prin procesul de eșantionare;
* **Descrie** rolul și utilizarea transformatei Z și a transformatei Fourier în analiza sistemelor digitale;
* **Identifică** și **clasifică** filtrele numerice (FIR/IIR, Cebîșev, Butterworth etc.) în funcție de caracteristicile acestora;
* **Analizează** comportamentul spectral al semnalelor în domeniul frecvenței, inclusiv în prezența zgomotului;
* **Explică** modul în care semnalele sunt procesate în aplicații moderne, cum ar fi cele utilizate în sistemele GNSS.
* **Identifică și descrie** principiile și metodele de bază ale ingineriei aerospațiale.
* **Analizează și explică** rezultate teoretice și experimentale, documentație tehnică , fenomene și procese din domeniul aerospațial.
 |
| **Abilități** | * **Modelează** și **analizează** sisteme digitale folosind ecuații cu diferențe finite și transformata Z;
* **Capacitatea** de a proiecta și simula numeric filtre digitale folosind instrumente software;
* **Aplică** algoritmi FFT pentru determinarea spectrului semnalelor discrete;
* **Interpretează** rezultatele obținute din analiza spectrală și le utilizează pentru optimizarea prelucrării semnalului;
* **Formulează** puncte de vedere privind filtrarea corectă a semnalelor;
* **Identifică** soluții și propune arhitecturi de sisteme de procesare digitală a semnalelor pentru diverse aplicații;
* **Utilizează** conceptele învățate în aplicații practice din ingineria aerospațială;
* **Capacitatea** de a analiza rezultatele unor măsurători experimentale si de a identifica elementele funcționale ale sistemului de procesare digitală a semnalelor.
* **Operează cu principii și metode de bază** din domeniu și le asociază cu reprezentări grafice specifice domeniului ingineriei aerospațiale.
* **Aplică** principii și metode de bază din tehnologiile digitale și rezolvă probleme de complexitate medie asociate reprezentărilor grafice, bazelor de date, modelării și simulării, specifice ingineriei aerospațiale.
* **Selectează și aplică** concepte, principii și metode de bază din domeniu pentru calcule specifice unor aplicații aerospațiale.
* **Selectează și aplică** criterii, principii și metode de evaluare pentru identificarea, modelarea și experimentarea fenomenelor și proceselor specifice ingineriei aerospațiale, analizează și interpretează rezultatele obținute.
* **Elaborează** proiecte profesionale de complexitate medie prin selectarea, combinarea și utilizarea de concepte, principii, metodologii și tehnologii din domeniu.
* **Utilizează** cunoștințelor din disciplinele fundamentale ale ingineriei în efectuarea de calcule, demonstrații și aplicații, pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale.
* **Utilizează** programe de calcul comerciale și a tehnologiilor digitale pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale, în general, și a celor specifice analizei și proiectării echipamentelor de dirijare, navigație și comandă a aeronavelor, în particular.
* **Modelează și** **analizează** dinamica aeronavelor, proiectează sistemele de comandă a zborului, a echipamentelor de stabilizare și reglare automată de la bordul aeronavelor.
* **Utilizează și evaluează** performanțele aparatelor de bord și a echipamentelor electrice și hidraulice ale aeronavelor.
* **Întreține și inspectează** sistemele și echipamentele de avionică, efectuează diagnoza defectelor și dă soluții de reparare a acestora.
* **Selectează, combină și utilizează** cunoștințele, principiile și metodele din științele de bază ale domeniului inginerie aerospațială și asocierea acestora cu scheme funcționale și reprezentări grafice-desen tehnic pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale si de sistem.
 |
| **Responsabilitate și autonomie** | * **Selectează** surse bibliografice și instrumente software adecvate pentru analiza și procesarea semnalelor;
* **Lucrează** în echipă sau individual pentru realizarea de proiecte în domeniul procesării digitale;
* **Demonstrează** autonomie în utilizarea unor instrumente software pentru simularea și procesarea semnalelor digitale;
* **Respectă principiile eticii profesionale** în dezvoltarea de algoritmi și în utilizarea datelor experimentale;
* **Evaluează critic** performanțele sistemelor de procesare digitală și propune soluții de îmbunătățire;
* **Manifestă** inițiativă și autonomie în abordarea problemelor tehnice specifice domeniului;
* **Manifestă** interes pentru utilizarea cunoștințelor dobândite în soluții inovatoare, utile în domenii interdisciplinare (ex. transport inteligent, comunicații GNSS, electronică aplicată);
* **Realizează** prezentări tehnice pe teme de procesare digitală, demonstrând asumarea conținutului și capacitate de argumentare;
* **Contribuie** la elaborarea de lucrări științifice sau tehnice pe teme precum analiza spectrală, filtrare adaptivă sau procesarea în timp real.
* **Selectează** și utilizează surse bibliografice specifice domeniului ingineriei aerospațiale.
* **Demonstrează autonomie** în învățare pe problematici specifice domeniului ingineriei aerospațiale.
* **Execută responsabil sarcinile profesionale**, cu respectarea valorilor și eticii profesionale, în condiții de autonomie restrânsă și asistență calificată, pe baza documentării, raționamentului logic, convergent și divergent, aplicabilității practice, evaluării, autoevaluării și deciziei optime.
* **Realizează activități** și desfășoară roluri specifice muncii în echipă pe diferite responsabilități și distribuie de sarcini pentru nivelurile subordonate, pe baza comunicării și dialogului, cooperării, atitudinii pozitive și respectului fată de ceilalți, recunoașterii diversității și multiculturalității, utilizării feed-back-ului pentru îmbunătățirea activității proprii, spiritului de inițiativă și conștientizării limitărilor impuse de echipa de conducere.
* **Autoevaluează** obiectiv nevoia de formare profesională continuă și deschiderea către învățarea pe tot parcursul vieții, precum și utilizarea eficientă a abilităților lingvistice, a cunoștințelor de tehnologia informației și a comunicării pentru dezvoltarea personală și profesională, în scopul inserției pe piața muncii și al adaptării la dinamica cerințelor acesteia.
 |

**8. Metode de predare**

Pornindu-se de la analiza caracteristicilor de învățare ale studenților și de la nevoile lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expozitive (prelegerea, expunerea), cât și conversative-interactive, bazate pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directa și indirectă a realității (experimentul, demonstrația, modelarea), dar și pe metode bazate pe acțiune, precum exercițiul, activitățile practice și rezolvarea de probleme.

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, în baza unor prezentări in sau diferite filmulețe care vor fi puse la dispoziția studenților. Fiecare curs va debuta cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs.

Prezentările utilizează imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat.

Demonstrațiile de calcul vor fi prezentate secvențial, invitând cursanții sa le completeze.

Această disciplină acoperă informații și activități practice menite să-i sprijine pe studenți în eforturile de învățare logica într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Dezvoltările teoretice se vor exemplifica prin soluții tehnice existente si modul cum modelele de calcul se adaptează acestor soluții.

Se va avea în vedere exersarea abilităților de ascultare activă și de comunicare asertivă, precum și a mecanismelor de construcție a feedback-ului, ca modalități de reglare comportamentală în situații diverse și de adaptare a demersului pedagogic la nevoile de învățare ale studenților.

Se va exersa abilitatea de lucru în echipă pentru rezolvarea diferitelor sarcini de învățare.

**9. Conținuturi**

|  |
| --- |
| **CURS** |
| **Capitolul** | **Conținutul** | **Nr. ore** |
| I | **Reprezentarea în timp a semnalelor**: semnale continue și discrete, semnale periodice și semnale de bandă limitată;**Eșantionarea semnalelor și reconstrucția acestora**: teorema Nyquist-Shannon, aliasing, cuantizare;**Ecuații cu diferențe finite și modelarea sistemelor discrete în timp**;**Transformata Z**: proprietăți, regiunea de convergență, utilizarea în analiza sistemelor liniare discrete; | **2** |
| II | **Reprezentarea frecvențială a semnalelor**: spectrul de frecvență, filtrarea în frecvență, caracteristici de fază și amplitudine;**Serii Fourier discrete (DFS) și transformata Fourier discretă (DFT)**: proprietăți, algoritmi de calcul (FFT), aplicații în analiză spectrală;**Analiza spectrală a semnalelor**: metode deterministe și stocastice, aplicații în estimarea parametrilor semnalelor; | **4** |
| III | **Clasificarea filtrelor numerice**: filtre FIR și IIR, caracteristici și domenii de aplicare;**Parametrii caracteristici ai filtrelor digitale**: ordin, frecvență de tăiere, amortizare, răspuns impulsional și în frecvență;**Proiectarea și analiza filtrelor recursive**: metode directe și bazate pe transformate, stabilitate și realizare practică;**Filtre Cebîșev**: avantaje, aplicații în ingineria semnalelor; | **6** |
| IV | **Aplicarea metodelor de procesare digitală în sistemele GNSS:** prelucrarea semnalelor de navigație, îmbunătățirea preciziei de poziționare. | **2** |
|  | **Total:** | **14** |
| **Bibliografie:**1. T.L. Grigorie., Procesarea digitală a semnalelor (2024), MOODLE, https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8450
2. Y. Bar-Shalom, Estimation and Applications to Tracking and Navigation; Theory and Software, John Wiley, 2001.
3. S.D. Jenie, A., Budiyono Automatic Flight Control System: Classical approach and modern control perspective, 2006
4. J.S. Subirana, J.M.J. Zornoza, M.H. Hernández-Pajares, GNSS DATA PROCESSING. Volume I: Fundamentals and Algorithms. European Space Agency, 2013.
5. J.S. Subirana, J.M.J. Zornoza, M.H. Hernández-Pajares, GNSS DATA PROCESSING. Volume II: Laboratory exercises. European Space Agency, 2013.
 |

|  |
| --- |
| **LABORATOR** |
| **Nr. crt.**  | **Conținutul** | **Nr. ore** |
| 1. | Reprezentarea semnalelor; eşantionarea semnalelor | 4 |
| 2. | Serii şi transformate Fourier discrete; Calculul transformatei Fourier discrete | 6 |
| 3. | Transformata Fourier rapidă; Analiza spectrală a semnalelor; | 6 |
| 4. | Filtre digitale; tipuri de filtre digitale; parametrii filtrelor digitale;Filtre digitale cu răspuns finit la impuls. | 6 |
| 5. | Filtre digitale cu răspuns infinit la impuls (recurente) | 6 |
|  | **Total:** | **28** |
| **Bibliografie:**1. T.L. Grigorie., Procesarea digitală a semnalelor (2024), MOODLE, https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8450
2. S.W. Smith, Digital Signal Processing, California Technical Publishing, San Diego, California, 1999;
3. Y. Bar-Shalom, Estimation and Applications to Tracking and Navigation; Theory and Software, John Wiley, 2001.
 |

**10. Evaluare**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tip activitate | 10.1 Criterii de evaluare | 10.2 Metode de evaluare | 10.3 Pondere din nota finală |
| 10.4 Curs | Verificare finală | Probă scrisă | 20% |
| 10.5 Laborator | Evaluare pe parcursul semestrului | Teme de casă | 80% |
| 10.6 Condiții de promovare |
| Obținerea a 50% din punctajul total. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Data completării | Titular de cursProf. dr. ing. Teodor-Lucian GRIGORIE | Titular de aplicațiiS.l. dr. ing. Mihai BARBELIAN |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Data avizării în departament | Director de departament,Prof. dr. ing. Teodor-Viorel CHELARU\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  |  |
| Data aprobării în Consiliul Facultății | Decan,Prof. dr. ing. Daniel-Eugeniu CRUNTEANU |