**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/  Cours title  (ro)  (en) | | | **Introducere în teoria sistemelor dinamice**  **Introduction to the theory of dynamic systems** | | | | | | | |
| 2.2 Titularul activităților de curs | | | | | Prof. dr. ing. Teodor-Lucian GRIGORIE | | | | | |
| 2.3 Titularul activităților de seminar / laborator/proiect | | | | | Asist. dr. ing. Costin ENE | | | | | |
| 2.4 Anul de studiu | 3 | 2.5 Semestrul | | II | | 2.6. Tipul de evaluare | E | | 2.7 Statutul disciplinei | Ob |
| 2.8 Categoria formativă | | DS | | 2.9 Codul disciplinei | | | | UPB.09.S.06.O.019 | | |

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.1 Număr de ore pe săptămână | 3 | | Din care: 3.2 curs | | 2 | 3.3 seminar | 1 |
| 3.4 Total ore din planul de învățământ | 42 | | Din care: 3.5 curs/ | | 28 | 3.6 seminar | 14 |
| Distribuția fondului de timp | | | | | | | ore |
| Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe. Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate. Pregătire seminar, teme, referate, portofolii și eseuri. | | | | | | | 29 |
| Tutorat | | | | | | | 2 |
| Examinări | | | | | | | 2 |
| Alte activități (dacă există): | | | | | | |  |
| **3.7 Total ore studiu individual** | | **33** | |
| 3.8 Total ore pe semestru | | **75** | |
| 3.9 Numărul de credite | | **3** | |

**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. |
| 4.2 de rezultate ale învățării | Studentul trebuie să demonstreze: cunoașterea aprofundată a conceptelor de analiză matematică (derivate, integrale definite și nedefinite, dezvoltări în serii); stăpânirea noțiunilor de algebră liniară și geometrie analitică, necesare pentru lucrul cu sisteme de ecuații liniare, spații vectoriale, transformări liniare și diagonalizarea matricelor (valori/vectori proprii); capacitatea de a formula și rezolva ecuații diferențiale, cu aplicații în modelarea fenomenelor dinamice; înțelegerea conceptelor de matematici speciale, care apar frecvent în rezolvarea problemelor fizice; abilități de programare (ex. în MATLAB), pentru simularea comportamentului sistemelor dinamice, procesarea numerică a soluțiilor și vizualizarea grafică a traiectoriilor sistemelor; înțelegerea fenomenelor fizice și inginerești de bază care pot fi modelate prin sisteme dinamice. |

**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 seminarului | Seminarul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă tablă, proiector și infrastructură reţea de calculatoare. |

**6. Obiectiv general**

Disciplina „Introducere în teoria sistemelor dinamice” se studiază în cadrul domeniului INGINERIE AEROSPAȚIALĂ, specializarea ECHIPAMENTE ȘI INSTALAȚII DE AVIAȚIE, și are ca scop dezvoltarea capacității studenților de a înțelege, modela și analiza comportamentul sistemelor dinamice liniare și neliniare, cu aplicații în ingineria de control, navigație și automatizare a sistemelor aeronautice. Cursul urmărește să ofere studenților o bază solidă în reprezentarea și clasificarea sistemelor dinamice, studiul stabilității și al răspunsului acestora în diverse regimuri, utilizând instrumente matematice și computaționale moderne. Prin integrarea noțiunilor de funcție de transfer, spațiu al stărilor, controlabilitate, observabilitate și proiectare de regulatori (PID, estimatori de stare), disciplina contribuie la formarea unei perspective inginerești sistemice, esențială pentru proiectarea, analiza și reglarea sistemelor din domeniul aerospațial.

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

* Definirea sistemelor dinamice: noțiuni fundamentale, exemple, clasificare (liniare / neliniare, continue / discrete, SISO / MIMO);
* Liniarizare în jurul punctelor de funcționare: aplicații inginerești;
* Modele intrare-ieșire: ecuații diferențiale, funcția de transfer, analiza răspunsului la impuls și treaptă unitate;
* Reprezentarea în spațiul stărilor: modele de stare, conversii între reprezentări, conexiunea sistemelor;
* Stabilitatea dinamică: stabilitate internă și stabilitatea intrare-ieşire, condiții de stabilitate (Hurwitz, Nyquist, ...);
* Metoda locului rădăcinilor: interpretare grafică a stabilității și performanței;
* Analiza frecvențială: diagrame Bode, Nyquist și Nichols;
* Proprietăți structurale ale sistemelor liniare: controlabilitate, observabilitate, ...;
* Estimarea stărilor: proiectarea estimatorului Luenberger, interpretare fizică și aplicații;
* Proiectarea compensatoarelor dinamice: bazate pe modele de stare și pe estimatori;
* Formularea problemei reglării: control pe bază de model intern (IMC);
* Structura și reglajul regulatoarelor PID: criterii inginerești, tehnici de acordare, analiza performanței;
* Aplicații inginerești: analiza și reglarea sistemelor dinamice din domeniul aerospațial,

toate acestea contribuind la transmiterea/formarea către/la studenți a unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice și procedurale aferente domeniului.

**7. Rezultatele învățării**

|  |  |
| --- | --- |
| **Cunoștințe** | * **Definește** și **clasifică** sistemele dinamice în funcție de caracteristicile acestora (liniare/neliniare, continue/discrete, SISO/MIMO); * **Explică** conceptele fundamentale de funcție de transfer și reprezentare în spațiul stărilor pentru sisteme dinamice liniare; * **Descrie** noțiunile de stabilitate, precum și criteriile de analiză asociate (Hurwitz, Routh, Nyquist); * **Analizează** comportamentul dinamic al sistemelor folosind metode în timp și frecvență (impuls, treaptă, Bode, Nyquist, Nichols); * **Interpretează** conceptele de controlabilitate, observabilitate, stabilizabilitate și detectabilitate în contextul sistemelor liniare; * **Explică** principiile de proiectare ale estimatoarelor de stare (ex. Luenberger) și regulatoarelor PID; * **Înțelege** fundamentele metodei modelului intern pentru reglare și condițiile de aplicabilitate în proiectarea sistemelor de control. * **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** sisteme dinamice liniare SISO/MIMO în reprezentare intrare-ieșire și în spațiul stărilor; * **Determină** răspunsul unui sistem la diverse tipuri de comenzi (impuls, treaptă, armonică), atât analitic, cât și numeric; * **Evaluează** stabilitatea unui sistem prin analiza polilor, a locului rădăcinilor și a diagramelor de frecvență; * **Aplică** metode grafice pentru analiza performanțelor și stabilității; * **Proiectează** estimatori de stare și compensatori dinamici pentru sisteme liniare; * **Utilizează** instrumente software (ex. MATLAB/Simulink) pentru simularea comportamentului dinamic și verificarea proprietăților structurale; * **Propune** strategii de control PID și ajustează parametrii pentru a satisface cerințe inginerești (timp de răspuns, eroare staționară, stabilitate). * **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 potrivite in domeniul controlului automat al aparatelor de zbor și le analizează; * **Selectează** metode adecvate pentru modelarea și analiza unui sistem dinamic dat, în funcție de specificul aplicației; * **Lucrează autonom și în echipă** în elaborarea de proiecte care implică analiza și reglarea sistemelor dinamice; * **Aplică principii de etică/deontologie profesională** în utilizarea codului, surselor și datelor experimentale; * **Evaluează** critic performanțele unui sistem de control și propune îmbunătățiri argumentate tehnic; * **Manifestă** inițiativă în integrarea cunoștințelor teoretice și practice pentru rezolvarea problemelor inginerești specifice controlului sistemelor aerospațiale; * **Contribuie** la documentarea și prezentarea clară a soluțiilor adoptate, demonstrând rigoare și responsabilitate în redactarea rapoartelor tehnice. * **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 | Sisteme dinamice: definiţii, clasificări. Liniarizare. | 2 |
| II | Sisteme dinamice liniare cu o intrare şi o ieşire: reprezentări intrare-ieşire, funcţia de transfer. | 2 |
| III | Reprezentarea în spaţiul stărilor a sistemelor liniare. Conexiunea sistemelor. | 4 |
| IV | Stabilitatea dinamică: definiţii, stabilitatea internă şi stabilitatea intrare-ieşire; criterii de stabilitate | 4 |
| V | Determinarea răspunsurilor sistemelor liniare şi a caracteristicilor acestora la comenzi impuls Dirac şi treaptă unitate. | 2 |
| VI | Metoda locului rădăcinilor. | 2 |
| VII | Reprezentarea în frecvenţă a funcţiilor de transfer; Analiza în domeniul frecvenţial folosind diagrame Nyquist, Bode şi Nichols | 4 |
| VIII | Proprietăţi structurale ale sistemelor dinamice liniare: controlabilitate, observabilitate, stabilizabilitate şi detectabilitate; criterii de analiză. | 2 |
| IX | Estimarea stărilor; estimatorul Luenberger. Proiectarea compensatoarelor dinamice bazate pe estimatoare de stare. | 2 |
| X | Formularea problemei reglării; condiţii de rezolvare prin metoda modelului intern. | 2 |
| XI | Structura regulatoarelor PID; analiza performanţelor; tehnici de acordare. | 2 |
|  | **Total:** | **28** |
| **Bibliografie:**   1. L.T. Grigorie, Introducere în teoria sistemelor dinamice (2024), MOODLE, https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8445 2. V. Nuţu, Automatica. Elemente de analiza sistemelor liniare, Editura ATM, Bucureşti, 2008. 3. T. Kailath, Linear Systems, Prentice-Hall, 1980 4. V. Ionescu, Teoria sistemelor, Editura didactică şi pedagogică, 1985. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **SEMINAR** | | |
| **Nr. crt.** | **Conținutul** | **Nr. ore** |
| 1. | Reprezentarea sistemelor dinamice | 2 |
| 2. | Stabilitatea sistemelor dinamice liniare | 2 |
| 3. | Reprezentarea şi analiza sistemelor liniare în domeniul frecvenţial | 2 |
| 4. | Conexiunea sistemelor liniare | 2 |
| 5. | Stabilizarea prin reacţie inversă; metoda locului rădăcinilor | 1 |
| 6. | Analiza răspunsului în timp al sistemelor dinamice liniare | 1 |
| 7. | Legi de comandă; alocabilitate. | 2 |
| 8. | Problema estimării stărilor şi stabilizarea prin compensare dinamică | 2 |
|  | **Total:** | **14** |
| **Bibliografie:**   1. L.T. Grigorie, Introducere în teoria sistemelor dinamice (2024), MOODLE, https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8445 2. V. Nuţu, Automatica. Elemente de analiza sistemelor liniare, Editura ATM, Bucureşti, 2008. 3. J. Blakelock, Automatic Control of Aircraft and Missiles, John Wiley & Sons, 1990. 4. V. Ionescu, Teoria sistemelor, Editura didactică şi pedagogică, 1985. | | |

**10. Evaluare**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tip activitate | 10.1 Criterii de evaluare | 10.2 Metode de evaluare | 10.3 Pondere din nota finală |
| 10.4 Curs | Rezolvarea subiectelor de examen. | Examen scris | 50% |
| Înțelegerea și aplicarea noțiunilor fundamentale (funcția de transfer, stabilitate, controlabilitate, PID); capacitatea de a rezolva probleme teoretice și practice. |
| 10.5 Seminar | Activitate la seminar: rezolvarea corectă a exercițiilor de la seminar; implicare activă în lucrul pe echipă; testări intermediare. | Evaluare pe parcurs | 50% |
| 10.6 Condiții de promovare | | | |
| Obținerea a 50% din punctajul total. | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Data completării | Titular de curs  Prof. dr. ing. Teodor-Lucian GRIGORIE | Titular de aplicații  Asist. dr. ing. Costin ENE |
|  |  |  |
|  |  |  |
| 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 | |