

## FIȘA DISCIPLINEI

### *Teoria și Ingineria Sistemelor de Control*

Anul universitar 2025-2026

#### 1. Date despre program

|                                        |                                                    |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1.1. Instituția de învățământ superior | Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca         |
| 1.2. Facultatea                        | Facultatea de Matematică și Informatică            |
| 1.3. Departamentul                     | Departamentul de Informatică                       |
| 1.4. Domeniul de studii                | Informatică                                        |
| 1.5. Ciclu de studii                   | Master                                             |
| 1.6. Programul de studii / Calificarea | Inteligență Artificială pentru Industрии Conectate |
| 1.7. Forma de învățământ               | Cu frecvență                                       |

#### 2. Date despre disciplină

|                                           |   |                                           |                      |                        |   |                          |            |
|-------------------------------------------|---|-------------------------------------------|----------------------|------------------------|---|--------------------------|------------|
| 2.1. Denumirea disciplinei                |   | Teoria și Ingineria Sistemelor de Control |                      |                        |   | Codul disciplinei        | MME8217    |
| 2.2. Titularul activităților de curs      |   |                                           | S.l.dr. Bui Thu Hang |                        |   |                          |            |
| 2.3. Titularul activităților de laborator |   |                                           | S.l.dr. Bui Thu Hang |                        |   |                          |            |
| 2.4. Anul de studiu                       | 1 | 2.5. Semestrul                            | 2                    | 2.6. Tipul de evaluare | E | 2.7. Regimul disciplinei | Compulsory |

#### 3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităților didactice)

|                                                                                                        |          |                     |          |                           |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|----------|---------------------------|---------------|
| 3.1. Număr de ore pe săptămână                                                                         | <b>4</b> | din care: 3.2. curs | <b>2</b> | 3.3. Laborator si Proiect | <b>2</b>      |
| 3.4. Total ore din planul de învățământ                                                                | 56       | din care: 3.5. curs | 28       | 3.6. Laborator            | <b>28</b>     |
| <b>Distribuția fondului de timp pentru studiul individual (SI) și activități de autoinstruire (AI)</b> |          |                     |          |                           | <b>83 ore</b> |
| Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe (AI)                                       |          |                     |          |                           | 30            |
| Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren         |          |                     |          |                           | 26            |
| Pregătire laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri                                            |          |                     |          |                           | 26            |
| Tutoriat (consiliere profesională)                                                                     |          |                     |          |                           | 0             |
| Evaluări                                                                                               |          |                     |          |                           | 12            |
| Alte activități                                                                                        |          |                     |          |                           |               |
| <b>3.7. Total ore studiu individual (SI) și activități de autoinstruire (AI)</b>                       |          |                     |          | <b>94</b>                 |               |
| <b>3.8. Total ore pe semestru</b>                                                                      |          |                     |          | <b>150</b>                |               |
| <b>3.9. Numărul de credite</b>                                                                         |          |                     |          | <b>6</b>                  |               |

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

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.1. de curriculum | <ul style="list-style-type: none"><li>Fundamentele matematicii superioare, în special algebrei liniare</li><li>Fundamentele semnalelor și sistemelor</li><li>Metode de proiectare de bază pentru sisteme liniare invariante în timp (LTI) în domeniul frecvenței</li></ul> |
| 4.2. de competențe | <ul style="list-style-type: none"><li>Matematică (algebră)</li></ul>                                                                                                                                                                                                       |

#### 5. Condiții (acolo unde este cazul)

|                                                  |                                                                   |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 5.1. de desfășurare a cursului                   |                                                                   |
| 5.2. de desfășurare a seminarului/ laboratorului | Raspberry Pi, Arduino UNO, water sensor, thermal sensor, DC motor |

## 6. Competențele specifice acumulate<sup>1</sup>

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Competențe profesionale/esențiale</b> | <p>Acest curs oferă teorii de control, inclusiv sisteme liniare și neliniare în domeniul timpului, abordări moderne ale metodelor bazate pe teoria controlului pentru cerințele de siguranță, sustenabilitate și sustenabilitate economică, precum și fezabilitate economică a produselor tehnice și a instalațiilor de producție. Proiectarea sistematică a controlerelor bazate pe modele în domeniul timpului permite luarea în considerare a neliniarităților și are potențialul de a obține rezultate semnificativ îmbunătățite ale controlerelor.</p> <p>La finalizarea acestui curs, studenții vor avea abilități esențiale pentru:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicarea metodelor teoriei controlului bazate pe modele pentru sisteme liniare și neliniare.</li><li>• Descrierea elementelor de bază necesare de matematică și teorie a sistemelor.</li><li>• Analizarea sistemelor continue în timp în domeniul timpului</li><li>• Clasificarea sistemelor în funcție de proprietățile teoriei sistemelor</li><li>• Aplicarea metodelor formale pentru proiectarea controlerelor în domeniul timpului</li><li>• Aplicarea metodelor de proiectare a controlerelor pentru sisteme neliniare și capacitatea de a gestiona funcționarea acestora</li></ul> |
| <b>Competențe transversale</b>           | <p>CT1. Aplicarea unor reguli de lucru eficiente și a unor atitudini responsabile față de domeniul științific, pentru exploatarea creativă a propriului potențial în conformitate cu principiile și regulile de etică profesională</p> <p>CT2. Desfășurarea eficientă a activităților organizate într-un grup interdisciplinar și dezvoltarea capacității empatice de comunicare interpersonală, crearea de rețele și colaborare cu grupuri diverse</p> <p>CT3. Utilizarea unor metode și tehnici eficiente de învățare, informare, cercetare și dezvoltarea abilităților de exploatare a cunoștințelor, de adaptare la nevoile unei societăți dinamice și de comunicare într-o limbă străină larg răspândită.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## 7. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor acumulate)

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>7.1 Obiectivul general al disciplinei</b> | Studenții vor învăța sisteme liniare și neliniare continue în timp, controlul și controlul prin feedback al acestora, abordări moderne ale metodelor bazate pe teoria controlului pentru cerințele de siguranță, sustenabilitate și sustenabilitate economică, precum și fezabilitatea economică a produselor tehnice și a instalațiilor de producție.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>7.2 Obiectivele specifice</b>             | <p>În acest curs, studenții vor învăța:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Sisteme liniare și neliniare continue în timp în spațiul stărilor</li><li>- Liniarizare și soluție generală a ecuațiilor diferențiale liniare ale stărilor</li><li>- Proprietăți structurale ale sistemelor liniare invariante în timp (LTI) în spațiul stărilor (stabilitate, controlabilitate, observabilitate)</li><li>- Proiectarea controlerelor de stare și a observatorilor de stare pentru sisteme liniare</li><li>- Analiza sistemelor neliniare (stabilitate Lyapunov)</li><li>- Controlul și controlul prin feedback al sistemelor neliniare</li></ul> |

## 8. Conținuturi

|                                                                  |                                                       |            |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|
| 8.1 Curs                                                         | Metode de predare                                     | Observații |
| I. Contextul cursului<br>- Elemente de identificare a sistemelor | Explicații, exemple, discuții<br>despre studii de caz |            |

<sup>1</sup> Se poate opta pentru competențe sau pentru rezultatele învățării, respectiv pentru ambele. În cazul în care se alege o singură variantă, se va șterge tabelul aferent celeilalte opțiuni, iar opțiunea păstrată va fi numerotată cu 6.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- De la domeniul timp la cel frecvență. De la domeniul frecvență la cel timp</li> <li>- Sisteme liniare și neliniare continue în timp în spațiul stărilor</li> <li>- Sisteme liniare invariante în timp.</li> </ul> <p>Recapitulare: Transformata Laplace, analiza sistemelor LTI</p> <p>II. Sisteme continue în spațiul stărilor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modele LTI în spațiul stărilor</li> <li>- Forme canonice pentru modelele LTI în spațiul stărilor</li> <li>- Sisteme liniare variabile în timp și sisteme neliniare</li> </ul> <p>III. Sisteme discrete în spațiul stărilor</p> <p>IV. Stabilitate (stabilitatea Lyapunov, stabilitatea sistemelor liniarizate local, stabilitatea intrării-ieșirii)</p> <p>V. Observabilitate și controlabilitate</p> <p>VI. Controlul feedback-ului de stare. Controlul feedback-ului de ieșire.</p> <p>VII. Proiectarea controlerelor de stare și a observatorilor de stare pentru sisteme liniare</p> <p>VIII. Analiza sistemelor neliniare (stabilitatea Lyapunov)</p> <p>IX. Controlul și controlul feedback-ului sistemelor neliniare</p> |                               |            |
| <b>Bibliografie</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. B. Friedland, "Control System Design: An Introduction to StateSpace Methods," Dover Publications, 1986, ISBN: 0-486-44278-0</li> <li>2. Robert L. Williams II, Douglas A. Lawrence: Linear state-space control systems. John Wiley 2007, ISBN 0-471-73555-8</li> <li>3. S. Sastry. Nonlinear systems - Analysis, Stability and Control. Springer-Verlag (1999) (and C. Tomlin - slides of the course "Advanced Nonlinear Control", Stanford University)</li> <li>4. D.S. Naidu, "Optimal Control Systems" CRC Press, 2002, ISBN: 0-849-30892-5.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |            |
| 8.2 Laborator                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Metode de predare             | Observații |
| <p>Seminar 1: Tutorial sistem de control folosind Matlab</p> <p>Seminar 2: Forme canonice pentru modele LTI de spațiu de stări</p> <p>Seminar 3-4: Observabilitate (de exemplu: cărucior acționat de motor, tren cu două vagoane).</p> <p>Seminar 5: Filtrare Kalman</p> <p>Seminar 6-7: Regulator pătratic liniar</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Explicații, exemple, discuții |            |
| 8.3 Proiect                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Explicații, exemple, discuții |            |
| <p>1. Sistem de control al temperaturii:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rol Raspberry Pi: Gestionează temperatura dorită (punctul de referință), afișează date istorice și poate implementa o logică de control mai complexă, dacă este necesar.</li> <li>- Rol Arduino Uno: Citește temperatura de la un senzor (cum ar fi un LM35DZ) și implementează un controler digital PID pentru a regla un element de încălzire sau răcire prin PWM.</li> <li>- Concept: Convertorul A/D intern de 10 biți al Arduino măsoară temperatura, iar ieșirea sa PWM controlează un tranzistor pentru a ajusta</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Explicații, exemple, discuții |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <p>puterea elementului de încălzire pentru a menține punctul de referință.</p> <p>2. Controlul motorului de curent continuu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rol Raspberry Pi: Trimite comenzi de viteză (puncte de referință) către Arduino, înregistrează performanța motorului și poate implementa algoritmi avansați, cum ar fi controlul predictiv al modelului (MPC).</li> <li>- Rol Arduino Uno: Citește viteza motorului de la un encoder și utilizează un controler PID pentru a regla puterea motorului, asigurându-se că acesta atinge și menține viteza dorită.</li> <li>- Concept: Contorul și întreruperile microcontrolerului Arduino ajută la obținerea unei perioade de eșantionare constante pentru o implementare PID precisă.</li> </ul> <p>3. Controlul nivelului apei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rol Raspberry Pi: Oferă controlul valorilor de referință și poate monitoriza debitele și nivelurile rezervorului de la distanță.</li> <li>- Rol Arduino Uno: Citește nivelul apei de la un senzor, execută un algoritm PID pentru a controla o pompă sau o supapă și menține nivelul dorit al apei.</li> </ul> |  |  |
| <p><b>Bibliografie</b></p> <p>1. B. Friedland, "Control System Design: An Introduction to StateSpace Methods," Dover Publications, 1986, ISBN: 0-486-44278-0</p> <p>2. D.S. Naidu, "Optimal Control Systems" CRC Press, 2002, ISBN: 0-849-30892-5.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |

**9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori reprezentativi din domeniul aferent programului**

|                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Cursul există în programul de studii al tuturor universităților importante din străinătate;</li> </ul> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**10. Evaluare**

| Tip activitate                                                                                                                                                | 10.1 Criterii de evaluare                                                 | 10.2 Metode de evaluare                                                                             | 10.3 Pondere din nota finală |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 10.4 Curs                                                                                                                                                     | - cunoașterea principiilor de bază, a teoriei și a modelelor din domeniu; | Examen scris                                                                                        | 60 %                         |
|                                                                                                                                                               | aplicați și înțelegeți conceptele cursului                                |                                                                                                     |                              |
| 10.5 Laborator                                                                                                                                                | - capacitatea de a implementa concepte, modele și algoritmi ai cursului;  | Numărul de intervenții. Sprijin pentru lucrul laboratorului si proiectului (prezentare și evaluare) | 40 %                         |
| 10.6 Standard minim de performanță                                                                                                                            |                                                                           |                                                                                                     |                              |
| <p>Nota finală trebuie să fie minim 5 și constă din:</p> <p>a. punctajul obținut la examenul scris în proporție de 60%</p> <p>b. proiect de cercetare 40%</p> |                                                                           |                                                                                                     |                              |

Data completării:  
19/09/2025

Semnătura titularului de curs

S.l.dr. Bui Thu Hang

Semnătura titularului de laborator

S.l.dr. Bui Thu Hang.

Data avizării în departament:  
...

Semnătura directorului de departament

Assoc.Prof. dr. Adrian Sterca