

## SISTEME OPTIMALE, ADAPTIVE ȘI ROBUSTE

### 1. Date despre unitatea de curs/modul

|                              |                                              |                        |                                     |                                   |                     |
|------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| <b>Facultatea</b>            | Calculatoare Informatică și Microelectronică |                        |                                     |                                   |                     |
| <b>Catedra/departamentul</b> | Ingineria Software și Automatică             |                        |                                     |                                   |                     |
| <b>Ciclul de studii</b>      | Studii superioare de licență, ciclul I       |                        |                                     |                                   |                     |
| <b>Programul de studiu</b>   | 0714.6 Automatică și Informatică             |                        |                                     |                                   |                     |
| <b>Anul de studiu</b>        | <b>Semestrul</b>                             | <b>Tip de evaluare</b> | <b>Categoria formativă</b>          | <b>Categoria de opționalitate</b> | <b>Credite ECTS</b> |
| IV (învățământ cu frecvență) | 7                                            | E                      | S – unitate de curs de specialitate | A- unitate de curs opțională      | 4                   |

### 2. Timpul total estimat

| Total ore în planul de învățământ | Din care        |                   |                   |                               |                     |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|
|                                   | Ore auditoriale |                   | Lucrul individual |                               |                     |
|                                   | Curs            | Laborator/seminar | Proiect de an     | Studiul materialului teoretic | Pregătire aplicații |
| 120                               | 30              | 30/0              | -                 | 30                            | 30                  |

### 3. Precondiții de acces la unitatea de curs/modul

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conform planului de învățământ | Analiza matematică, Matematici speciale, Metode numerice, Fizică, Teoria sistemelor, Modelare și identificare, Ingineria sistemelor automate, Programarea calculatoarelor.                                                                                                                     |
| Conform competențelor          | Competențe și cunoștințe de modelare și identificare a obiectelor de conducere, de analiză și sinteză a sistemelor liniare, neliniare și discrete de conducere automată, de elaborare și implementare a legilor de conducere, de estimare a performanțelor sistemelor automate, de programare. |

### 4. Condiții de desfășurare a procesului educațional pentru

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curs              | Pentru prezentarea materialului teoretic în sala de curs este nevoie de tablă, proiector și calculator.                                                                                                                                                                                                              |
| Laborator/seminar | Pentru realizarea lucrărilor de laborator este nevoie produsul program MATLAB.<br>Sala dotată cu videoproietor/tablă, îndrumare metodică. Studenții vor perfectă rapoarte conform condițiilor impuse de indicațiile metodice. Termenul de susținere a lucrării de laborator – o săptămână după finalizarea acesteia. |

### 5. Competențe specifice acumulate

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Competențe profesionale | <b>CP1.</b> Utilizarea de cunoștințe de matematică, fizică, tehnica măsurării, grafică inginerescă, mecanică, electrică și electronică în ingineria sistemelor. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rezolvarea problemelor uzuale din conducerea optimă și adaptivă prin identificarea de tehnici, principii, metode adecvate și prin aplicarea matematicii, cu accent pe metodele de calcul numeric.</li> <li>✓ Aprecierea potențialului, avantajelor și dezavantajelor unor metode și procedee din domeniul conducerii optimale și adaptive, a nivelului de documentare științifică al proiectelor și al consistenței aplicațiilor folosind tehnici matematice și alte metode științifice.</li> <li>✓ Elaborarea de proiecte în domeniul conducerii optimale și adaptive, selectând și aplicând metode matematice și alte metode științifice specifice domeniului.</li> </ul> |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | <p><b>CP 3.</b> Utilizarea fundamentelor automatizării, a metodelor de modelare, simulare, identificare și analiză a proceselor, a tehnicilor de proiectare asistată de calculator.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificarea conceptelor de conducere optimă, adaptivă și robustă ale teoriei sistemelor, ingineriei reglării automate, precum și a metodelor de analiză a proceselor, în scopul explicării problemelor de bază din domeniul ingineriei sistemelor.</li> <li>✓ Explicarea și interpretarea problemelor de automatizare a proceselor industriale complexe prin aplicarea metodelor și algoritmilor de conducere optimă, adaptive și robustă, precum și a tehnicilor de proiectare asistată de calculator.</li> <li>✓ Rezolvarea unor tipuri de probleme complexe de conducere prin folosirea de metode, tehnici și algoritmi avansați de conducere optimă și adaptivă.</li> <li>✓ Sinteza și implementarea sistemelor de conducere optimă și adaptivă a proceselor industriale complexe, roboților și liniilor de fabricație flexibile.</li> </ul> |
| Competențe transversale | <p><b>CT1.</b> Executarea responsabilă a sarcinilor profesionale, în condiții de autonomie restrânsă și asistență calificată.</p> <p><b>CT2.</b> Familiarizarea cu rolurile și activitățile specifice muncii în echipă și distribuirea de sarcini pentru nivelurile subordonate.</p> <p><b>CT3.</b> Conștientizarea nevoii de formare continuă, utilizarea eficientă a resurselor și tehnicilor de învățare, pentru dezvoltarea personală și profesională.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

#### 6. Obiectivele unității de curs/modulului

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Obiectivul general    | Obiectivul principal al cursului constă în însușirea bazelor teoretice și formarea deprinderilor practice de formulare și soluționare a problemelor conducerii optime și adaptive, de aplicare a metodelor de calcul optim și adaptiv pentru sinteza sistemelor de conducere automată. Metodele sunt expuse în formă de proceduri și algoritmi, adaptați pentru implementarea conducerii numerice a proceselor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Obiectivele specifice | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Înțelegerea problematicii conducerii proceselor complexe.</li> <li>• Însușirea modalității de prezentare, analiză și sinteză a sistemelor în spațiul stărilor. Abilități de proiectare a regulatorului în baza reacției după stare și a estimatorului de stare.</li> <li>• Cunoașterea bazelor teoretice, competențe de proiectare a sistemelor robuste de conducere automată.</li> <li>• Înțelegerea problematicii conducerii optime, extreme și adaptive, a principiilor de clasificare și de funcționare.</li> <li>• Însușirea bazelor teoretice și formarea deprinderilor practice de formulare și soluționare a problemelor conducerii optime și adaptive.</li> <li>• Cunoașterea și aplicarea metodelor de calcul optim și adaptiv al sistemelor de conducere automată a proceselor tehnologice.</li> <li>• Capacitatea de a elabora și implementa algoritmi numerici de conducere optimă și adaptivă pentru procese reale.</li> </ul> |

#### 6. Conținutul unității de curs/modulului

| Tematica activităților didactice                                                                                                                                   | Numărul de ore          |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|
|                                                                                                                                                                    | învățământ cu frecvență | învățământ dual |
| <b>Tematica prelegerilor</b>                                                                                                                                       |                         |                 |
| T1. Conducerea sistemelor în spațiul stărilor. Descrierea elementelor și sistemelor automate în spațiul stărilor. Criterii de controlabilitate și observabilitate. | 5                       | 1               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Reacția după stare în sistemele staționare. Estimatori de stare. Sinteza regulatorului în baza estimatorului de stare.                                                                                                                                                        |           |           |
| T2. Conducerea optimală și conducerea adaptivă. Formularea problemelor de optimizare.                                                                                                                                                                                         | 2         | 1         |
| T3. Probleme uzuale de optimizare: problema timpului minim, problema consumului minim de combustibil, problema consumului minim de energie sau erori patratice medii (integrale) minime.                                                                                      | 2         | 1         |
| T4. Metode clasice variaționale de construire a sistemelor optimale. Ecuațiile Euler, Jacobi, Euler-Poisson, Euler-Lagrange.                                                                                                                                                  | 2         | 1         |
| T5. Principiul maximului (Ponreaghin) de soluționare a problemelor de conducere optimală.                                                                                                                                                                                     | 2         | 1         |
| T6. Metoda programării dinamice. Ecuația Bellman.                                                                                                                                                                                                                             | 2         | 1         |
| T7. Construirea analitică a reguletoarelor: cu structură dată, după metode de calcul variațional, programării dinamice și după principiul maximului.                                                                                                                          | 4         | 1         |
| T8. Sisteme extremale. Structuri și principii de funcționare.                                                                                                                                                                                                                 | 2         | 1         |
| T9. Sisteme adaptive. Structuri și principii de funcționare.                                                                                                                                                                                                                  | 2         | 0.5       |
| T10. Sisteme adaptive cu model de referință. Metoda gradientului. Metode bazate pe teoria stabilității.                                                                                                                                                                       | 2         | 0.5       |
| T11. Sisteme adaptive cu autoacordare. Reguletoare cu autoacordare indirectă și directă.                                                                                                                                                                                      | 2         | 0.5       |
| T12. Conducerea robustă. Problematicea sintezei robuste a sistemelor automate. Normele semnalelor și sistemelor. Incertitudinea obiectului reglat. Calitatea și stabilitatea robustă. Factorizarea mutual-simplă. Parametrizarea reguletoarelor. Problema sintezei modelului. | 3         | 0.5       |
| <b>Total prelegeri:</b>                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>30</b> | <b>10</b> |
| <b>Tematica lucrărilor de laborator/seminarelor</b>                                                                                                                                                                                                                           |           |           |
| LL1. Reprezentarea sistemelor în spațiul stărilor.                                                                                                                                                                                                                            | 4         |           |
| LL2. Sinteza sistemelor automate cu reprezentare în spațiul stărilor.                                                                                                                                                                                                         | 6         |           |
| LL3. Sinteza reguletoarelor în spațiul stărilor la obiecte cu inerție și astatism                                                                                                                                                                                             | 4         |           |
| LL4. Sinteza reguletoarelor în baza estimatorului de stare                                                                                                                                                                                                                    | 6         |           |
| LL5. Sisteme optimale după gradul de stabilitate.                                                                                                                                                                                                                             | 6         |           |
| LL6. Soluționarea problemelor de optimizare în MATLAB                                                                                                                                                                                                                         | 4         |           |
| <b>Total lucrări de laborator/seminare:</b>                                                                                                                                                                                                                                   | <b>30</b> | <b>0</b>  |

### 8. Referințe bibliografice

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Principale   | <ol style="list-style-type: none"> <li>Boțan C. Tehnici de optimizare. - Iași: Editura „Politehniun”, 2007. 259 p.</li> <li>Boțan C., Ostafi F. Control optimal.- Iași: Editura „Politehniun”, 2009. 348 p.</li> <li>Lupu C., Udrea A. ș. a. Soluții practice de conducere a proceselor neliniare. – București: Politehnica Press, 2010. 306 p.</li> <li>Dumitrache I., Dumitru S., Mihu I., Munteanu F., Muscă Gh., Calcev C. Automatizări electronice. - București: Editura Didactică și Pedagogică, 1993. 662 p.</li> <li>Дорф Р. К., Бишоп Р. Х. Современные системы управления. - Москва: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. 831 с.</li> <li>Методы классической и современной теории автоматического управления. Том 4. Теория оптимизации систем автоматического управления. Под ред. Пупкова К.А., Егупова Н.Д. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 744 с.</li> <li>Ротач В. Я. Теория автоматического управления. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2008. 396 с.</li> <li>Александров А. Г. Оптимальные и адаптивные системы. – Москва: Высшая школа, 1989. 263 с.</li> <li>Чураков Е.П. Оптимальные и адаптивные системы. - М.: Энергоатомиздат, 1987.</li> </ol> |
| Suplimentare | 10. Балабанов А.А. Локальные адаптивные системы автоматики. - Кишинэу: ТУМ, 1995.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>11. Балабанов А.А. Локальные системы автоматики. - Кишинэу: ТУМ, 1995.</p> <p>12. Олейников В.С., Зотов В.С., Пришвин А.М. Основы оптимального и экстремального управления. - Москва: Высшая школа, 1969.</p> <p>13. Сорогович В.Г. Адаптивное управление. - Москва: Наука, 1981.</p> |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 9. Utilizarea IA generativă

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Permisivitatea de utilizare</b> | <p>Utilizarea IA generative în cadrul temelor și proiectelor este permisă, cu condiția ca studenții să respecte următoarele reguli:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>IA generativă poate fi utilizată pentru generarea de idei, structuri de text sau cod, dar toate materialele generate trebuie să fie revizuite și ajustate de către student pentru a se asigura că acestea corespund cerințelor academice.</li> <li>Orice utilizare a IA generative trebuie să fie declarată în secțiunea de apendice a fiecărei lucrări, folosind fraza: "În timpul pregătirii acestei lucrări, autorul a utilizat [NUME INSTRUMENT / SERVICIU] în scopul [MOTIV]. După utilizarea acestui instrument/serviciu, autorul a revizuit și editat conținutul după cum a fost necesar și își asumă întreaga responsabilitate pentru conținutul lucrării."</li> </ul> |
| <b>Restricții de utilizare</b>     | <p>Studenții nu trebuie să considere IA generativă ca o sursă de încredere pentru informații, deoarece nu oferă referințe clare sau surse documentate.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nu este permisă citarea directă a conținutului generat de IA în lucrările academice ca și cum ar fi sursă primară.</li> <li>Activitățile în care este interzis utilizarea IA generativă sunt specificate de profesor și sunt de regulă evaluări intermediare și finale sau care nu presupun activități de dezvoltare a competențelor profesionale.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## 7. Evaluare

| Periodică                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      | Curentă | Studiu individual | Proiect/teză | Examen |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|-------------------|--------------|--------|
| EP 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EP 2 |         |                   |              |        |
| Învățământ cu frecvență                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |         |                   |              |        |
| 15%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 15%  | 15%     | 15%               |              | 40%    |
| Standard minim de performanță:<br>-Prezența 75% la toate orele de curs/seminare/laborator, activitatea la prelegeri și lucrări de laborator;<br>-Obținerea notei minime de „5” la fiecare dintre atestări și lucrări de laborator și încărcarea lucrărilor individuale;<br>-Susținerea și prezentarea în echipă a proiectului.<br>-Demonstrarea în lucrarea de examinare finală a cunoașterii conținutului cursului. |      |         |                   |              |        |

## 8. Criterii de evaluare

| Denumire                                                                              | Modul de desfășurare                                              | Pondere pe componente de conținut |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Învățământ cu frecvență</b>                                                        |                                                                   |                                   |
| <b>Evaluare curentă</b>                                                               |                                                                   | <b>15%</b>                        |
|                                                                                       | Susținerea lucrărilor de laborator                                | 50%                               |
|                                                                                       | Implicarea în procesul de învățare activă la cursuri              | 25%                               |
|                                                                                       | Rezultatele mini-testelor curente realizate la orele de curs      | 25%                               |
| <b>Studiu individual</b><br>Sarcina 1: Proiectarea unui regulator în spațiu stărilor. | Prezentare de rapoarte încărcate pe else a lucrărilor individuale | <b>15%</b>                        |
| <b>Evaluare periodică</b>                                                             |                                                                   |                                   |
| EP 1                                                                                  | Bilet                                                             | <b>15%</b>                        |
| EP 2                                                                                  | Bilet                                                             | <b>15%</b>                        |
| <b>Proiect/teză</b>                                                                   |                                                                   |                                   |
| <b>Examen semestrial</b>                                                              | Scris, în baza biletului individual                               | <b>40%</b>                        |