

## FIȘA DISCIPLINEI

### 1. Date despre program

|                                       |                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1.1 Instituția de învățământ superior | Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca                 |
| 1.2 Facultatea                        | Automatică și Calculatoare                            |
| 1.3 Departamentul                     | Calculatoare                                          |
| 1.4 Domeniul de studii                | Calculatoare și Tehnologia Informației                |
| 1.5 Ciclu de studii                   | Master                                                |
| 1.6 Programul de studii / Calificarea | Rețele de Comunicații și Sisteme Distribuite / Master |
| 1.7 Forma de învățământ               | IF – învățământ cu frecvență                          |
| 1.8 Codul disciplinei                 | 7.2                                                   |

### 2. Date despre disciplină

|                                                                          |                                                                                                           |               |   |                                                                   |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1 Denumirea disciplinei                                                | <b>Limbaje și Sisteme de Tipuri</b>                                                                       |               |   |                                                                   |     |
| 2.2 Titularii de curs                                                    | Prof. dr. ing. Eneia Todoran - <a href="mailto:Eneia.Todoran@cs.utcluj.ro">Eneia.Todoran@cs.utcluj.ro</a> |               |   |                                                                   |     |
| 2.3 Titularul / Titularii activităților de seminar / laborator / proiect | Prof. dr. ing. Eneia Todoran - <a href="mailto:Eneia.Todoran@cs.utcluj.ro">Eneia.Todoran@cs.utcluj.ro</a> |               |   |                                                                   |     |
| 2.4 Anul de studiu                                                       | I                                                                                                         | 2.5 Semestrul | 2 | 2.6 Tipul de evaluare ( E – examen, C – colocviu, V – verificare) | E   |
| 2.7 Regimul disciplinei                                                  | DA – de aprofundare, DS – de sinteza, DC – complementară                                                  |               |   |                                                                   | DS  |
|                                                                          | DI – Impusă, DOp – opțională, DFac – facultativă                                                          |               |   |                                                                   | DOp |

### 3. Timpul total estimat

|                                                                                                  |    |           |      |    |         |    |           |   |         |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------|------|----|---------|----|-----------|---|---------|----|
| 3.1 Număr de ore pe săptămână                                                                    | 3  | din care: | Curs | 2  | Seminar | 1  | Laborator | - | Proiect | -  |
| 3.2 Număr de ore pe semestru                                                                     | 42 | din care: | Curs | 28 | Seminar | 14 | Laborator | - | Proiect | -  |
| 3.3 Distribuția fondului de timp (ore pe semestru) pentru:                                       |    |           |      |    |         |    |           |   |         |    |
| (a) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe                                  |    |           |      |    |         |    |           |   |         | 20 |
| (b) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platforme electronice de specialitate și pe teren |    |           |      |    |         |    |           |   |         | 10 |
| (c) Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri                      |    |           |      |    |         |    |           |   |         | 15 |
| (d) Tutoriat                                                                                     |    |           |      |    |         |    |           |   |         | 10 |
| (e) Examinări                                                                                    |    |           |      |    |         |    |           |   |         | 3  |
| (f) Alte activități:                                                                             |    |           |      |    |         |    |           |   |         | -  |
| 3.4 Total ore studiu individual (suma (3.3(a)...3.3(f)))                                         |    |           |      |    | 58      |    |           |   |         |    |
| 3.5 Total ore pe semestru (3.2+3.4)                                                              |    |           |      |    | 100     |    |           |   |         |    |
| 3.6 Numărul de credite                                                                           |    |           |      |    | 4       |    |           |   |         |    |

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

|                   |                                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------------|
| 4.1 de curriculum | Limbaje de programare (curs nivel licența)                    |
| 4.2 de competențe | Operarea cu fundamente științifice, ingineresti și matematice |

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

|                                                                 |                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.1. de desfășurare a cursului                                  | Interacțiune directă (tabla, proiector, calculator) și predare online; pentru nota maximă, participare la curs minim 70% |
| 5.2. de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului | Pentru nota maximă, participare la seminar minim 80% cu participarea activă                                              |

## 6. Competențele specifice acumulate

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.1 Competențe profesionale | <p><b>C1</b> - Operarea cu metode și modele matematice, tehnici și tehnologii specifice ingineriei și informatice avansate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>C1.1</b> - Demonstrarea conceptelor și principiilor teoretice și practice avansate legate de sistemele inteligente și de viziune artificială</li> <li>• <b>C1.2</b> - Folosirea de teorii și instrumente specifice (algoritmi, scheme, modele, protocoale etc.) pentru explicarea structurii și a modului de funcționare al celor mai recente sisteme inteligente și de viziune artificială raportate în literatura științifică de specialitate</li> <li>• <b>C1.3</b> - Utilizarea unor modele pentru diferite componente ale sistemelor inteligente și de viziune artificială complexe în condiții de specificare parțială</li> <li>• <b>C1.4</b> - Evaluarea formală și comparativă a caracteristicilor sistemelor inteligente și de viziune artificială complexe</li> <li>• <b>C1.5</b> - Fundamentarea teoretică a caracteristicilor sistemelor inteligente și de viziune artificială complexe proiectate, bazată pe tendințele moderne teoretice și practice</li> </ul> <p><b>C2</b> - Utilizarea tehnicii de calcul în domeniile inteligenței și viziunii artificiale și a aplicațiilor acestora.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>C2.1</b> - Identificarea și descrierea structurii și a modului de funcționare al componentelor și al sistemelor inteligente și de viziune artificială</li> <li>• <b>C2.2</b> - Explicarea rolului, interacțiunilor și al caracteristicilor funcționale ale componentelor celor mai recente sisteme inteligente și de viziune artificială raportate în literatura științifică de specialitate</li> <li>• <b>C2.3</b> - Construirea unor componente originale, hardware și software, ale sistemelor inteligente și de viziune artificială, folosind algoritmi, metode de proiectare, protocoale, limbaje de programare, structuri de date, tehnologii</li> <li>• <b>C2.4</b> - Evaluarea caracteristicilor funcționale și nefuncționale ale sistemelor inteligente și de viziune artificială, pe baza unor metrici specifice</li> <li>• <b>C2.5</b> - Implementarea sistemelor inteligente și de viziune artificială</li> </ul> |
| 6.2 Competențe transversale | N/A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## 7. Obiectivele disciplinei

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.1 Obiectivul general al disciplinei | <p>Obiectivul principal al acestei discipline este de a oferi cunoștințe specifice și de a pregăti studenții în vederea utilizării de modele formale și semantice în proiectarea și verificarea sistemelor de calcul. Cunoștințele sunt prezentate în contextul limbajelor de programare și specificare, cu accent pe verificarea statică a tipurilor, semantica dinamică, modelarea performanței și verificarea formală a proprietăților sistemelor de calcul.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.2 Obiectivele specifice             | <p>Pentru atingerea acestor obiective generale studenții vor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Învăța să specifice și să proiecteze formal limbaje și sisteme de calcul</li> <li>• Învăța să verifice formal proprietăți ale limbajelor și sistemelor proiectate</li> <li>• Învăța tehnici de proiectare și verificare a proprietăților limbajelor și sistemelor (ex. inducție, semantica de punct fix, bisimulare, coinducție)</li> <li>• Învăța să aplice principii și paradigme avansate de proiectare</li> <li>• Studia modul în care semantica și modelele formale permit rezolvarea de probleme complexe de proiectare, modelare cantitativă, evaluare performanță</li> <li>• Urmări să înțeleagă utilitatea modelelor formale în contextul mai larg al Științei și Calculatoarelor prin exemple (proiectare protocoale, performanța sisteme, modele bazate pe calcul natural, etc.)</li> </ul> |

## 8. Conținuturi

| 8.1 Curs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Nr.ore | Metode de predare                                                 | Observații    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Introducere, concepte de baza                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2      | Curs interactiv, expunere, exemple, discutii si intrebari         | Nu este cazul |
| Stiluri semantice, semantica operationala                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2      |                                                                   |               |
| Untyped Lambda Calculus (ULC): sintaxa, relatie de evaluare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2      |                                                                   |               |
| ULC: termeni de Bruijn (nameless terms)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2      |                                                                   |               |
| Simply Typed Lambda Calculus (STLC): sintaxa si relatie de tipare,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2      |                                                                   |               |
| STLC: proprietatile relatiei de tipare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2      |                                                                   |               |
| Proiectare interpretor STLC, implementare Haskell                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2      |                                                                   |               |
| Introducere in bisimulare si semantica algebrica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2      |                                                                   |               |
| Bisimulare, semantica algebrica: nedeterminism si concurenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2      |                                                                   |               |
| Introducere in CCS (Calculus of Communicating Systems)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2      |                                                                   |               |
| Bisimulare si semantica algebrica in CCS (1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2      |                                                                   |               |
| Bisimulare si semantica algebrica in CCS (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2      |                                                                   |               |
| Introducere in Dependent Types (DT)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2      |                                                                   |               |
| Programare functionala si DT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2      |                                                                   |               |
| Bibliografie (bibliografia minimală pentru aplicații conținând cel puțin o lucrare bibliografică de referință a disciplinei care există la dispoziția studenților într-un număr de exemplare corespunzător)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |                                                                   |               |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. B. Pierce, <i>Types and Programming Languages</i>, MIT Press, 2002.</li><li>2. B. Pierce, <i>Advanced Topics in Types and Programming Languages</i>, MIT Press, 2005.</li><li>3. B. Pierce et al, <i>Software Foundations</i>, <a href="https://softwarefoundations.cis.upenn.edu">https://softwarefoundations.cis.upenn.edu</a>, 2023.</li><li>4. R. Milner. <i>Communicating and mobile systems: the pi-calculus</i>. Cambridge Univ. Press, 1999.</li><li>5. D. Sangiorgi, <i>Introduction to Bisimulation and Coinduction</i>, Cambridge University Press, 2011.</li><li>6. D.P. Friedman, D.T. Christiansen, <i>The Little Typer</i>, MIT Press, 2018.</li><li>7. J.W. De Bakker, E.P. De Vink. <i>Control flow semantics</i>. MIT Press, 1996.</li><li>8. J. Hillston, <i>A compositional approach to performance modeling</i>, Cambridge University Press, 1996.</li><li>9. <i>Types and Programing Languages</i> (lecture notes, adapted from 1), Tehnical University of Cluj-Napoca, <a href="https://ftp.utcluj.ro/pub/users/gc/LST/tpl-2020.pdf">https://ftp.utcluj.ro/pub/users/gc/LST/tpl-2020.pdf</a>, 2020.</li><li>10. E.N. Todoran. <i>Introducere in Semantica Limbajelor de Progrmarea</i>, Note de curs si seminar, Universitatea Tehnica Cluj-Napoca, <a href="http://users.utcluj.ro/~eneia/aplc-2016.pdf">http://users.utcluj.ro/~eneia/aplc-2016.pdf</a> 2016.</li></ol> |        |                                                                   |               |
| 8.2 Aplicații - seminar / laborator / proiect                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nr.ore | Metode de predare                                                 | Observații    |
| Semantica operationala structurata                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2      | Expunere, rezolvare probleme cu participarea activa a studentilor | Nu este cazul |
| Proiectare cu sisteme de tranzitie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2      |                                                                   |               |
| Proiectare interpretor Haskell pentru STLC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2      |                                                                   |               |
| Demonstrare legi CCS in semantica de bisimulare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3      |                                                                   |               |
| Demonstrare legi CCS in semantica de bisimulare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3      |                                                                   |               |
| Programarea functionala cu DT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2      |                                                                   |               |
| Bibliografie (bibliografia minimală pentru aplicații conținând cel puțin o lucrare bibliografică de referință a disciplinei care există la dispoziția studenților într-un număr de exemplare corespunzător)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |                                                                   |               |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. B. Pierce, <i>Types and Programming Languages</i>, MIT Press, 2002.</li><li>2. B. Pierce et al, <i>Software Foundations</i>, <a href="https://softwarefoundations.cis.upenn.edu">https://softwarefoundations.cis.upenn.edu</a>, 2023.</li><li>3. D. Sangiorgi, <i>Introduction to Bisimulation and Coinduction</i>, Cambridge University Press, 2011.</li><li>4. E.M. Clarke et al, <i>Handbook of Model Checking</i>, Springer, 2018.</li><li>5. D.P. Friedman, D.T. Christiansen, <i>The Little Typer</i>, MIT Press, 2018.</li><li>6. <i>Types and Programing Languages</i> (lecture notes, adapted from 1), Tehnical University of Cluj-Napoca, <a href="https://ftp.utcluj.ro/pub/users/gc/LST/tpl-2020.pdf">https://ftp.utcluj.ro/pub/users/gc/LST/tpl-2020.pdf</a>, 2020.</li><li>7. E.N. Todoran. <i>Introducere in Semantica Limbajelor de Progrmarea</i>, Note de curs si seminar, Universitatea Tehnica Cluj-Napoca, <a href="http://users.utcluj.ro/~eneia/aplc-2016.pdf">http://users.utcluj.ro/~eneia/aplc-2016.pdf</a> 2016.</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |        |                                                                   |               |

\*Se vor preciza, după caz: tematica seminarilor, lucrările de laborator, tematica și etapele proiectului.

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

Această disciplină introduce cunoștințe de bază în domeniile Semantica și Metode Formale. Prezentarea este realizată în contextul Limbajelor de Programare și Specificare. Limbajele și sistemele de calcul sunt descrise matematic utilizând sintaxa formală și sunt echipate cu semantica formală în funcție de context și necesitate. Din perspectiva ingineriască, această disciplină este foarte importantă pentru dezvoltarea sistemelor de calcul care impun standarde severe de calitate: fiabilitate, siguranță în funcționare, performanță măsurabilă, etc. Conținutul disciplinei este sincronizat cu ultimele avansuri în domeniu, pe baza de monografii, studii și cursuri predate la universități de prestigiu din Europa și SUA.

**10. Evaluare**

| Tip activitate | Criterii de evaluare                                                                                                  | Metode de evaluare                                     | Pondere din nota finală |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------|
| Curs           | Abilitatea de rezolvare a unor probleme specifice domeniului. Prezenta, (inter)activitate în timpul orelor de curs    | Evaluare finală                                        | 75%                     |
| Seminar        | Abilitatea de rezolvare a unor probleme specifice domeniului. Prezenta, (inter)activitate în timpul orelor de seminar | Elaborare paper științific<br>Teme seminar săptămânale | 25%                     |
| Laborator      | -                                                                                                                     | -                                                      | -                       |
| Proiect        | -                                                                                                                     | -                                                      | -                       |

Standard minim de performanță:  
Modelarea și rezolvarea unor probleme de proiectare semantica limbaje sau sisteme, utilizând aparatul formal specific domeniului.

| Data completării:<br>26.02.2025 | Titulari  | Titlu, prenume / NUME      | Semnătura |
|---------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
|                                 | Curs      | Prof.dr.ing. Eneia TODORAN |           |
|                                 | Aplicații | Prof.dr.ing. Eneia TODORAN |           |
|                                 |           |                            |           |

|                                                                      |                                                      |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Data avizării în Consiliul Departamentului de Calculatoare           | Director Departament,<br>Prof.dr.ing. Rodica Potolea |
| Data aprobării în Consiliul Facultății de Automatică și Calculatoare | Decan,<br>Prof.dr.ing. Vlad Mureșan                  |