



### FIȘA DISCIPLINEI

#### 1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
1.2 Facultatea	Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Telecomunicații
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclu de studii	Licență
1.6 Specializarea	Tehnologii și Sisteme de Telecomunicații

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Machine Learning Fundamentals (lb. engleza)					
(en)							
2.2 Titularul activităților de curs		Prof. Dr. Ruxandra-Georgiana TAPU					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Prof. Dr. Ruxandra-Georgiana TAPU					
2.4 Anul de studiu	4	2.5 Semestrul	II	2.6 Tipul de evaluare	V	2.7 Regimul disciplinei	Op
2.8 Tipul disciplinei	S	2.9 Codul disciplinei	04.S.08.A.613	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	3.5	Din care: 3.2 curs	2.00	3.3 seminar/laborator	1.5
3.4 Total ore din planul de învățământ	49.00	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	21
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					69
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					4
Examinări					3
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	76.00				
3.8 Total ore pe semestru	125				
3.9 Numărul de credite	5				

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

4.1 de curriculum	Parcursarea și/sau promovarea următoarelor discipline: Programare Obiect Orientată; Semnale și Sisteme; Sisteme de Operare; Teoria Transmiterii Informației.
4.2 de rezultate ale învățării	Cunoștințe generale privind semnalele unidimensionale și bidimensionale, programare orientată pe obiecte și lucru cu biblioteci dedicate.



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

5.1 Curs	Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector și computer.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: calculatoare performante echipate cu plăci grafice necesare pentru prelucrare paralelă a datelor, videoproiector sau TV cu o diagonală minimă de 179 cm, tabletă grafică.

**6. Obiectiv general** (Se referă la intențiile profesorilor pentru studenți, la ceea ce studenții vor fi învățați în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului științific abordat, precum și la rolul pe care acesta îl are în cadrul specializării studiate. Vor fi descrise de o manieră generală tematicile abordate, justificarea includerii cursului în planul de învățământ al specializării studiate etc.)

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului electronică, telecomunicații și tehnologia informației, specializarea Tehnologii și Sisteme de Telecomunicații și își propune să familiarizeze studenții cu principalele abordări, modele și teorii explicative ale domeniului inteligenței artificiale, utilizate în rezolvarea de aplicații practice și probleme, cu relevanță pentru stimularea procesului de învățare. Disciplina urmărește înțelegerea și aplicarea noțiunilor fundamentale din domeniul rețelelor neurale convoluționale cu scopul identificării automate a conținutului semantic relevant existent în documentele multimedia. Disciplina presupune studierea metodelor de selecție și exploatare a sistemelor bazate pe inteligența artificială ce folosesc învățarea automată, precum și conceperea unui nou sistem. Accentul este pus pe folosirea cunoștințelor teoretice în aplicații practice.

**7. Competențe** (Capacitatea dovedită de a utiliza cunoștințe, aptitudini și abilități personale, sociale și/sau metodologice în situații de muncă sau de studiu și pentru dezvoltarea profesională și personală. Reflectă cerințele angajatorilor.)

<b>Specifice</b>	<p><b>Demonstrează că deține</b> cunoștințe de bază/avansate în domeniul inteligenței artificiale.</p> <p><b>Corelează și aplică în practică</b> cunoștințele referitoare la sistemele de învățare automată folosind arhitecturi de rețele neurale adânci.</p> <p><b>Aplică cunoștințe</b>, concepte și metode de bază privitoare la limbaje și tehnici de programare.</p> <p><b>Elaborează</b> programe într-un limbaj de programare obiect-orientată, pornind de la specificarea cerințelor și până la execuția, depanarea și interpretarea rezultatelor în corelație cu procesorul utilizat</p> <p><b>Comunicare orală și în scris în limba română:</b> utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficiente, în scris și oral.</p> <p><b>Comunicare orală și în scris într-o limbă străină (engleză):</b> demonstrează înțelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă străină.</p>
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<b>Transversale (generale)</b>	<p><b>Lucrează în echipă și comunică eficient</b>, coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru rezolvarea de situații problemă de complexitate medie.</p> <p><b>Autonomie și gândire critică:</b> abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, precum și de a desprinde și prezenta concluzii / identifica soluții.</p> <p><b>Capacitate de analiză și sinteză:</b> prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.</p> <p><b>Respectă principiile de etică academică:</b> în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate.</p> <p><b>Pune în practică elemente de</b> inteligență emoțională în gestionarea socio-emoțională adecvată a unor situații din viața reală/academică/profesională, demonstrând stăpânire de sine și obiectivitate în luarea deciziilor sau în situații de stres.</p> <p><b>Analiza metodică</b> a problemelor întâlnite în activitate, identificând elementele pentru care există soluții consacrate, asigurând astfel îndeplinirea sarcinilor profesionale.</p>
------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**8. Rezultatele învățării** (Sunt enunțuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învățării reflectă realizările studentului și mai puțin intențiile profesorului. Rezultatele învățării informează studenții despre ceea ce se așteaptă de la ei din punct de vedere al performanței, pentru a obține notele și creditele dorite. Sunt definite în termeni concreți, folosind verbe similare exemplurilor de mai jos și indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învățării vor fi astfel redactate încât să fie evidențiată clar relația față de competențele definite la punctul 7.)

<b>Cunoștințe</b>	<p><i>Rezultatul asimilării de informații prin învățare. Cunoștințele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii și practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice și/sau factice.</i></p> <p><b>Enumeră</b> cele mai importante etape care au marcat dezvoltarea tehnicilor de învățare automata: supervizată și nesupervizată.</p> <p><b>Definește</b> noțiuni specifice precum: funcții de scor și funcții de pierdere, rețele neurale artificiale, rețele neurale convoluționale, sisteme de clasificare/regresie, arhitecturi de rețele adânci utilizate în aplicații practice.</p> <p><b>Describe/clasifică</b> etapele necesare antrenării unui sistem ce folosește inteligența artificială.</p> <p><b>Evidențiază relații</b> între diferitele topologii de sisteme bazate pe învățarea profundă.</p>
<b>Aptitudini</b>	<p><i>Capacitatea de a aplica cunoștințe și de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini și a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive și creative) sau practice (implicând dexteritate manuală și utilizarea de metode, materiale, unelte și instrumente).</i></p> <p><b>Selectează</b> și grupează informații relevante într-un context dat.</p> <p><b>Utilizează argumentat principii specifice în vederea</b> stabilirii instrumentelor software specializate ce permit extragerea automată a conținutului semantic existent în documentele multimedia.</p> <p><b>Lucrează</b> productiv în echipă.</p> <p><b>Elaborează un text științific.</b></p> <p><b>Verifică experimental soluțiile</b> identificate.</p> <p><b>Identifică soluții</b> și elaborează planuri de rezolvare/proiecte.</p> <p><b>Formulează concluzii la experimentele realizate.</b></p> <p><b>Argumentează</b> soluțiile identificate/modurile de rezolvare.</p>



<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <p><b>Selectează</b> surse bibliografice potrivite și le analizează.</p> <p><b>Respectă principiile de etică academică</b>, citând corect sursele bibliografice utilizate.</p> <p><b>Demonstrează receptivitate</b> pentru contexte noi de învățare.</p> <p><b>Manifestă colaborare</b> cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice</p> <p><b>Demonstrează autonomie</b> în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației de rezolvat</p> <p><b>Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse</b> în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător.</p> <p><b>Analizează și valorifică oportunități de afaceri/de dezvoltare antreprenorială</b> în domeniul de specialitate.</p> <p><b>Demonstrează</b> abilități de management al situațiilor din viața reală (gestionarea timpului, colaborare vs. conflict).</p>
--------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**9. Metode de predare** (*Se vor avea în vedere metode care să asigure predarea centrată pe student. Se va descrie modul în care se asigură participarea studenților la stabilirea propriului parcurs de învățare, cum se identifică eventualele rămăneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.*)

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

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

Prezentările utilizează imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat. Această disciplină acoperă informații și activități practice menite să-i sprijine pe studenți în eforturile de învățare și de dezvoltare a unor relații optime de colaborare și comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

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

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

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	1. Elemente fundamentale de reprezentare a imaginilor digitale: 1.1. Conceptul de pixeli. 1.2. Blocurile de reprezentare a imaginilor. 1.3. Spații de culoare. 1.4. Scalarea imaginilor și raportul de aspect.	2



2	2. Învățarea automată: 2.1 Învățarea supervizată: 2.1.1. Regresia liniară și logistică. 2.1.2. Mașini cu suport vectorial. 2.1.3. Colecții de arbori aleatori. 2.1.4. Rețele neuronale artificiale. 2.2 Învățarea nesupervizată: 2.2.1. Gruparea de tip: K-means. 2.2.2. Clustere ierarhice.	4
3	3. Bazele învățării profunde: 3.1. Notății și terminologie. 3.2. Topologii de rețele utilizate. 3.3. Antrenarea rețelelor neuronale artificiale.	2
4	4. Rețele neuronale: 4.1 Rețele cu un singur neuron. 4.2 Perceptroni cu mai multe straturi. 4.3 Propagarea înainte. 4.4. Funcții de pierdere și optimizare. 4.5. Clasificatorul Sofmax. 4.6. Propagarea înapoi.	4
5	5. Rețele neuronale convoluționale (CNN): 5.1 Straturi în CNN: 5.1.1. Straturi convoluționale. 5.1.2. Funcții de activare. 5.1.3. Straturi de agregare (pooling). 5.1.4. Straturi complet conectate. 5.1.5. Straturi de normalizare. 5.1.6. Straturi de „dropout”. 5.2. Vizualizarea rețelelor neuronale convoluționale. 5.3. Transfer Learning și Fine Tuning.	6
6	6. Învățare profundă în practică: 6.1. Medii de dezvoltare: 6.1.1. Biblioteci dedicate aplicațiilor de învățare profundă. 6.1.2. Avantaje/dezavantaje CPU vs GPU. 6.2. Învățare profundă pentru clasificarea datelor: 6.2.1. Baze de date. 6.2.2. Seturi de date de antrenare și testare. 6.2.3. Antrenarea unui rețele CNN simple. 6.2.4. Salvarea și încărcarea modelelor. 6.2.5. Supra-învățarea și sub-învățarea rețelelor de tip CNN.	6
7	7. Arhitecturi de rețele de tip CNN utilizate în aplicații practice: 7.1. AlexNet. 7.2. VGG 7.3. ResNet 7.4. Inception 7.5. Xception	4
	<b>Total:</b>	28
<b>Bibliografie:</b>		



<b>LABORATOR</b>		
<b>Nr. crt.</b>	<b>Conținutul</b>	<b>Nr. ore</b>
1	Introducere în rețelele neuronale. Implementarea unei porți AND/XOR cu ajutorul unei rețele neuronale în Python.	3
2	Proiectarea unei rețele neuronale dense în Keras. Antrenarea rețelei pe baza de date MNIST.	3
3	Proiectarea unei rețele neuronale convoluționale. Analiza elementelor fundamentale ale sistemelor de învățare profundă: straturi convoluționale, funcții de activare, straturi de agregare (pooling), straturi complet conectate, straturi de normalizare, straturi de „dropout”.	3
4	Antrenarea unui clasificator pentru recunoașterea de obiecte.	3
5	Monitorizarea modelelor utilizând Keras Callback and TensorBoard. Metrice de evaluare a performanțelor rețelelor neuronale. Supra-învățarea și sub-învățarea rețelelor CNN.	3
6	Arhitecturi de rețele utilizate în aplicații practice. Evaluare comparativă.	3
7	Colocviu de laborator	3
	<b>Total:</b>	<b>21</b>

**Bibliografie:**

### 11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	1. Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale.	Un test de verificare susținut la o dată fixată la începutul cursului; subiectele acoperă întreaga materie, realizând o sinteză între parcurgerea teoretică comparativă a materiei și explicitarea prin exerciții și probleme a modelelor de aplicație.	50%
	2. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice.	Idem	
	3. Analiza diferențiată a tehnicilor și metodelor teoretice.	Idem	



11.5 Seminar/laborator/proiect	1. Cunoașterea modului de utilizare limbajului de programare Python și a librăriilor, Keras, TensorFlow și OpenCV.	Colocviu final de laborator, cuprinzând o componentă teoretică și o componentă practică. Componenta teoretică este verificată prin test grilă; componenta practică este evaluată prin verificarea modului de rezolvare (implementare, testare, funcționare) de către student a unei probleme practice.	50%
	2. Cunoașterea arhitecturilor uzuale de rețele neuronale.	Idem	
	3. Cunoașterea modului în care se realizează antrenarea și testarea rețelelor neuronale.	Idem	
11.6 Condiții de promovare			
Obținerea a 50% din punctajul total. Demonstrarea cunoașterii elementelor fundamentale ale sistemelor de învățare profundă: straturi convoluționale, funcții de activare, straturi de agregare (pooling), straturi complet conectate, straturi de normalizare, straturi de „dropout”. demonstrarea cunoașterii principalelor arhitecturi de rețele neuronale utilizate în aplicații practice: VGG, ResNet, Inception, Xception.			

## 12. Coroborarea conținutului disciplinei cu așteptările reprezentanților angajatorilor și asociațiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum și cu stadiul actual al cunoașterii în domeniul științific abordat și practicile în instituții de învățământ superior din Spațiul European al Învățământului Superior (SEİS)

Prin activitățile desfășurate, studenții dezvoltă abilități de a oferi soluții unor probleme și de a propune idei de îmbunătățire a situației existente în domeniul tehnologiei informației cu aplicații directe și imediate în robotică, IoT sau sisteme autonome.

În dezvoltarea conținutului disciplinei s-au avut în vedere cunoștințe / aspecte / fenomene descrise de literatura de specialitate / cercetările proprii publicate / prezentate.

Cursul are un conținut similar cursurilor desfășurate de universitatea Stanford din SUA.

Prin activitățile realizate în timpul cursului/laboratorului se are în vedere dezvoltarea abilităților absolventului de a gestiona situații practice cu care se poate confrunta în viața reală în scopul creșterii contribuției acestuia la îmbunătățirea mediului socio-economic.

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

Prof. Dr. Ruxandra-Georgiana  
TAPU

Prof. Dr. Ruxandra-Georgiana  
TAPU



**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București**  
**Facultatea de Electronică, Telecomunicații și**  
**Tehnologia Informației**



Data avizării în departament

Director de departament

Data aprobării în Consiliul  
Facultății

Decan