

REȚELE NEURONALE ȘI ÎNVĂȚARE PROFUNDĂ
1. Date despre disciplină/modul

Facultatea	Calculatoare, Informatică și Microelectronică				
Departamentul	Inginerie Software și Automatică				
Ciclul de studii	Ciclul II, Studii superioare de master				
Programul de studii	Tehnologia informației				
Anul de studii	Semestrul	Tip de evaluare	Categoria formativă	Categoria de opționalitate	Credite ECTS
Anul I (<i>învățământ cu frecvență</i>)	II	E	F – uniate de curs fundamentală	O - unitate de curs obligatorie	5

2. Timpul total estimat

Total ore în planul de învățământ		Din care				
		Ore auditoriale		Lucrul individual		
		Curs	Practice	Proiect de an	Studiul materialului teoretic	Pregătire aplicații
Învățământ cu frecvență	150	20	20	-	60	50

3. Precondiții de acces la disciplină/modul

Conform planului de învățământ	Pentru a atinge obiectivele disciplinei studenții trebuie să posede cunoștințe din domeniile: Analiza matematică, Teoria probabilității și a informației, Statistica matematică, Modele matematice și optimizări, Analiza exploratorie și modelarea datelor, Vizualizarea datelor, Machine Learning și Data Mining.
Conform competențelor	Studenții vor demonstra deprinderi în manipularea, preprocesarea și vizualizarea datelor, gândire critică pentru abordarea și rezolvarea eficientă a problemelor de învățare automată, abilități de autoînvățare, înțelegerea contextului de afaceri

4. Condiții de desfășurare a procesului educațional pentru

Curs	- Prezență obligatorie (minim 80%). - Acces la materiale didactice și utilizarea platformei Moodle. - Participare activă în discuții și clarificări.
Practice	- Prezență obligatorie la toate orele practice. - Echipament necesar: laptop personal cu software specific instalat. - Rapoarte pentru fiecare lucrare practică, încărcate pe Moodle (PDF). - Evaluare bazată pe calitatea lucrărilor și implicare activă, minim nota „5” pentru promovare.

5. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	CPM 1. Elaborarea și proiect a arhitecturii K1 Modele de arhitectura, metodologii și instrumente de proiectare a sistemelor K4 Arhitectura întreprinderii și standardele interne ale companiei K5 Noi tehnologii emergente (de exemplu, sisteme distribuite, modele de virtualizare, seturi de date, sisteme mobile) S2 Utilizează cunoștințele sale tehnologice din diferite domenii pentru a elabora și implementa arhitectura întreprinderii S3 Înțelege obiectivele companiei care au impact asupra componentelor arhitecturii (date, aplicații, securitate, dezvoltare etc.) S5 Dezvoltă modele de design și modele arhitecturale pentru a ajuta analiștii sistemului în proiectarea unor aplicații coerente CPM 2. Monitorizarea tendințelor tehnologice. Inovație. Dezvoltarea durabilă K1 Tehnologiile existente și emergente și aplicațiile lor relevante pe piață K2 Obiectivele, tendințele și nevoile business-ului, societății și cercetării
--------------------------------	---

	K3 Sursele relevante de informații (de exemplu, reviste, conferințe și evenimente, lideri de opinie, forumuri on-line etc.) K4 Abordările concrete ale programelor de cercetare aplicate K5 Tehnicile procesului de inovare S1 Monitorizează sursele de informații și urmărește continuu pe cele mai promițătoare S2 Identifică vânzătorii și furnizorii de cele mai promițătoare soluții; evaluează, justifică și le propune pe cele mai potrivite S3 Identifică avantajele și îmbunătățirile care le aduce adoptarea tehnologiilor emergente S6 Stăpânește principalele constrângeri ale standardelor internaționale referitor la sustenabilitatea TIC CPM 3. Dezvoltarea aplicațiilor. Integrarea componentelor. Ingineria sistemelor K1 Programe / module adecvate, SGBD și limbaje de programare adecvate. Tehnologii de ultimă oră K3 Impactul integrării unui sistem asupra organizației sau a sistemului existent K4 Tehnici de interfațare între module, sisteme și componente K7 Componente hardware, instrumente și arhitecturi hardware K8 Proiectarea funcțională și tehnică S1 Aplică arhitecturi software și / sau hardware adecvate S2 Măsoară performanța sistemului înainte, în timpul și după integrarea sistemului S3 Identifică și înregistrează activitățile, problemele și măsurile corective legate de întreținere S4 Adaptează nevoile clienților la produsele existente S5 Securizează și face backup-ul datelor pentru a asigura integritatea lor în timpul integrării datelor sau a sistemului S9 Aplică modele de date, procese, pentru a se dezvolta eficient și productiv CPM 5. Îmbunătățirea proceselor K1. Metode de cercetare, comparare și metode de măsurare K2 Metode de evaluare, proiectare și implementare K4 Dezvoltările/Evoluțiile relevante în domeniul TIC (de exemplu, virtualizarea, datele deschise etc.) și impactul lor potențial asupra proceselor K5 Specificitatea tehnologiilor web, cloud și mobile S1 Redactează, documentează și cataloghează procesele și procedurile esențiale S2 Propune modificări ale procesului pentru a facilita și raționaliza îmbunătățirile
Competențe transversale	CTM1. Autonomie și responsabilitate CTM2. Interacțiune socială CTM3. Dezvoltare personală și profesională

6. Obiectivele disciplinei/modulului

Obiectivul general	Formarea unei înțelegeri cuprinzătoare a conceptelor și tehnicilor de inteligență artificială, a arhitecturilor rețelelor neuronale și a aplicațiilor în NLP. Dezvoltare de competențe necesare pentru a realiza sisteme inteligente care să înțeleagă, să proceseze și să genereze un limbaj asemănător cu cel uman, revoluționând comunicarea și automatizarea.
Obiectivele specifice	• Înțelegerea principiilor fundamentale: dezvoltarea unei baze solide în principiile rețelelor neurale, arhitecturi de învățare profundă și concepte NLP. • Implementarea rețelelor neuronale: proiectare, implementare și optimizare modele de rețele neuronale pentru diferite sarcini și aplicații. • Tehnici de învățare profundă: tehnici avansate de învățare profundă - CNN, RNN și mecanismele de atenție pentru a gestiona date și sarcini complexe. • Bazele procesării limbajului natural (NLP): elementele de bază ale NLP, inclusiv tokenizarea, etichetarea părții de vorbire, recunoașterea entităților numite și analiza sentimentelor. • Aplicații NLP: tehnicile NLP pentru a rezolva probleme din lumea reală, cum ar fi clasificarea textului, modelarea limbajului și traducerea automată. • Formarea și evaluarea modelelor: strategii de formare și evaluare a modelelor de rețele neuronale pentru performanță și precizie optime. • Considerații etice: implicațiile și considerațiile etice legate de utilizarea inteligenței artificiale, a rețelelor neuronale și a tehnologiilor NLP. • Integrarea tehnicilor de inteligență artificială, a rețelelor neuronale și a NLP pentru a crea aplicații inteligente pentru înțelegerea, generarea și interacțiunea în limbajul natural.

7. Conținutul disciplinei/modulului

Tematica activităților didactice	Numărul de ore
	învățământ cu frecvență
Tematica cursurilor	
T1. Procesarea limbajului natural (NLP) Tokeni și tokenizare. N-grame și cuvinte de oprire. Construirea vocabularului și normalizare. Case Folding, Stemming și Lemmatizare.	4
T2. Word Embedding (Înglobare cuvinte) . Hărți autoorganizate. Word2vec, Skip-grams și Continous Bag of Words (CBOW). Vectori globali (GloVe) și fastText. Vizualizarea relațiilor dintre cuvinte și similaritatea documentelor.	2
T3. Rețele neuronale artificiale (RNA) . Neuronul biologic și perceptronul. Intrări, ponderi și ieșiri. Funcția de activare cu prag. Exemplu de calcul al predicției unui perceptron. Funcția de activare Sigmoid. Funcția de activare Tangenta hiperbolică. Funcția de activare Rectifier. Exemplu de predicție a prețurilor imobiliare cu RNA. Propagarea înapoi. Gradient Descendent și Gradient Descendent Stochastic. Alegerea funcției de cost. Regularizare. Inițializarea ponderilor. Alegerea ratei de învățare.	4
T4. Rețele neuronale convoluționale (CNN) . Reprezentarea datelor de imagine digitale. Stratul de convoluție. Filtre de convoluție sau detectoare de caracteristici. Harta de caracteristici. Formula de convoluție. Convoluția - corelație încrucișată și similaritate cosinus. Pierderea informațiilor în convoluție și padding. Convoluția pentru imagini color (tensore 3D). Invarianța spațială și stratul de pooling (Max și Mean Pooling). Stratul de conexiune completă. Exemplu de antrenament CNN pe imagini.	4
T5. Rețele neuronale recurente (RNN-uri) . Problema gradientului care dispare. Gradientul care explodează. RNN simplu sau Rețeaua Elman. Exemplu de clasificare a cuvintelor cu RNN. Stări ascunse. Tipuri de sarcini și arhitecturi RNN. Funcția de activare Tanh. Unități recurente cu gate-uri (GRUs). Vectorul porții de actualizare și vectorul porții de resetare. Rețele neuronale cu memorie pe termen lung (LSTMs). Starea celulei. Poarta de uitare, poarta de intrare/actualizare și poarta de ieșire. RNN-uri bidirecționale.	4
T6. Transformeri . Arhitectura Seq2Seq și Mecanismul de Atenție. Autoatenția de bază și Vectorul de context. Codificatoare (de exemplu, BERT) și Decodificatoare (de exemplu, GPT). Căutări, Chei și Valori. Exemplu de calcul al scorurilor de atenție (similitudine).	2
Total curs:	20
Tematica lucrărilor practice	
LP1. Minerit de text cu utilizarea bibliotecii NLTK în limbajul de programare Python.	6
LP2. Predicția ratei de dezabonare cu ajutorul unui ANN. Ajustarea hiperparametrilor rețelei neurale feed-forward	6
LP3. Clasificarea imaginilor cu ajutorul CNN	4
LP4. Afinarea detaliată a BERT pentru analiza sentimentelor în recenziile de filme cu ajutorul bibliotecii Hugging Face's Transformers.	4
Total lucrări practice:	20

8. Referințe bibliografice

Principale	1. Michael Nielsen, Neural Networks and Deep Learning, 2019, http://neuralnetworksanddeeplearning.com
	2. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, Deep Learning, 2016, MIT Press, http://www.deeplearningbook.org
	3. Nithin Buduma, Nikhil Buduma and Joe Papa, 2022 Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-Generation Machine Learning Algorithms, 2nd Edition, O'Reilly Media Inc.
Suplimentare	4. Educational materials and bibliographic sources on FCIM's ELSE Platform: https://else.fcim.utm.md/course/view.php?id=703
	5. Lewis Tunstall, Leandro von Werra, and Thomas Wolf, 2022, Natural Language Processing with Transformers. Building Language Applications with Hugging Face, O'Reilly Media.

9. Utilizarea IA generativă

Permisele de utilizare	Utilizarea IA generative în cadrul temelor și proiectelor este permisă, cu condiția ca studenții să respecte următoarele reguli: - 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. - 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."
Restricții de utilizare	Studenții nu trebuie să considere IA generativă ca o sursă de încredere pentru informații, deoarece nu oferă referințe clare sau surse documentate. - Nu este permisă citarea directă a conținutului generat de IA în lucrările academice ca și cum ar fi sursă primară. - Activitățile în care este interzis utilizarea IA generativă sunt specificare de profesor și sunt de regulă evaluări intermediare și finale sau care nu presupun activități de dezvoltare a competențelor profesionale.

10. Evaluare

Periodică		Curentă	Studiu individual	Proiect/teză	Examen
EP 1	EP 2				
15%	15%	15%	15%		40%
Standard minim de performanță: Prezența la lecții; activitatea și calitatea pregătirii la / pentru prelegeri și lucrări practice; Obținerea notei minime de „5” la fiecare dintre atestări și lucrări practice; Demonstrarea în lucrarea de examinare finală a cunoașterii conținutului teoretic al cursului și a condițiilor de aplicare a procedurilor de modelare constructivă..					

11. Criterii de evaluare

Activitate	Componente evaluare	Metodă de evaluare, criterii de evaluare	Pondere în nota finală a activității	Ponderea în evaluarea disciplinei
Învățământ cu frecvență				
Evaluare periodică I	Conținut teoretic, teme 1-4	Test pe MOODLE	100%	15%
Evaluare periodică II	Conținut teoretic, teme 6-8	Test pe MOODLE	100%	15%
Evaluare curentă	Activitatea practică	Discuții în cadrul seminarelor	50%	15%
		Dosar completat cu Rapoarte pentru fiecare Studiu de caz în discuție	50%	
Studiul individual	Cercetare la temă	Prezentare/discurs public	100%	15%
Evaluarea finală	Conținut teoretic și practic	Examen oral. Notare conform baremului	100%	40%