



MINISTERUL EDUCAȚIEI

ORDIN

**privind aprobarea programei școlare pentru disciplina opțională
Introducere în învățarea automată (machine learning)” - Curriculum la decizia școlii pentru
învățământul liceal, Clasa a XI-a/Clasa a XII-a**

În conformitate cu prevederile art. 65 alin. (3), (4) din Legea educației naționale nr. 1/2011, cu modificările și completările ulterioare,

având în vedere prevederile art. 4, lit. a) din Hotărârea Guvernului nr. 277/2020, privind organizarea și funcționarea Centrului Național de Politici și Evaluare în Educație,

în baza Ordinului ministrului educației naționale nr. 3593/2014 pentru aprobarea Metodologiei privind elaborarea și aprobarea curriculumului școlar - planuri-cadru de învățământ și programe școlare,

în baza Ordinului ministrului educației nr. 3239/2021, privind aprobarea documentului de politici educaționale Repere pentru proiectarea, actualizarea și evaluarea Curriculumului național. Cadrul de referință al Curriculumului național,

în baza Ordinului ministrului educației 3238/2021 pentru aprobarea metodologiei privind dezvoltarea curriculumului la decizia școlii,

în temeiul art. 13, alin. (3) din Hotărârea Guvernului nr. 369/2021 privind organizarea și funcționarea Ministerului Educației, cu modificările și completările ulterioare,

MINISTRUL EDUCAȚIEI

emite prezentul ordin:

Art.1. Se aprobă programa școlară pentru disciplina opțională ”Introducere în învățarea automată (machine learning)” - Curriculum la decizia școlii pentru învățământul liceal, Clasa a XI-a/Clasa a XII-a, prevăzută în Anexa care face parte integrantă din prezentul ordin.

Art.2. Programa școlară prevăzută la Art. 1 se aplică începând cu anul școlar 2022-2023.

Art.3. Direcția Generală Învățământ Preuniversitar, Centrul Național de Politici și Evaluare în Educație, inspectoratele școlare și unitățile de învățământ duc la îndeplinire prevederile prezentului ordin.

Art.4. Prezentul ordin se publică în Monitorul Oficial al României, Partea I.

Nr. 4049
Data 14.06.2022
București

MINISTRU,
Sorin-Mihai CÎMPEANU



Programă școlară pentru disciplina opțională

Introducere în învățarea automată (machine learning)

Curriculum la decizia școlii pentru învățământul liceal
Clasa a XI-a/Clasa a XII-a

București, 2022



NOTĂ DE PREZENTARE

Programa școlară „**Introducere în învățarea automată (machine learning)**” reprezintă o ofertă curriculară de tip *opțional ca disciplină nouă, în ofertă națională* pentru învățământul liceal, proiectată pentru un buget de timp de 1 oră/săptămână, pe durata unui an școlar.

Disciplina se poate studia în clasa a XI-a sau în clasa a XII-a și necesită competențe minime de programare. Prin urmare, această disciplină opțională se adresează elevilor de la filiera teoretică, profil real.

Studiul disciplinei „**Introducere în învățarea automată (machine learning)**” se va desfășura cu întreg colectivul de elevi și necesită acces la dispozitive de calcul.

Învățarea automată (machine learning) este, în prezent, principala abordare care are ca scop construirea de sisteme inteligente, adică sisteme ce pot rezolva sarcini complexe cum ar fi recunoașterea unei persoane într-o imagine, traducerea unui text dintr-o limbă străină sau abilitatea de a juca șah la nivel profesionist și exemplele pot continua. Crearea de astfel de sisteme inteligente reprezintă obiectul de studiu al inteligenței artificiale, domeniu larg de cercetare aflat la intersecția dintre: informatică, matematică, inginerie, statistică, neuroștiințe, științele educației etc.

Învățarea automată se bazează pe algoritmi care permit sistemelor să învețe din experiență. În timp ce în sistemele clasice sunt programați explicit toți pașii de rezolvare a problemei, sistemele bazate pe învățare automată primesc multe exemple și învață singure să obțină soluția potrivită.

Programa școlară a disciplinei „**Introducere în învățarea automată (machine learning)**” răspunde nevoilor de alfabetizare digitală, din perspectiva noilor cerințe socio-profesionale, printr-un curriculum relevant, vizând formarea unui set de competențe digitale, pe care absolvenții învățământului liceal să le poată valorifica în viața activă.

În elaborarea acestei programe școlare, a fost luată în considerare **Cartea albă privind inteligența artificială – O abordare europeană axată pe excelență și încredere**. Aceasta a fost publicată la 19 februarie 2020 de către Comisia Europeană și prezintă principiile de bază ale unui viitor cadru de reglementare al UE pentru inteligența artificială în Europa:

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/excellence-trust-artificial-intelligence_ro

De asemenea, s-a ținut cont de preocupările intense la nivel național, precum:

- elaborarea cadrului strategic național în domeniul inteligenței artificiale, parte a proiectului *Cadru strategic pentru adoptarea și utilizarea de tehnologii inovative în administrația publică 2021 – 2027 – soluții pentru eficientizarea activității*:

<https://www.adr.gov.ro/cadru-strategic-pentru-adoptarea-si-utilizarea-de-tehnologii-inovative-in-administratia-publica-2021-2027-solutii-pentru-eficientizarea-activitatii-cod-sipoca-704/>

- *Strategia privind digitalizarea educației din România (proiect)*:

<https://www.edu.ro/sites/default/files/SMART.Edu%20-%20document%20consultare.pdf>

- *Repere pentru proiectarea, realizarea și evaluarea curriculumului național. Cadrul de referință al Curriculumului Național* (Anexa la OME nr.3239/05.02.2021)

- recomandarea ANIS (Asociația Patronală a Industriei de Software și Servicii), care atrage atenția asupra includerii în *Strategia Națională pentru Inteligență Artificială* a unor măsuri concrete prin care **curriculumul școlar să fie actualizat și adaptat evoluției tehnologice**:

<http://ina.gov.ro/tema-lunii-digitalizarea-si-inteligenta-artificiala-in-administratia-publica/>



Pentru dezvoltarea unor soluții informatice care au în vedere învățarea automată (machine learning), se recomandă utilizarea limbajului de programare *Python*. Alegerea acestui limbaj a fost motivată de posibilitatea accesării gratuite a unor biblioteci care oferă mecanisme/facilități de utilizare a algoritmilor specifici învățării automate. Mai mult, în momentul de față, atât în industria software cât și în mediul academic, implementarea algoritmilor de învățare automată (machine learning) se face frecvent în limbajul *Python*.

Din perspectiva modelului de proiectare curriculară, programa școlară de față include următoarele elemente:

- **Notă de prezentare**
- **Competențe generale**
- **Competențe specifice și exemple de activități de învățare**
- **Conținuturi**
- **Sugestii metodologice**
- **Referințe bibliografice**

Competențele sunt ansambluri structurate de cunoștințe, abilități și atitudini formate prin învățare, care permit rezolvarea unor probleme specifice unui domeniu sau a unor probleme generale, în contexte particulare diverse.

Competențele generale vizează achizițiile de cunoaștere și de comportament ale elevului din învățământul preuniversitar.

Competențele specifice sunt derivate din competențele generale, reprezintă etape în dobândirea acestora, formându-se pe durata unui an școlar. Pentru realizarea competențelor specifice, în programă sunt propuse **exemple de activități de învățare**, cu un caracter orientativ, prin care se valorifică experiența concretă a elevului și care integrează strategii didactice adecvate unor contexte de învățare variate.

Conținuturile învățării reprezintă baza de operare pentru formarea competențelor.

Sugestiile metodologice includ strategii didactice și au rolul de a orienta cadrul didactic în aplicarea programei. Pentru a facilita demersul cadrului didactic, sugestiile metodologice includ, de asemenea, exemple de activități de învățare/evaluare, precum și trimiteri la suporturi de curs/alte resurse educaționale utile.

Referințele bibliografice includ o listă de lucrări relevante pentru domeniul de studiu respectiv, care sprijină cadrul didactic în aplicarea programei școlare.



COMPETENȚE GENERALE

1. Implementarea algoritmilor în limbajul Python
2. Elaborarea creativă de soluții informatice care vizează aspecte sociale, culturale și personale, utilizând algoritmi care au la bază învățarea automată

COMPETENȚE SPECIFICE ȘI EXEMPLE DE ACTIVITĂȚI DE ÎNVĂȚARE

1. Implementarea algoritmilor în limbajul Python

Clasa a XI-a/Clasa a XII-a

1.1 Utilizarea unui mediu de dezvoltare pentru limbajul Python

- folosirea interpretorului de comenzi din mediul de dezvoltare utilizat pentru executarea unor scripturi Python model, modificarea lor conform unor cerințe și crearea unor secvențe noi de cod
- familiarizarea cu funcționalitățile mediului de dezvoltare pentru editarea codului, de exemplu indentarea codului, sugestii de completare, ajutor contextual
- familiarizarea cu funcționalitățile mediului de dezvoltare pentru executarea codului, de exemplu semnalarea erorilor sau depanarea secvențelor de cod

1.2 Elaborarea unor scripturi Python care prelucrează tipuri de date de bază

- recunoașterea rolului unor elemente prezente în sintaxa instrucțiunilor limbajului Python prin analogia dintre o secvență de instrucțiuni Python și secvența corespunzătoare scrisă într-un limbaj de programare studiat sau în pseudocod
- modificarea unor secvențe de instrucțiuni pentru a pune în evidență rolul elementelor componente (de exemplu parcurgerea valorilor naturale dintr-un interval în ordine crescătoare/ descrescătoare, cu un anumit pas)
- exersarea operațiilor de intrare-ieșire prin apelul funcțiilor specifice, pentru diferite tipuri de date și formate ale acestora
- rezolvarea unor probleme ce utilizează tipurile de date de bază și operatorii specifici limbajului Python

1.3 Elaborarea unor scripturi Python care prelucrează tipuri de date structurate

- prezentarea datelor structurate (tablouri, liste, dicționare, tuple) prin analogie cu alte limbaje de programare studiate și prin exemple concrete cum ar fi: folosirea unui dicționar pentru a memora o agendă telefonică, a unui tablou pentru înregistrarea măsurărilor unui senzor, memorarea dimensiunilor unei imagini într-un tuplu sau stocarea numelor elevilor înscriși la un concurs într-o listă
- crearea, inițializarea, conversia și utilizarea unor date structurate, de exemplu pentru a ordona date sau a căuta valori



1.4 Definirea și apelarea funcțiilor în Python

- prezentarea structurii unei funcții în Python (antet, parametri, mecanisme de transmitere a parametrilor și returnare a valorilor)
- utilizarea unor funcții predefinite/metode, de exemplu, funcția/metoda **len** pentru a obține lungimea unei structuri de date, funcția/metoda **str** pentru a converti o dată numerică în șir de caractere
- rezolvarea de probleme folosind funcții definite de utilizator (de exemplu, scrierea unei funcții care furnizează cel mai mare divizor comun a două numere și apelul acesteia pentru a determina cel mai mare divizor comun unei serii de numere)
- analiza avantajelor utilizării funcțiilor: reutilizarea codului, elaborarea algoritmilor prin descompunerea problemei în subprobleme mai simple, reducerea numărului de erori care pot apărea la scrierea programelor, depistarea cu ușurință a erorilor, realizarea unor programe ușor de urmărit (lizibile).
- rezolvarea de probleme care necesită prelucrarea unor date structurate (de exemplu, listele sau dicționarele ce pot fi utilizate pentru gestiunea cărților dintr-o bibliotecă sau pentru gestiunea unei agende telefonice, evidențiind metodele/funcțiile predefinite, specifice fiecărui tip de date structurate)

1.5 Utilizarea bibliotecilor predefinite în elaborarea unor scripturi

- prezentarea și exemplificarea utilizării unor funcții uzuale din cadrul unor biblioteci
 - o Matplotlib - grafice de funcții și ale derivatelor lor (de exemplu, funcția cosinus și derivata acesteia – funcția sinus)
 - o Numpy - lucrul cu date multidimensionale: filtrarea datelor după anumite criterii, calculul de funcții matematice (medie, minim, maxim) pe anumite dimensiuni ale datelor
 - o PIL (Python Image Library) – conversia în tonuri de gri, binarizarea imaginilor, filtrarea imaginilor
- realizarea de aplicații simple ce folosesc funcțiile exemplificate cum ar fi: trasarea graficului nivelului de poluare, calculul unor valori medii înregistrate pentru diverse tipuri de particule ce poluează sau compresia unor imagini relevante pentru poluare

2. Elaborarea creativă de soluții informatice care vizează aspecte sociale, culturale și personale, utilizând algoritmi care au la bază învățarea automată

Clasa a XI-a/Clasa a XII-a

2.1 Caracterizarea inteligenței artificiale în contextul aplicațiilor acesteia în viața cotidiană

- prezentarea în evoluție temporală a sistemelor inteligente cu exemple renumite – Deep Blue, AlexNet, AlphaGo sau AlphaFold
- identificarea unor aplicații ale inteligenței artificiale în viața cotidiană (funcționarea mașinilor autonome, recunoașterea facială și vocală)
- exersarea reflecției critice din perspectiva utilizării inteligenței artificiale în viața de zi cu zi
- vizualizarea unor materiale video ce redau exemple de succes privind utilizarea inteligenței artificiale



2.2 Caracterizarea învățării automate

- prezentarea învățării automate ca subdomeniu al inteligenței artificiale
- compararea învățării automate cu programarea prin algoritmi clasici, identificând aspecte comune și diferențe de abordare
- recunoașterea unor situații în care învățarea automată este utilă/necesară
- definirea problemei în învățarea automată: mulțimea de date pe care se bazează învățarea (dataset) și formularea obiectivului/ obiectivelor învățării automate
- exemplificarea unor situații concrete de utilizare a învățării automate (de exemplu, identificarea unor obiecte în imagini, predicția unor valori pe baza istoricului)
- exemplificare prin probleme abordate prin algoritmi clasici versus prin învățare automată (de exemplu, identificarea unei categorii de obiecte în imagini)
- prezentarea unor probleme care au soluții dificil de implementat prin programarea clasică din cauza numărului mare de cazuri posibile

2.3 Elaborarea unor scripturi Python care implementează algoritmi specifici învățării automate

- formularea problemelor principale în învățarea automată (clusterizare, clasificare, regresie)
- identificarea asemănarilor și deosebirilor între clusterizare, clasificare și regresie
- proiectarea contextului, pregătirea și implementarea de algoritmi pentru rezolvarea unor probleme specifice pentru utilizarea învățării automate (de exemplu Kmeans pentru clusterizare, KNN pentru clasificare și regresie liniară)
- utilizarea funcției FORECAST.LINEAR în Excel, ca suport de vizualizare a rezultatelor regresiei liniare

2.4 Alegerea unor algoritmi eficienți de învățare automată pentru rezolvarea problemelor

- analiza situațiilor în care predicția rezultată în urma rulării unui algoritm nu este conformă cu realitatea (de exemplu, utilizarea unor seturi de date neechilibrate care generează predicții părtinitoare)
- punerea în discuție a modului în care elevii au rezolvat o problemă și a unor situații noi în care ar putea fi folosit același algoritm
- alegerea algoritmului de învățare automată (supervizat sau nesupervizat) în funcție de tipul de date disponibile: etichetate sau neetichetate, continue sau discrete
- conștientizarea achizițiilor de învățare personală în urma aplicării algoritmilor specifici învățării automate (Ce folosesc pentru viață? Ce am învățat din fiecare situație problemă- clusterizare, clasificare, regresie – și va fi folositor mâine? Ce pot explica altei persoane? etc.)



CONȚINUTURI

Domenii de conținut	Conținuturi
Caracteristici ale învățării automate ca subdomeniu al inteligenței artificiale	- Repere importante din istoricul inteligenței artificiale și al învățării automate - Modul de proiectare și operare a unui sistem inteligent bazat pe învățare automată - Tipuri de seturi de date utilizate în învățarea automată: etichetate, neetichetate, de antrenare și de test - Atributele unui sistem inteligent bazat pe învățare automată: autonomie, robustețe, capacitate de adaptare, învățare din experiență - Rolul inteligenței artificiale bazate pe învățarea automată în societate - Elemente de etică în utilizarea inteligenței artificiale bazate pe învățarea automată (protejarea datelor personale, bias, diferența între corelație și cauzalitate)
Medii de dezvoltare Python	- Elemente de lucru în mediile de dezvoltare pentru limbajul Python: interpretor de comenzi, fișier de comenzi, script, linie de comandă - Modalități de instalare/accesare a unui interpretor Python - Funcționalități ale mediului de dezvoltare pentru editarea codului: indentare, sugestii de completare, ajutor contextual - Funcționalități ale mediului de dezvoltare pentru executarea codului: executare a unei comenzi, executare a unui script, semnalare a erorilor, depanare a secvențelor de cod
Elemente de bază ale programării orientate pe obiecte	Noțiuni de bază necesare utilizării unor clase predefinite: clasă, membri ai clasei (date și metode), obiecte, biblioteci Instanțiere a unei clase predefinite/declarare a unui obiect și acces la membrii acestuia
Elemente de bază ale limbajului de programare Python	- Comenzi și scripturi – structură generală: biblioteci, variabile, instrucțiuni, funcții - Elemente de vocabular al limbajului Python: identificatori, cuvinte cheie, constante, separatori, operatori, comentarii - Clase predefinite pentru tipuri de date de bază în Python: date numerice (int, float), date logice (bool), șiruri de caractere (str); inițializare, operații specifice - Funcții pentru citirea și afișarea datelor: input, print (fără formatare și cu formatare) - Instrucțiuni: instrucțiunea expresie, instrucțiunea alternativă (if), instrucțiuni repetitive (for, while) - Clase predefinite pentru tipuri structurate de date (liste, tuple, dicționare): inițializare, operații specifice (adăugare/ștergere elemente, parcurgeri) - Funcții definite de utilizator: antet, parametri, domeniul de vizibilitate al variabilelor, mecanisme de transmitere a parametrilor și returnare a valorilor, apel
Biblioteci Python utilizate în învățarea automată	- Biblioteca <i>Numpy</i> - tipuri de date multidimensionale și metode pentru calcule numerice (min, max, sort, len, shape, type) - Biblioteca <i>Matplotlib</i> – metode pentru vizualizarea graficelor de funcții matematice (plot, show) - Biblioteca <i>PIL (Python Image Library)</i> – tipuri de date și metode pentru manipularea și prelucrarea imaginilor (open, save, convert, filter, pad)
Învățare automată nesupervizată	- Definiția și caracteristicile învățării automate nesupervizate (utilizează seturi de date neetichetate, descoperă structura intrinsecă a datelor) - <i>Clusterizarea</i> ca tehnică de învățare nesupervizată: obiectivul învățării, criterii de grupare a datelor pe baza similarității



Domenii de conținut	Conținuturi
	- Algoritmul de clusterizare <i>K-means</i>: set de date neetichetate (convexe și neconvexe), număr de clustere, funcția de similaritate, corespondența între date și clustere ca date de ieșire - Criterii de interpretare a rezultatelor obținute prin clusterizare: puritatea și densitatea clusterelor - Avantajele utilizării algoritmul de clusterizare <i>K-means</i>: convergență rapidă, aplicabilitate pe scară largă, ușurința implementării - Dezavantajele utilizării algoritmul de clusterizare <i>K-means</i>: dificultatea alegerii numărului optim de clustere, funcționarea defectuoasă pe seturi de date neconvexe
Învățare automată supervizată	- Definiția și caracteristicile învățării automate supervizate (utilizează seturi de date etichetate de antrenare și de test, descoperă corespondența între date de intrare și etichete) - <i>Clasificarea</i> ca tehnică de învățare supervizată: obiectivul învățării, natura etichetelor (discrete, fără relație de ordine) - Algoritmul de clasificare <i>KNN</i>: set de date etichetate, număr de etichete, distanța între date (vecini), vecini luați în considerare, corespondența între date și etichete ca date de ieșire - Criterii de interpretare a rezultatelor obținute prin clasificare: acuratețe pe datele de antrenare și de test, matricea de confuzie - <i>Regresia</i> ca tehnică de învățare supervizată: obiectivul învățării, natura etichetelor (continue, cu relație de ordine) - Algoritmul de regresie liniară: dependența liniară dintre datele de ieșire (etichete) și datele de intrare, formule de calcul pentru parametrii funcției liniare - Criterii de interpretare a rezultatelor obținute prin regresie: eroarea medie - Criterii de analiză comparativă între clasificare și regresie (rezultatele vizate sunt discrete sau continue, existența unei relații de ordine între rezultatele vizate)

SUGESTII METODOLOGICE

Fiecare profesor proiectează unitățile de învățare, stabilește succesiunea logică de parcurgere a acestora și bugetul de timp alocat, într-o manieră flexibilă, având în vedere nivelul de achiziții și interesele elevilor, precum și punând în valoare experiența și creativitatea acestora.

Este recomandată abordarea, în egală măsură, a aspectelor teoretice și practice, astfel încât, la finalul parcurgerii programei, elevii să înțeleagă principiile de bază utilizate în învățarea automată și să poată demonstra formarea competențelor specifice.

Parcursarea cu succes a acestei programe este facilitată de *cunoștințe și abilități de programare* folosind unul dintre limbajele studiate la școală. De asemenea, noțiuni de *matematică* sunt necesare ca suport teoretic pentru a înțelege anumite concepte de învățare automată.

Conținuturile sunt structurate în două părți: prima parte vizează familiarizarea cu limbajul *Python*, iar în partea a doua sunt prezentate concepte de bază privind învățarea automată, algoritmi fiind implementați în limbajul *Python*.

Pentru implementarea de secvențe de cod în limbajul *Python* pot fi folosite platformele <https://pythonisti.ro>, <https://trinket.io/python>, *Google Colab* sau mediile de dezvoltare *Python 3.0 IDE* sau *Visual Studio Code*. Se recomandă folosirea platformei *Google Colab* deoarece nu necesită nicio configurare prealabilă, fiind suficient doar un cont *Gmail*, și permite crearea și partajarea de documente care conțin secvențe de cod care rulează în timp real, reprezentări vizuale și text. În plus, utilizarea *Google Colab* permite accesul gratuit la resurse de calcul paralel (acceleratoare grafice) din *Google Cloud*.

În procesul de predare-învățare-evaluare, activitatea va fi orientată pe analizarea unor situații cotidiene și pe identificarea unor soluții practice în care sunt folosiți algoritmi de învățare automată (machine learning).

Activități de învățare

Este recomandat ca prezentarea conceptelor și algoritmilor de învățare automată să fie însoțită de exemple practice de aplicare a acestora în realitate, în viața de zi cu zi și/sau de materiale video relevante.

Prezentarea conținuturilor poate debuta cu analizarea unei secvențe de cod relevante și modificarea acesteia pentru a obține diverse rezultate.

Elevii pot lucra individual sau în echipă pentru aplicarea algoritmilor studiați pe diverse seturi de date. De exemplu, referitor la strategia de *învățare supervizată*, problema clasificării poate fi prezentată utilizând setul de date *Iris*, iar elevii își pot consolida cunoștințele aplicând algoritmul de clasificare pe alt set de date cum ar *mnist*.

Elevii pot organiza discuții și dezbateri plecând de la experiențele practice furnizate de profesor sau disponibile pe Internet, pentru a înțelege cum pot fi utilizați algoritmi de învățare automată în realitate.

Activități de feedback și evaluare

Se recomandă metoda de învățare-evaluare prin proiecte, individual sau în echipă, cu teme practice inspirate din viața cotidiană, care să stimuleze creativitatea elevilor și să le faciliteze aplicarea cunoștințelor în diverse domenii.

Prezentarea soluțiilor obținute oferă o ocazie de reflecție asupra propriei experiențe și creează canale de comunicare între elevi și profesor.

În ceea ce privește etica în utilizarea inteligenței artificiale pot fi organizate dezbateri, jurnale de reflecție, plecând de la întrebări precum:

- Datele personale sunt protejate? Viața privată este respectată?
- Care ar fi consecințele folosirii unui set de date inadecvat?
- În ce contexte poate apărea confuzia corelație și cauzalitate?

Resurse

- **Python & Machine Learning pentru liceu - Bine ați venit! (pyml.ro)**
 - Platformă online, cu acces liber, ce detaliază conținuturile științifice, inclusiv exemple practice și oferă acces la un interpretor Python pentru editarea, executarea și depanarea scripturilor, precum și acces la acceleratoare grafice pe mașini virtuale prin intermediul platformei Google Colab
- **Curs de Python 3 pentru începători - Online interactiv (pythonisti.ro)**
 - Platformă de învățare online, cu acces liber, pentru dezvoltarea abilităților de programare în limbajul Python
- **Jocuri didactice ce au ca scop inițierea în Python**
 - <https://silentteacher.toxicode.fr/>
 - <https://compute-it.toxicode.fr/>
- **Mini-tutoriale video online pentru inițierea în Python (seria Python is fun! – canalul youtube Infogim)**
 - https://www.youtube.com/watch?v=c7mD2_v5-0Q&t=2s
 - https://www.youtube.com/watch?v=Fq6UvEf_n3A&t=2s
 - https://www.youtube.com/watch?v=X18gx_OYTt4&t=46s
- **<https://trinket.io/python>**
 - Platformă online, cu acces liber, ce permite dezvoltarea de scripturi Python și furnizează exemple de proiecte
- **<https://ml.infobits.ro/machine-learning-aplicatii-practice-online.php>**
 - Platformă online, cu acces liber, dedicată aplicațiilor practice interactive de învățare automată



REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- Elements of AI <https://course.elementsofai.com/ro/>
- AI for Everyone, Andrew Ng, Coursera, <https://www.coursera.org/learn/ai-for-everyone>
- *Deep Learning* (partea I), de Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, MIT Press (2017) <https://www.deeplearningbook.org/>
- *Pattern Recognition and Machine Learning* (partea a III-a și partea a IV-a), de Christopher Bishop, Springer (2006), <http://users.isr.ist.utl.pt/~wurmd/Livros/school/Bishop%20-%20Pattern%20Recognition%20And%20Machine%20Learning%20-%20Springer%20%202006.pdf>
- AI/ML/Big Data News: <https://allainews.com/>
- *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th Edition), Russell and Norvig, 2020, <https://drive.google.com/file/d/1g6LwB6UQ47RfFAGRjYaCLJrMkTa86KfF/view>

Autori

Prof. dr. Ana-Maria ARIȘANU, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân”, Rm. Vâlcea
Prof. gr. II Antonia HALLER, Colegiul Național „Mircea cel Bătrân”, Rm. Vâlcea
Prof. gr. I Emil ONEA, Colegiul Național „Unirea”, Focșani, UPIR
Dr. cercetător Răzvan PAȘCANU, DeepMind Londra, EEML
Dr. Ing. cercetător Viorica PĂTRĂUCEAN, DeepMind Londra, EEML

Cu sprijin din partea:

<https://www.eeml.eu/> Comunitatea Eastern European Machine Learning
<http://aria-romania.org/> Asociația Română pentru Inteligență Artificială
<http://www.upir.ro/> Uniunea Profesorilor de Informatică din România
<https://www.airomania.eu> Comunitatea AIRomania

