

Curs 1- Introducere în domeniul învățării automate

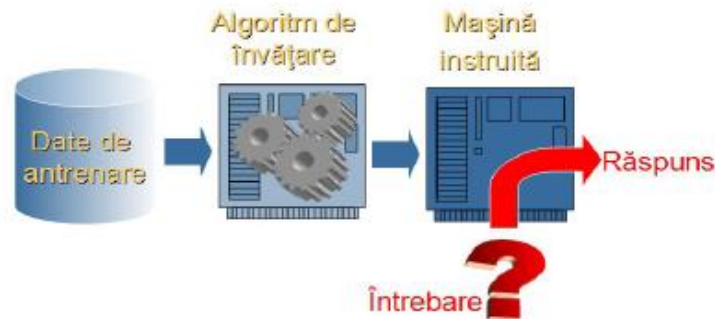
Din momentul în care calculatoarele au fost inventate, s-a pus întrebarea dacă acestea ar putea fi făcute să învețe. Dacă am putea înțelege cum să le programăm să învețe - adică să se îmbunătățească în mod automat cu experiență - impactul ar fi dramatic. Să ne imaginăm cum calculatoarele învață pe baza înregistrărilor medicale care tratamente sunt cele mai eficiente pentru anumite boli, sau programe care învață din experiență să optimizeze costurile energiei unei case pe baza modelelor specifice de utilizare ale locuitorilor casei, sau învățarea de către personalului de asistență software a intereselor utilizatorilor săi astfel încât să poată evidenția aspectele relevante din ziarurile online. O înțelegere a modului în care putem face calculatoarele să învețe ar deschide multe posibilități noi de utilizare ale computerelor. Mai mult. o înțelegere profundă a algoritmilor folosiți pentru procesarea informațiilor folosiți în învățarea automată ar putea duce la o mai bună înțelegere a abilităților de învățare umane (și dizabilități).

Încă nu știm cum să facem calculatoarele să învețe aproape la fel de bine cum oamenii învață. Cu toate acestea, au fost inventați algoritmi care sunt eficienți pentru anumite tipuri de probleme de învățare și o înțelegere teoretică a învățării începe să se contureze. Multe programe și aplicații comerciale au fost dezvoltate astfel încât să conțină unele tipuri de învățare. Pentru probleme precum recunoașterea vorbirii, algoritmi bazați pe învățarea automată depășește toate celelalte abordări care au fost încercate până în prezent. În domeniul cunoscut sub numele de date mining, algoritmi de învățare mașină sunt utilizați în mod obișnuit pentru a descoperi cunoștințe valoroase din bazele de date comerciale mari care conțin diferite înregistrări cum ar fi date întreținere a echipamentelor, cereri de împrumut, tranzacții financiare, înregistrări medicale și altele asemenea. Pe măsură ce înțelegerea computerelor continuă să se maturizeze, pare inevitabil ca învățarea automată va juca un rol tot mai important în domeniul informaticii și a tehnologiei informației.

Câteva realizări specifice oferă o privire a stadiului actual al învățării automate: au fost dezvoltate programe pentru recunoașterea automată a vorbirii, pentru precizarea ratei de recuperare a pacienților cu pneumonie, detectarea utilizării frauduloase a cardurilor de credit, conducerea autonomă a vehiculelor, sau să joace jocuri, cum ar fi tablele, la nivelul care se apropie de performanța campionilor mondiali umani.

Au fost dezvoltate rezultate teoretice care caracterizează procesul de învățare, astfel a fost analizat raportul dintre numărul de exemple de antrenare, numărul de ipoteze luate în considerare, și eroarea obținută. Încep să apară modele ale învățării umane și animale și să se înțeleagă relația lor cu algoritmi de învățare automată.

Învățarea automată este o ramură a inteligenței artificiale care se ocupă cu proiectarea și dezvoltarea de algoritmi și metode care permit sistemelor informatice să învețe. Pe baza observațiilor și a experienței, sistemele informatice pot învăța să facă previziuni exacte și să ia decizii optime, așa cum ilustrează figura de mai jos.



Figură 1. Reprezentare schematică a unui sistem de învățare automată.

Învățarea automată este domeniul cel mai provocator al inteligenței artificiale și, în același timp, cel mai rezistent încercărilor de automatizare completă. Învățarea automată este în mod inerent un domeniu multidisciplinar. Se bazează pe rezultatele obținute în diverse domenii, cum ar fi: inteligența artificială, probabilități și statistică, teoria complexității computaționale, teoria controlului, teoria informației, filosofie, psihologie, neurobiologie, etc.

Terminologie

În limba engleză termenul folosit este: *Machine learning*. În limba română se folosesc mai multe traduceri, următorii termeni fiind similari:

- Învățare automată
- Instruire automată
- Mașini instruibile și recunoașterea formelor (MIRF)

Ce este învățarea automată?

S-au dat multe definiții ale procesului de învățare, una dintre cele mai adecvate definiții din punct de vedere al inteligenței artificiale fiind următoarea:

"Orice schimbare într-un sistem, care permite sistemului îmbunătățirea performanțelor în rezolvarea ulterioară a aceleiași probleme sau a unei probleme similare, reprezintă un proces de învățare".

A învăța înseamnă a câștiga cunoștințe, înțelegere sau pricepere prin studiu, instruire sau experiență. Mașini instruibile sunt mașini care învață.

Învățare = Îmbunătățirea în raport cu o măsură a performanței (P) a realizării unei sarcini (S) odată cu experiența (E)

Scopul învățării automate este de a construi sisteme de calcul care se pot adapta și pot învăța din experiența lor. De exemplu, un program de calculator care învață să joace dame-șah își poate îmbunătăți performanța măsurată prin abilitatea de a câștiga, prin experiența obținută prin jocul efectiv împotriva adversarilor umani.

În general, pentru a avea o problemă de învățare bine definită, trebuie să identificăm următoarele trei caracteristici:

- Clasa de **sarcini** care urmează să se întreprindă
- **Performanța** care urmează să se îmbunătățească
- Sursa *experienței*

Putem specifica mai multe probleme de învățare în acest mod, ca de exemplu, învățarea recunoașterii cuvintelor scrise de mână, sau învățarea conducerii unui automobil robotizat în mod autonom.

Exemple

Problema de învățare a jocului de dame-șah:

- Sarcina S: jocul de dame
- Măsurarea performanței P: procentul de jocuri câștigate împotriva adversarilor
- Experiența E: jocurile împotriva diverșilor adversari

Problema de recunoaștere a scrisului de mână:

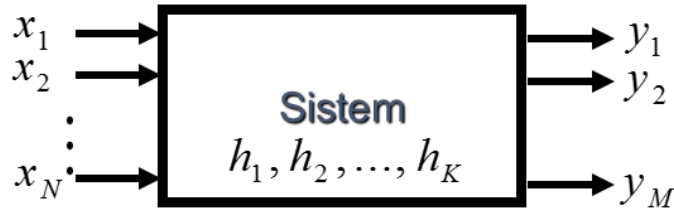
- Sarcina S: recunoașterea și clasificarea cuvintelor scrise de mână în imagini
- Măsurarea performanței P: procentul cuvintelor clasificate corect
- Experiența folosită pentru instruire E: o bază de date cu cuvinte scrise de mână cu clasificări date

Problema conducerii automate a unui autovehicul:

- Sarcina S: conducerea pe autostrăzi publice cu patru benzi, utilizând senzori de viziune
- Măsurarea performanței P: distanța medie parcursă înainte de face o eroare (așa cum este evaluat de către supraveghetorul uman)
- Experiența folosită pentru instruire E: o secvență de imagini și comenzi de direcție înregistrate observând un șofer uman

Tehnicile de învățare automată sunt algoritmi ce permit mașinilor să-și îmbunătățească performanțele în îndeplinirea unei anumite activități prin experiență. Domeniul învățării automate se ocupă cu modul de construire a programelor de calculator care se autoperfecționează prin experiență. Învățarea automată învață structurile și regulile existente și descoperă noi înțelesuri și structuri.

Algoritmii de învățare automată descoperă relațiile dintre variabilele unui sistem (intrări, ieșiri, variabile ascunse) direct din eșantioane ale sistemului



Figură 2. Reprezentare schematică a unui sistem de învățare automată în care se evidențiază intrările și ieșirile sistemului.

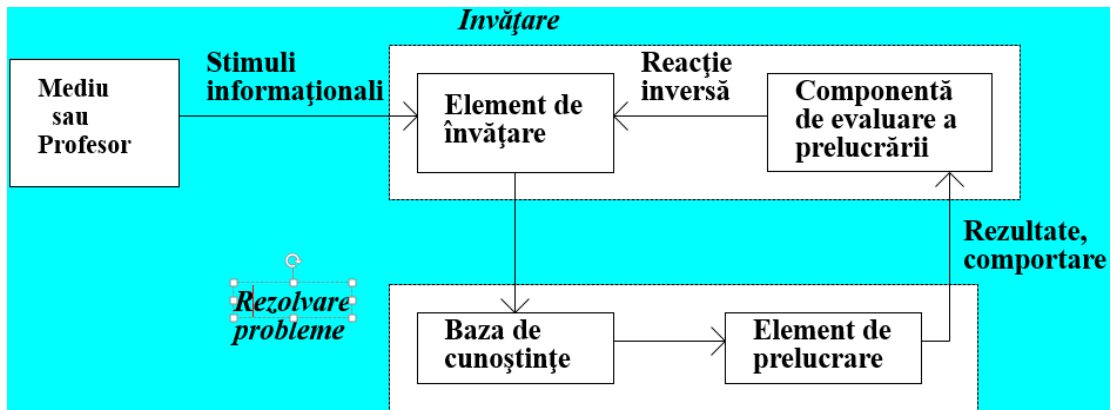
Abordarea

Exemple de probleme pentru care scrierea de programe pentru a rezolva această problemă este dificilă:

- Recunoașterea unui obiect tridimensional dintr-un punct de vedere nou în iluminat nou deoarece nu știm modul în care s-a făcut această recunoaștere în creierul nostru și chiar dacă am avea o idee despre cum să scriem un astfel de program, programul s-ar putea să fie extrem de complex.
- Calcularea probabilității ca o tranzacție pe cartea de credit să fie frauduloasă deoarece nu există reguli care să fie atât de simple și de încredere care să ne indice lucrul acesta. Ar trebui să combinăm un număr foarte mare de reguli slabe. Frauda este o țintă în mișcare. Programul are nevoie să se schimbe continuu.

În loc să scriem un program pentru fiecare sarcină specifică, colectăm o mulțime de exemple care specifică o ieșire corectă pentru o anumită intrare. Un algoritm de învățare automată ia aceste exemple și produce un program care rezolvă problema. Programul elaborat de algoritmul de învățare poate arăta foarte diferit de un program tipic scris de mână. Acesta poate conține milioane de numere. Dacă o facem corect, programul merge bine pentru cazurile noi, precum și pentru cele pe care l-am antrenat. În cazul în care datele se schimbă, programul se poate schimba și el prin antrenarea pe noi date. Capacități masive de calcul sunt acum mai ieftine decât costul necesar pentru a scrie un program cu sarcini specifice.

Un sistem de învățare automată poate fi văzut ca fiind format din cinci componente principale, așa cum ilustrează figura de mai jos:



Figură 3. Reprezentare schematică a unui sistem de învățare automată în care se evidențiază componentele acestuia.

Algoritmii de ML nu sunt necesari atunci când relațiile dintre toate variabilele sistemului (intrare, ieșire, variabile ascunse) sunt complet cunoscute, dar acest lucru nu e valabil pentru aproape nici un sistem real.

Motivația învățării automate

Învățarea automată este motivată de existența unei cantitate impresionante de date disponibile și de creșterea puterii de calcul. Acestea au dus la progrese în algoritmii dezvoltați și în teorie.

Învățarea automată mai este motivată de următoarele:

- Unele acțiuni (sarcini) pot fi specificate doar prin date sau exemple de antrenare. De exemplu: recunoașterea fețelor umane într-o poză.
- Expertiza umană poate fi rară și/sau foarte scumpă.
- Cantitatea de cunoștințe poate fi prea mare pentru o codificare explicită de către oameni.
- Este necesară modelarea și estimarea unor parametri ascunși.
- Adesea sunt disponibile doar date din măsurători.
- Puterea de calcul este în continuă creștere.
- Cantitatea de date disponibile și capacitatea de stocare este tot mai mare.

Scurtă istorie a învățării automate

- Anii 1950:
 - Primul program de jucat dame-șah
- Anii 1960:
 - Primele progrese în recunoașterea formelor (Pattern recognition)
- Anii 1970:
 - Reguli de prognoză bazate pe spectrometria de masă
 - Reguli pentru încheierea jocului de șah
 - Reguli de diagnostic
- Anii 1980: Progrese (câștiguri)
 - Teoria învățării
 - Algoritmi de învățare simbolică
 - Algoritmi de învățare conexionistă
 - Grupare (Clustering)

- Învățare bazată pe explicații
- Învățare inductivă ghidată de cunoștințe
- Algoritmi genetici
- Anii 1990: Maturitate
 - Data mining
 - Învățare în grup (Ensemble learning: bagging, boosting, etc.)
 - Învățare cu întărire
 - Analize teoretice
- Anii 2000
 - Mașini cu suport vectorial (SVM)
 - Metode kernel
 - Modele grafice
 - Învățare statistică relațională
 - Învățare prin transfer
 - Clasificare colectivă și ieșiri structurate
 - Aplicații pentru sisteme de calcul
 - Compilatoare
 - Depanare
 - Grafică
 - Securitate (deteția intruziunilor, virușilor și viermilor)
 - Managementul email-ului
 - Asistenți personalizați care învață
 - Învățare în robotică și vedere artificială

Aplicații

Nișe pentru învățarea automată:

- Data Mining: se folosesc date istorice pentru îmbunătățirea deciziilor. Înregistrări medicale → cunoștințe medicale
- Aplicații software pe care nu le putem programa direct: conducerea autonomă a vehiculelor, recunoașterea vorbirii

- Programe care se auto – personalizează: cititoare de ziare care învață domeniile de interes ale utilizatorilor

În medicină aplicații sunt în:

- Analiza imaginilor
- Diagnostic și prognoză
- Descoperirea de noi medicamente

Diferite aplicații există în domeniul securității:

- Recunoașterea feței
- Verificarea semnăturii, a amprentelor, irisului, ADN-ului

Recunoașterea modelelor și a paternurilor:

- Obiecte în scene reale
- Identități faciale sau expresii faciale
- Cuvinte vorbite

Recunoașterea anomaliilor:

- Secvențe neobișnuite de tranzacții pe cărțile de credit
- Modele neobișnuite ale cititoarelor de senzori într-o centrală nucleară

Predicție:

- Prețurile acțiunilor viitoare sau ratele de schimb valutar
- Identificarea preferințelor spectatorilor în domeniul cinematografului

Exemple

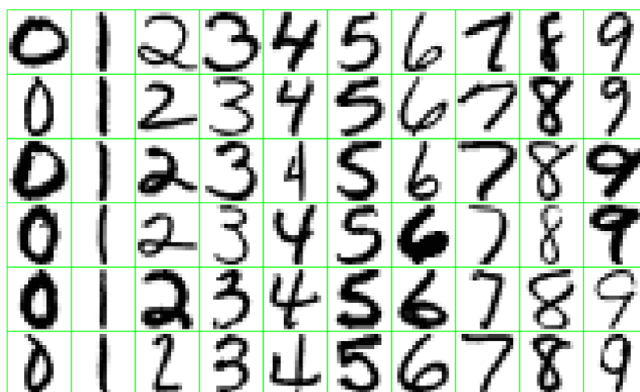
Clasificarea emailurilor: spam vs non-spam

- Datele conțin 4601 emailuri primite de către o persoană.
- Fiecare email e clasificat ca fiind spam sau nu.
- Scop: crearea unui filtru automat pentru detectarea spam-urilor
- Date de intrare: frecvențele relative ale celor mai frecvente 57 de cuvinte și semne de punctuație ce apar în aceste emailuri

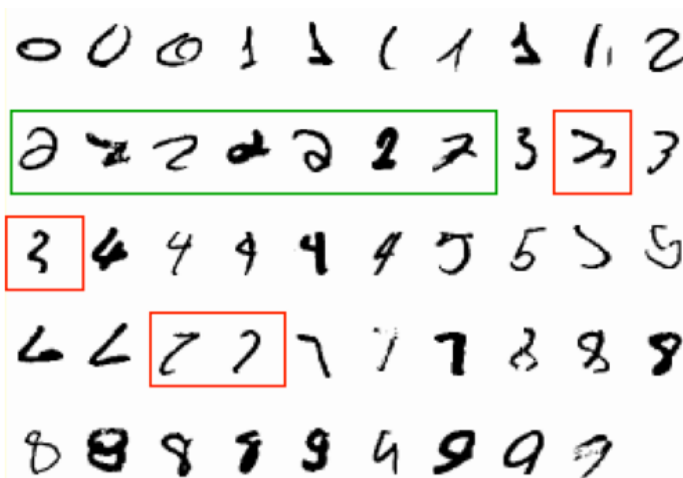
	george	you	hp	free	!	edu	remove
spam	0.00	2.26	0.02	0.52	0.51	0.01	0.28
email	1.27	1.27	0.90	0.07	0.11	0.29	0.01

Identificarea cifrelor scrise de mână din codurile poștale scrise pe scrisori.

Pentru acest exemplu se creează o bază de date conținând mai multe exemple pentru fiecare cifră, așa cum este ilustrat și în figura de mai jos.

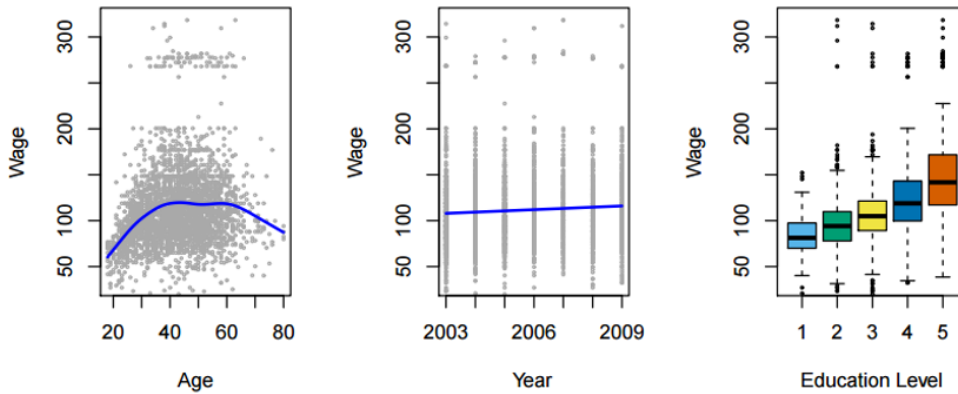


Este foarte greu de spus ce e un 2 așa cum reiese și din imaginile de mai jos:



Legătura dintre venit unei persoane și alte caracteristici, printre care nivelul de educație, vârsta, etc

Așa cum reiese și din graficele de mai jos, cel mai mare venit se obține între 40-60 de ani, există o tendință de creștere a venitului în cursul anilor 2003-2006 și venitul crește o dată cu creșterea nivelului de educație.



(sursa: Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie and Robert Tibshirani. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer-Verlag, 2013)

Netflix

- Competiție începută în oct. 2006. Datele de antrenare sunt formate din rating-uri pentru 18.000 de filme de la 400.000 de utilizatori. Fiecare rating este un număr între 1 și 5.
- Datele de antrenare sunt împrăștiate (aprox. 98% din rating-uri lipsesc)
- Obiectiv: predicții pe un set de date care nu apar în datele de antrenare (1 milion de perechi (utilizator, film))
- Premiu de 1 milion de dolari pentru o îmbunătățire cu 10% față de metoda curentă folosită de Netflix



Leaderboard

Showing Test Score. [Click here to show quiz score](#)

Display top leaders.

Rank	Team Name	Best Test Score	% Improvement	Best Submit Time
Grand Prize - RMSE = 0.8567 - Winning Team: BellKor's Pragmatic Chaos				
1	BellKor's Pragmatic Chaos	0.8567	10.06	2009-07-26 18:18:28
2	The Ensemble	0.8567	10.06	2009-07-26 18:38:22
3	Grand Prize Team	0.8582	9.90	2009-07-10 21:24:40
4	Opera Solutions and Vandelay United	0.8588	9.84	2009-07-10 01:12:31
5	Vandelay Industries !	0.8591	9.81	2009-07-10 00:32:20
6	PragmaticTheory	0.8594	9.77	2009-06-24 12:06:56
7	BellKor in BigChaos	0.8601	9.70	2009-05-13 08:14:09
8	Dace	0.8612	9.59	2009-07-24 17:18:43
9	Feeds2	0.8622	9.48	2009-07-12 13:11:51
10	BigChaos	0.8623	9.47	2009-04-07 12:33:59
11	Opera Solutions	0.8623	9.47	2009-07-24 00:34:07
12	BellKor	0.8624	9.46	2009-07-26 17:19:11

Competiții Kaggle

Site-ul: www.kaggle.com găzduiește diferite competiții pentru rezolvarea unor probleme care reprezintă aplicații ale învățării automate

Exemplu: Diagnosticarea bolilor cardiace

- Datele de antrenare conțin mai multe imagini care reprezintă RMN-uri ale inimii
- Obiectiv: dezvoltarea unui algoritm care pe baza RMN-ului cardiac determină automat și cu precizie volumul de sânge dintr-un ciclu cardiac

