

Inteligența artificială. Învățarea automată

Sîrbu Matei-Dan

Universitatea Transilvania din Brașov
Facultatea de Matematică și Informatică

10 decembrie 2020

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- ▣ Învățare supervizată (supervised learning)
- ▣ Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- ▣ Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- ▣ Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- ▣ Paradigme non-standard:
- ▣ Învățarea activă (active learning)
- ▣ Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- ▣ Învățare supervizată (supervised learning)
- ▣ Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- ▣ Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)**
- ▣ Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- ▣ Paradigme non-standard:
- ▣ Învățarea activă (active learning)
- ▣ Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- ▣ Învățare supervizată (supervised learning)
- ▣ Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- ▣ Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- ▣ Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- ▣ Paradigme non-standard:
- ▣ Învățarea activă (active learning)
- ▣ Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- ▣ Învățare supervizată (supervised learning)
- ▣ Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- ▣ Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- ▣ Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- ▣ Paradigme non-standard:
- ▣ Învățarea activă (active learning)
- ▣ Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- ▣ Învățare supervizată (supervised learning)
- ▣ Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- ▣ Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- ▣ Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- ▣ Paradigme non-standard:
- ▣ Învățarea activă (active learning)
- ▣ Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

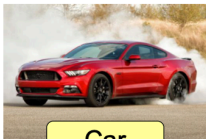
- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Paradigme ale învățării automate

- **Învățare supervizată (supervised learning)**
- Învățare nesupervizată (unsupervised learning)
- Învățare semi-supervizată (semi-supervised learning)
- Învățare ranforsată (reinforcement learning)
- Paradigme non-standard:
- Învățarea activă (active learning)
- Învățare prin transfer (transfer learning)

Învățare supervizată

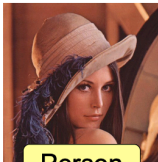
- Avem la dispoziție exemple de obiecte etichetate
- Exemplu 1: recunoașterea obiectelor din imagini cu eticheta obiectelor conținute



Car



Car



Person



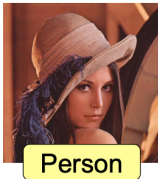
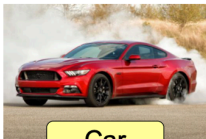
Person



Dog

Învățare supervizată

- Avem la dispoziție exemple de obiecte etichetate
- Exemplu 1: recunoașterea obiectelor din imagini cu eticheta obiectelor conținute



Învățare supervizată

- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Imagini de 28×28 de pixeli
- Reprezentăm imagine ca un vector x cu 784 de componente
- Antrenăm un clasificator $f(x)$ astfel încât:
- $f: x \rightarrow \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

Învățare supervizată

- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Imagini de 28×28 de pixeli
- Reprezentăm imagine ca un vector x cu 784 de componente
- Antrenăm un clasificator $f(x)$ astfel încât:
- $f: x \rightarrow \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

Învățare supervizată

- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Imagini de 28×28 de pixeli
- Reprezentăm imagine ca un vector x cu 784 de componente
- Antrenăm un clasificator $f(x)$ astfel încât:
- $f: x \rightarrow \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

Învățare supervizată

- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Imagini de 28×28 de pixeli
- Reprezentăm imagine ca un vector x cu 784 de componente
- Antrenăm un clasificator $f(x)$ astfel încât:
- $f: x \rightarrow \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

Învățare supervizată

- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Imagini de 28×28 de pixeli
- Reprezentăm imagine ca un vector x cu 784 de componente
- Antrenăm un clasificator $f(x)$ astfel încât:
- $f: x \rightarrow \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

Învățare supervizată

- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Pornind de la un set de antrenare, de ex. 6000 de imagini per clasă
- Rata de eroare poate ajunge la 0.23% (cu rețele neuronale convoluționale)
- Printre primele sisteme (bazate pe învățare) comerciale utilizate pe scară largă pentru procesare de coduri poștale și cecuri bancare

Învățare supervizată

- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Pornind de la un set de antrenare, de ex. 6000 de imagini per clasă
- Rata de eroare poate ajunge la 0.23% (cu rețele neuronale convoluționale)
- Printre primele sisteme (bazate pe învățare) comerciale utilizate pe scară largă pentru procesare de coduri poștale și cecuri bancare

Învățare supervizată

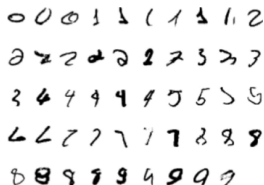
- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Pornind de la un set de antrenare, de ex. 6000 de imagini per clasă
- Rata de eroare poate ajunge la 0.23% (cu rețele neuronale convoluționale)
- Printre primele sisteme (bazate pe învățare) comerciale utilizate pe scară largă pentru procesare de coduri poștale și cecuri bancare

Învățare supervizată

- Exemplu 2: recunoașterea caracterelor scrise de mână (setul de date MNIST)



- Pornind de la un set de antrenare, de ex. 6000 de imagini per clasă
- Rata de eroare poate ajunge la 0.23% (cu rețele neuronale convoluționale)
- Printre primele sisteme (bazate pe învățare) comerciale utilizate pe scară largă pentru procesare de coduri poștale și cecuri bancare

Învățare supervizată

■ Exemplu 3: detectare facială



- O abordare constă în plimbarea unei ferestre peste imagine
- Scopul este să clasificăm fereastra într-una din cele două clase posibile: față sau non-față (transformarea problemei într-una de clasificare)

Învățare supervizată

■ Exemplu 3: detectare facială



■ O abordare constă în plimbarea unei ferestre peste imagine

- Scopul este să clasificăm fereastra într-una din cele două clase posibile: față sau non-față (transformarea problemei într-una de clasificare)

Învățare supervizată

■ Exemplu 3: detectare facială



- O abordare constă în plimbarea unei ferestre peste imagine
- Scopul este să clasificăm fereastra într-una din cele două clase posibile: față sau non-față (transformarea problemei într-una de clasificare)

■ Exemplu 3: detectare facială



- Pornim de la un set cu imagini cu fețe cu diverse variații de vârstă, gen, condiții de iluminare, dar nu translație.
- Și un set mult mai mare cu imagini care nu conțin fețe

Învățare supervizată

■ Exemplu 3: detectare facială



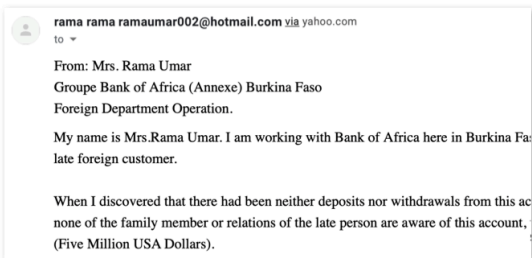
- Pornim de la un set cu imagini cu fețe cu diverse variații de vârstă, gen, condiții de iluminare, dar nu translație.
- Și un set mult mai mare cu imagini care nu conțin fețe

■ Exemplu 3: detectare facială



- Pornim de la un set cu imagini cu fețe cu diverse variații de vârstă, gen, condiții de iluminare, dar nu translație.
- Și un set mult mai mare cu imagini care nu conțin fețe

■ Exemplu 4: detectare de spam

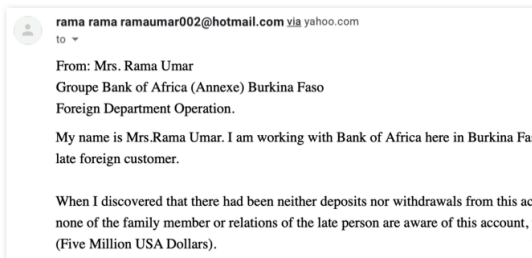


■ Problema este de a clasifica un e-mail în spam și non-spam

■ Apariția cuvântului "Dollars" este un indicator de spam

■ Un exemplu de reprezentare este un vector cu frecvența cuvintelor

■ Exemplu 4: detectare de spam

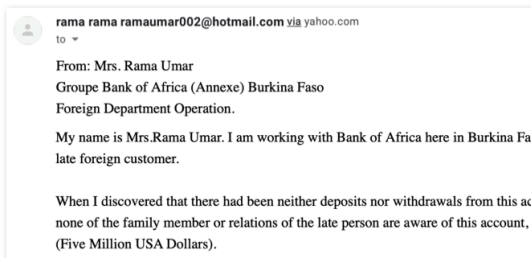


■ Problema este de a clasifica un e-mail în spam și non-spam

■ Apariția cuvântului "Dollars" este un indicator de spam

■ Un exemplu de reprezentare este un vector cu frecvența cuvintelor

■ Exemplu 4: detectare de spam

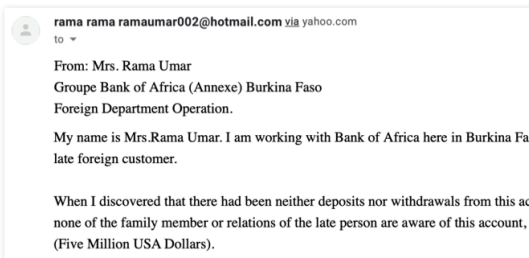


■ Problema este de a clasifica un e-mail în spam și non-spam

■ Apariția cuvântului “Dollars” este un indicator de spam

■ Un exemplu de reprezentare este un vector cu frecvența cuvintelor

■ Exemplu 4: detectare de spam



■ Problema este de a clasifica un e-mail în spam și non-spam

■ Apariția cuvântului “Dollars” este un indicator de spam

■ Un exemplu de reprezentare este un vector cu frecvența cuvintelor

Numărăm cuvintele



rama rama ramaumar002@hotmail.com via yahoo.com

to ▾

From: Mrs. Rama Umar
Groupe Bank of Africa (Annexe) Burkina Faso
Foreign Department Operation.

My name is Mrs.Rama Umar. I am working with Bank of Africa here in Burkina Faso as a late foreign customer.

When I discovered that there had been neither deposits nor withdrawals from this account, none of the family member or relations of the late person are aware of this account, (Five Million USA Dollars).



Yoshua Bengio <yoshua.bengio@gmail.com>

to Dong-Hyun, Ian, Dumitru, Pierre, Aaron, Mehdi, Ben, Will, Charlie,

Nice slides!

See you next week,

—Yoshua

Obținem X

$$\begin{pmatrix} \text{free} & 100 \\ \text{money} & 2 \\ \vdots & \vdots \\ \text{account} & 2 \\ \vdots & \vdots \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \text{free} & 1 \\ \text{money} & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \text{account} & 2 \\ \vdots & \vdots \end{pmatrix}$$

Algoritm de detectare a spam-ului



$$\begin{pmatrix} \text{free} & 100 \\ \text{money} & 2 \\ \vdots & \vdots \\ \text{account} & 2 \\ \vdots & \vdots \end{pmatrix}$$

De ce aceste cuvinte?

$$\begin{pmatrix} 100 \times 0.2 \\ 2 \times 0.3 \\ \vdots \\ 2 \times 0.3 \\ \vdots \end{pmatrix}$$

= 3.2

$$\begin{pmatrix} 100 \times 0.01 \\ 2 \times 0.02 \\ \vdots \\ 2 \times 0.01 \\ \vdots \end{pmatrix}$$

= 1.03

De ce combinație liniară?

De unde vin aceste ponderi?



Confidență /
garanția
performanței?

Învățare supervizată

■ Exemplu 5: prezicerea prețului acțiunilor la bursă



- Scopul este de a prezice prețul la o dată din viitor, de exemplu peste câteva zile
- Acesta este un task de regresie, deoarece output-ul este unul continuu

Învățare supervizată

■ Exemplu 5: prezicerea prețului acțiunilor la bursă



- Scopul este de a prezice prețul la o dată din viitor, de exemplu peste câteva zile
- Acesta este un task de regresie, deoarece output-ul este unul continuu

Învățare supervizată

■ Exemplu 5: prezicerea prețului acțiunilor la bursă



- Scopul este de a prezice prețul la o dată din viitor, de exemplu peste câteva zile
- Acesta este un task de regresie, deoarece output-ul este unul continuu

Învățare supervizată

Exemplu 6: prezicerea dificultății unei imagini



- Scopul este de a prezice cât de dificil ar fi pentru un om să recunoască obiectele din imagine
- Acesta este un task de regresie, deoarece output-ul este unul continuu

Învățare supervizată

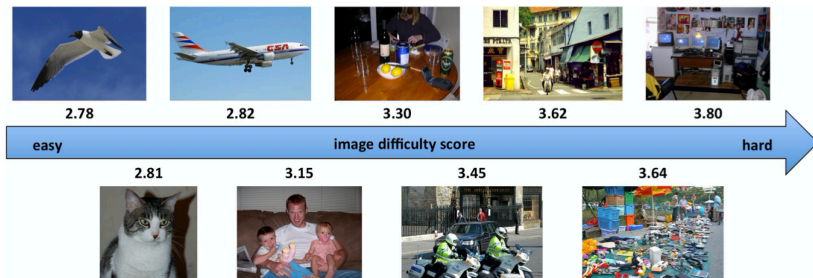
Exemplu 6: prezicerea dificultății unei imagini



- Scopul este de a prezice cât de dificil ar fi pentru un om să recunoască obiectele din imagine
- Acesta este un task de regresie, deoarece output-ul este un număr continuu

Învățare supervizată

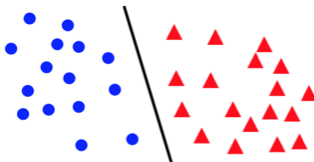
■ Exemplu 6: prezicerea dificultății unei imagini



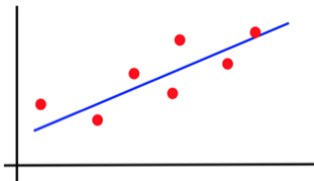
- Scopul este de a prezice cât de dificil ar fi pentru un om să recunoască obiectele din imagine
- Acesta este un task de regresie, deoarece output-ul este unul continuu

Formele canonice ale problemelor de învățare supervizată

■ Clasificare

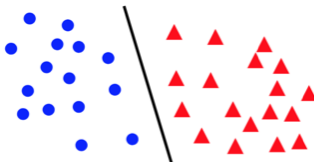


■ Regresie

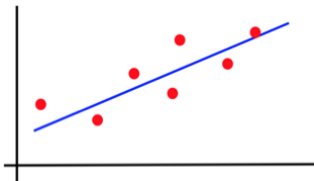


Formele canonice ale problemelor de învățare supervizată

■ Clasificare

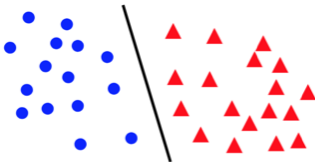


■ Regresie

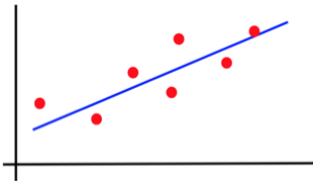


Estimarea vârstei unei persoane din imagini

■ Clasificare



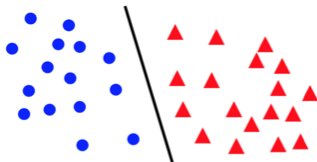
■ Regresie



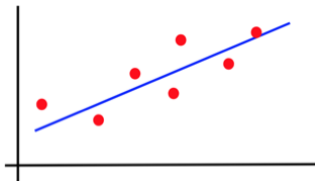
Ce vârstă?

Estimarea vârstei unei persoane din imagini

■ Clasificare

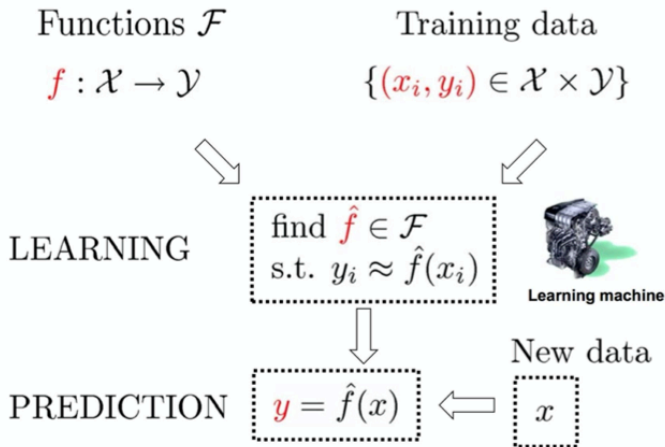


■ Regresie



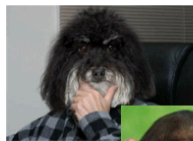
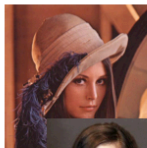
Ce vârstă?

Paradigma de învățare supervizată



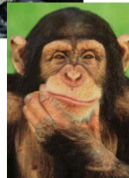
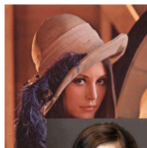
Învățare nesupervizată

- Avem la dispoziție exemple de obiecte fără etichete
- Exemplu 1: gruparea imaginilor după similaritate



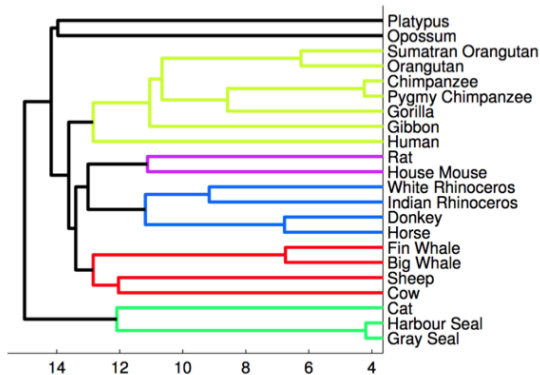
Învățare nesupervizată

- Avem la dispoziție exemple de obiecte fără etichete
- Exemplu 1: gruparea imaginilor după similaritate



Învățare nesupervizată

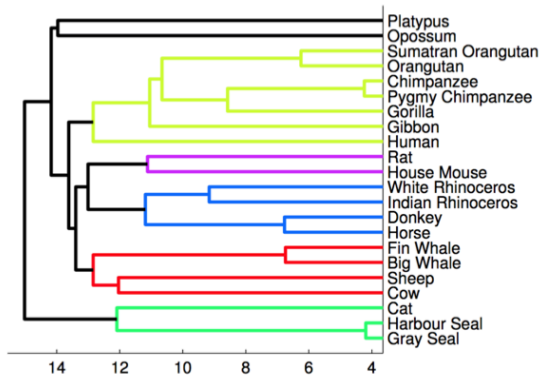
■ Exemplu 2: gruparea mamiferelor pe familii, specii, etc.



■ Generarea arborelui filogenetic pe baza secvențelor ADN

Învățare nesupervizată

■ Exemplu 2: gruparea mamiferelor pe familii, specii, etc.



■ Generarea arborelui filogenetic pe baza secvențelor ADN