Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

ISRG

Gépi tanulás, neuronhálók

MI

Horváth Gábor

***Egy intelligens rendszernek* szükségszerűen rendelkeznie kell *adaptációs, tanulási* képességgel.**

Mi a (gépi) tanulás?

- A gépi tanulás során egy gép – a tanuló rendszer – a környezetéből nyert ismeretek alapján javítja a teljesítőképességét.
- A tanuló gépek konstrukciója valójában olyan algoritmusok kifejlesztését jelenti, melyek segítségével ez a teljesítőképesség-javítás automatikusan történik meg
- A tanulási képesség lehetővé teheti azt is, hogy egy eddig megfelelő viselkedésű rendszer a változó körülményekhez való alkalmazkodás céljából módosítsa a viselkedését, adaptálódjon a változó körülményekhez. A tanuló rendszerek nem rögzített képességekkel rendelkeznek, amelyek egy adott feladat ellátására teszik őket alkalmassá, hanem képességeiket fejleszteni tudják, továbbá alkalmazkodni tudnak a változó körülményekhez, környezethez.

***Egy intelligens rendszernek* szükségszerűen rendelkeznie kell *adaptációs, tanulási* képességgel.**

Mi a (gépi) tanulás?

- A gépi tanulás során egy gép – a tanuló rendszer – a környezetéből nyert ismeretek alapján javítja a teljesítőképességét.
- A tanuló gépek konstrukciója valójában olyan algoritmusok kifejlesztését jelenti, melyek segítségével ez a teljesítőképesség-javítás automatikusan történik meg
- A tanulási képesség lehetővé teheti azt is, hogy egy eddig megfelelő viselkedésű rendszer a változó körülményekhez való alkalmazkodás céljából módosítsa a viselkedését, adaptálódjon a változó körülményekhez. A tanuló rendszerek nem rögzített képességekkel rendelkeznek, hanem képességeiket fejleszteni tudják, továbbá alkalmazkodni tudnak a változó körülményekhez, környezethez

Gépi tanulás

***Egy intelligens rendszernek* szükségszerűen rendelkeznie kell *adaptációs, tanulási* képességgel.**

Mi a (gépi) tanulás?

- A gépi tanulás során egy gép – a tanuló rendszer – a környezetéből nyert ismeretek alapján javítja a teljesítőképességét.
- A tanuló gépek konstrukciója valójában olyan algoritmusok kifejlesztését jelenti, melyek segítségével ez a teljesítőképesség-javítás automatikusan történik meg
- A tanulási képesség lehetővé teheti azt is, hogy egy eddig megfelelő viselkedésű rendszer a változó körülményekhez való alkalmazkodás céljából módosítsa a viselkedését, adaptálódjon a változó körülményekhez. A tanuló rendszerek nem rögzített képességekkel rendelkeznek, hanem képességeiket fejleszteni tudják, továbbá alkalmazkodni tudnak a változó körülményekhez, környezethez.

Miért van szükség gépi tanulási eljárásokra

- Nehezen megoldható problémák:
  - felismerés (karakterek, kézírás, képek, személy arckép, orvosi diagnosztika ...)
  - összetett felismerési/döntési feladatok: Google car
    a környezet felismerése, döntések meghozatala

Arckép felismerés

További nehéz feladatok

- Komplex rendszerek, folyamatok modellezése:
  - ipari rendszerek, gazdasági, pénzügyi folyamatok
  - összetett fizikai rendszerek, természeti jelenségek,
  - …
- Időben zajló folyamatok viselkedésének előrejelzése, predikció
- ...
- A feladatok jellemzője, hogy
  - a **rendszerek, folyamatok** fizikai, kémiai, stb. **modellje bonyolult** vagy **nem** is **ismert**
  - A feladatról **nagymennyiségű adat** áll rendelkezésre
  - A feladatok többsége **emberi intelligenciával** nagyon hatékonyan megoldható

Emberi megoldás

- **Emberi agy**: 10^{11}-10^{13} elemi feldolgozó egységből (neuron) áll
- Nagymértékben összekötött, párhuzamos működésű rendszer
- Tanulási képesség
  - teljesítőképességét képes a környezetéből nyert információ folyamatos felhasználásával javítani

Felvetés: Próbáljuk modellezni az agy működését
Architektúra + gépi tanulás

- **Mesterséges neuronháló**
  - Az elemi (biológiai) neuron nagyon leegyszerűsített modellje
  - Sok elemi neuron megfelelően összekötött rendszere
  - Architektúra, szabad paraméterek
  - A paraméterek (és az architektúra) módosításával a képességek változnak, javulnak: tanulásra képes rendszer

Tanulás

- Feladattípusok ahol a tanulás sikerrel alkalmazható:
  - felismerési problémák,
  - jóslási, előrejelzési problémák,
  - információ kinyerési problémák,
  - adatbányászati problémák, stb.
- Mindazon feladatok ahol minták (adatok) állnak rendelkezésre, és ahol direkt megoldás nem ismert vagy túl bonyolult
- Ahol a környezet változásaira adaptív módon reagálni kell

A Gépi tanulás alapkérdése:

"Hogyan hozhatunk létre (programozhatunk) egy rendszert úgy, hogy az automatikusan tudjon tapasztalatokból tanulni, és ezáltal tudja a képességeit javítani?"

A tanulás főbb típusai:

- *ellenőrzött vagy felügyelt tanulás*: kapunk visszajelzést
- *megerősítéses tanulás*: (késleltetett és bináris) visszajelzés
- *nemellenőrzött, felügyelet nélküli tanulás* : nincs visszajelzés a megfigyelésekből „önállóan” kell következtetéseket levonni, kapcsolatokat felismerni, szabályszerűségeket felfedezni, stb.

Ellenőrzött felügyelt tanulás

Adatok: $\{\mathbf{x}_i, d_i\}_{i=1,P} \rightarrow y=f(\mathbf{x}) \quad y \leftrightarrow d$

- Mi kell ehhez:
  - megfelelő architektúra, ami képes meglehetősen általános leképezésre
  - képes tanulni (az architektúrában vannak módosítható elemek – szabad paraméterek- melyek megfelelő beállításával a képesség módosítható
  - tanulási eljárás: a paraméterek módosításának szabálya

Ellenőrzött felügyelt tanulás

$$C = C(\mathbf{y}, \mathbf{d}) = \sum_i (d_i - y_i)^2$$

Query Example I

Query Example II

Query Example III

Arcfelismerés

Diagnosztika (műszaki, orvosi) pl. képalkotó diagnosztikai rendszerek képeinek automatikus kiértékelése (mammográf, mellkas röntgenfelvétel, CT, MRI, stb.

mammográfia

mellkasfelvétel

L

L

L

Diagnosztika (műszaki, orvosi) pl. képalkotó diagnosztikai rendszerek képeinek automatikus kiértékelése (mammográf, mellkas röntgenfelvétel, CT, MRI, stb.

mikrokalcifikáció

rosszindulatú esetek

spikulált folt

A környezet feltérképezése, eligazodás változó környezetben (robot, mely megtanulja hogy hogyan navigáljon egy változó környezetben)

Index **Engedélyezték a sofőr nélküli autókat**
2012. szeptember 1., szombat 13:56
Kalifornia törvényhozói elfogadták … azt a törvény, ami 2015 januárjától engedélyezi az állam területén **a sofőr nélküli autók használatát a járműforgalomban**.
Az automata autók jelentősen *növelhetik a közlekedés biztonságát*, kiküszöbölve a balesetek egyik leggyakoribb okozóját, a sofőr figyelmének lankadását. Az autót számítógép vezeti, és különféle szenzorokkal, kamerákkal pásztázza maga körül a forgalmat, hogy reagálni tudjon minden helyzetre.

Index **190-nel száguld a sofőr nélküli autó**
2012. augusztus 20., hétfő 18:52
A kaliforniaiak az Audi TT-t a sacramentoi Thunderhill Raceway versenypályán próbálták ki. Két és fél percre volt szüksége a közel öt kilométeres pálya végigfutásához, és a hosszabb egyenesekben túllépte a 190 km/h sebességet is.

És a kezdetek (1991):

Fig. 1. The Carnegie Mellon NAVLAB autonomous navigation testbed.

evolutionary search and backpropagation. The integration of these two methods yields slightly better results than those achieved by evolutionary search alone.

The next section describes the ANN based autonomous land vehicle controller, ALVINN (Autonomous Land Vehicle In a Neural Network), which serves as the prototype for the studies presented here [25]. Section III describes the evolutionary approach used to evolve the neuro-controller. Section IV presents an overview of the experiments. Section V compares

Fig. 2. The ALVINN neural network architecture.

Egy hallgatói feladat az autó navigálására

Példa: egy hallgatói feladat

- BPTT – Backpropagation Through Time
- A szabályozási kört felvágjuk, és kiterítjük. N lépésben szimuláljuk a működését, majd a folyamat végén hibát képzünk. (Demo 1film 2film 3film)
- Ezt visszaterjesztve tanítunk minden szimulációs lépésben.

Tipikus feladatok, melyek tanuló rendszerekkel oldhatók meg

- Játék (ostábla [backgammon], sakk)

Tipikus feladatok, melyek tanuló rendszerekkel oldhatók meg

- Keresés, mintafelismerés, nagy adatbázisokban mintázat felismerése. WEB-es keresés, spam szűrés, csalás detekció, …
- Adatbányászat
- Játék (ostábla, sakk)
- Predikció, előrejelzés. Természeti-, gazdasági-, ipari folyamat (jövőbeli) viselkedésének előrejelzése (a korábbi viselkedés megfigyelése alapján). (Hogyan fog várhatóan alakulni egy gyártmány darabszáma a közeljövőben, milyen energiafogysztás várható a következő napokban, hetekben, milyen lesz az időjárás, hogyan alakulnak bizonyos pénzügyi vagy gazdasági folyamatok - tőzsde, árfolyamok -, stb.)

Orvosi (kép)diagnosztika

Iteratív folyamat

Megfigyelés, mérés
Mérési eredmények értelmezése,
Jellemző kiválasztás (feature selection), dimenzió növelés,
fontossági sorrend megállapítása, dimenzió csökkentés
Döntés: döntési szabály, jellemzők alapján (valójában osztályozás)

Orvosi (kép)diagnosztika

- Orvosi diagnosztika = tapasztalati tudomány
  - Sok minősített eset: $\{\mathbf{x}_i, d_i\}_{i=1,P} \rightarrow y = f(\mathbf{x})$
  - Megtanulja a döntéshozó a kapcsolatot

Kétosztályos döntés

Valóság / döntés	egészséges	beteg
egészséges	Valódi negatív (*TN*) (Helyes döntés)	Téves negatív (*FP*) (Missed detection P_M, másodfajú hiba, ε_2)
beteg	Téves pozitív (*FP*) (False alarm P_F, elsőfajú hiba, ε_1)	Valódi pozitív (*TP*) (Helyes döntés)

A tanulás célja: a téves döntések számának (valószínűségének) minimalizálása

2
0
−2
−2
0
2
2
0
-2
-2
0
2
2
0
−2
−2
0
2
2
0
-2
-2
0
2

Többosztályos döntés

(a)

(b)

Példa: kézzel írt számjegyeket felismerő neuronháló

Elemi neuron

$s(k) = \mathbf{w}^T\mathbf{x}(k)$ $\quad$ $y(k) = \mathrm{sgm}(s(k))$ $\quad$ $\varepsilon(k) = d(k) - y(k)$

Többrétegű perceptron és tanítása

$$\mathbf{y} = \mathbf{f}\left(\mathbf{W}^{(L)}\mathbf{f}\left(\mathbf{W}^{(L-1)}\ldots\mathbf{f}(\mathbf{W}^{(1)}\ \mathbf{x})\right)\right)$$

Nemellenőrzött tanulás

- Adatok csoportosítása
  - klaszterezés, adatok eloszlásának becslése
- Adatok szétválasztása:
  - adatkomponensek meghatározása:
  - főkomponens analízis,
  - független komponens analízis (ICA példa)