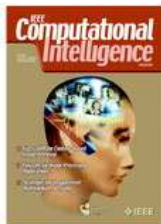


Obliczeniowa sztuczna inteligencja

Jarosław Arabas

Politechnika Warszawska, Instytut Systemów Elektronicznych WEiTI



Plan wystąpienia

- 1 „Klasyczna” i obliczeniowa sztuczna inteligencja
- 2 Modele obliczeniowej sztucznej inteligencji
 - Sieci neuronowe
 - Wnioskowanie z logiką rozmytą
 - Algorytmy ewolucyjne
 - Rozwiązania hybrydowe
- 3 Dynamika publikacji i patentów
- 4 Rozszerzenia pojęcia

Sztuczna inteligencja

Różne rozłożenie akcentów w rozumieniu sztucznej inteligencji

- wzmacniacz intelektu [Lem]
- racjonalne działanie [Russel, Norvig]
- adaptacyjne rozwiązywanie problemów [Luger, Stubblefield]
- przeszukiwanie [Bolc, Cytowski]

Różne ambicje:

- wyjaśnić działanie rozumu — mocna sztuczna inteligencja,
- stworzyć programy działające racjonalnie — słaba sztuczna inteligencja.

Sztuczna inteligencja

Podstawowe zadania sztucznej inteligencji

- pozyskiwanie wiedzy
(uczenie)
- wykorzystanie wiedzy
(wnioskowanie)

Pozyskiwanie wiedzy z danych

Record	Q	C15A1	PTA3	PGA3	P3A3	D1104	D1106	D1102
CFE54inf		13	20	1	0	33	56	44
CFE54up	a	10	32	26	2	4	20	10
EMB-VA-2013inf	a	11	32	26	12			
EMB-VA-2013up	a	32	26	10	14			
EMB-VA-2404		26	26	20	11	32	16	18
FLOOR103		2	32	11	21	35	20	14
FLOOR105		32	11	24	33	16	14	20
MAV-03546		2	32	33	10	35	42	25
LAV1		2	26	6	12	20	14	16
MA751inf		32	20	26	21	10	42	11
MA751up		26	42	16	20	11	14	4
MA752inf a	a	42	42	0	2	16	20	
MA752up a	a	42	0	2	10	20	0	
MA7525		26	10	21	12	35	32	21
MA754D		32	21	42	4	53	10	36
MA754		14	16	5	24	11	21	32
MA7551		33	32	11	16	36	16	14
MA756	a	0	10	14	3			
MGSL400		32	2	20	21	10	33	28
MLP1446		0	32	16	20	14	16	36
MLP1447		0	32	16	20	14	20	16
MLP1448		0	37	16	10	32	20	20
MLP1449inf	a	37	20	2	42	10	8	24
MLP1449up	a	20	2	40	10	0	24	10
MNAH-M0005inf		61	26	21	20	11	32	36
MNAH-M0005up		26	21	20	11	32	36	40
MNAH-M1000		33	32	11	21	35	2	14
MCM-MS-104		20	13	10	0	10	12	2
MCM477		20	14	56	16	0	36	32
MCM420		11	24	23	10	14	20	0
MCM427		16	4	11	0	10	12	32
MCM420		10	12	32	14	10	4	11
MCM420		36	20	11	32	25	33	10
NK277		14	16	11	21	0	20	2
PK275		0	16	33	10	20	36	21
TEMP 1 inf a	a	11	32	16	12			
TEMP 1 up a	a	32	16	12	10			
M-COMC-16		36	16	14	18	11	26	32

Pozyskiwanie wiedzy z danych

Record	Q	C15A1	PSA3	PSA3	PSA3	D1104	D1106	D1102
CF B 25-Dmf		13	20	1	8	33	65	44
CF B 2540-up		64	32	35	2	4	23	50
EMB-VA 0018f	#	11	32	25	19			
EMB-VA 0018f-up	#	32	35	19	14			
EMB-VA 0304f		25	25	20	11	32	19	16
FLOGR163		2	32	11	21	35	25	54
FLOGR100	#	32	11	24	33	19	14	20
HMV 03 54B		2	32	33	19	35	42	25
LAV1		2	20	9	13	20	14	16
MA2511f		32	20	20	21	19	42	11
MA2511f-up		20	42	19	20	11	14	4
MA2524f-a	#	42	42	9	2	19	20	0
MA2524f-up-a	#	42	9	2	19	20	0	
MA2525		35	19	21	13			
MA2540		32	21	42	4			
MA254		14	19	5	24			
MA2561		32	32	11	19			
MA2560	#	9	13	14	3			
MFS L400		32	2	20	21	19		
MLF 144B		8	32	19	20			
MLF 144F		8	32	15	20			
MLF 144E		2	32	35	9			
MLF 1404f	#	32	20	2	40			
MLF 1454-up	#	20	2	40	19	0	24	19
MNA4H-M0075f		51	25	21	20	11	32	35
MNA4H-M0075f-up		25	21	25	11	32	35	41
MNA4H-Mv10400		32	32	11	21	35	2	54
MD-MAC 194		20	11	19	9	19	12	2
MDM47?		20	14	65	19	0	35	32
MDMA256		11	24	33	19	14	23	6
MDMA257		19	4	11	9	19	12	32
MDMA258		19	12	32	14	19	4	11
MDMA259		35	20	11	32	25	32	19
NDZ7?		14	14	11	21	0	20	2
NS25?		11	19	35	16	20	35	21
TEMP 1-1f-a	#	11	32	19	13			
TEMP 1-1-up-a	#	32	19	13	19			
McGANN 10		32	19	14	19	11	25	32



uczenie

Pozyskiwanie wiedzy z danych

Wzrost	g	C16A1	P1A3	P2A3	P3A3	B110A	D106	D102
CF6040inf		13	20	1	9	33	55	44
CF6040sup		14	32	35	2	4	20	10
EMB-VA393inf	a	11	32	35	15			
EMB-VA393sup	a	32	35	10	14			
EMB-VA393M4		25	25	20	11	32	18	18
FLO08103		2	32	11	21	35	26	14
FLO08106		33	11	24	33	19	14	20
HMV-43.54.6		3	32	33	16	35	42	25
L411		3	28	6	13	20	14	16
MA7511inf		32	29	20	21	19	43	11
MA7511sup		29	42	33	23	11	14	4
MA7524inf.a	a	40	43	9	2	16	20	
MA7524sup.a	a	40	9	2	16	20	9	
MA7525		26	19	21	13			
MA7543		32	21	42	4			
MA7554		14	10	6	24			
MA7501		33	32	11	18	3		
MA7506	a	9	18	14	3			
MPSL400		32	2	20	21	19		
MLP148		9	32	15	20	1		
MLP147		9	32	15	20			
MLP146		3	37	18	6			
MLP145inf	a	37	33	2	14			
MLP145sup	a	23	2	42	19	9	24	10
MINA4H-M40075inf		61	25	21	20	11	32	35
MINA4H-M40075sup		26	21	20	11	32	35	41
MINA4H-M40075M0		33	32	11	21	35	2	14
MCM-MAC-994		24	13	14	4	16	12	2
MCMAC??		23	14	10	19	9	35	32
MCMAC26		11	24	32	16	14	20	6
MCMAC27		19	4	11	9	19	12	32
MCMAC28		19	12	32	14	19	4	11
MCMAC29		16	31	11	12	25	33	16
NKZ77		14	10	11	21	6	20	2
NKZ78		9	18	33	15	20	35	21
TEMP-1-inf.a	a	11	32	15	15			
TEMP-1-sup.a	a	32	18	13	14			
VOGANE-10		35	19	14	18	11	28	32

uczenie

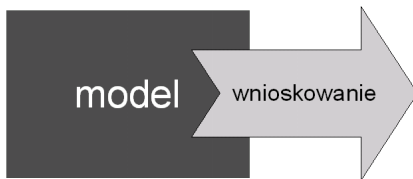
model

Model agreguje dane i je uogólnia.

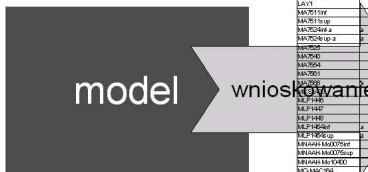
Wykorzystanie wiedzy

model

Wykorzystanie wiedzy



Wykorzystanie wiedzy



Record	ID	D16A1	P1A0	P2A0	P3A0	D10A1	D10A0	D10A2	F
CFE50-Def		13	20	1	6	33	56	44	4
CFE50-Def		19	32	31	2	4	20	16	4
EMB VA0018Inf	a	11	32	31	16				3
EMB VA0018Inf	a	32	35	31	14				3
EMB VA02004		20	25	20	11	32	10	18	2
FLOOR100		2	30	11	21	35	28	14	2
FLOOR100		32	11	24	33	19	14	20	1
FMV 03 0A 0		2	32	33	16	35	4E	25	4
LAV1		2	26	9	15	20	14	10	2
MA701Inf		32	28	25	21	19	4E	11	4
MA701Inf		24	42	6	23	11	14	4	4
MA702Inf.a	a	42	42	9	2	16	20	9	10
MA702Inf.a	a	43	9	2	16	20	9	9	10
MA702		20	14	21	13	35	32	21	3
MA704		33	21	4E	4	53	16	35	2
MA704		14	16	8	24	11	21	32	2
MA701		33	32	11	16	35	18	14	2
MA706		9	16	14	5				11
MA706		32	2	20	21	19	33	25	2
MLP14E		6	32	6	33	14	16	39	2
MLP14E		6	32	15	20	14	26	16	2
MLP14E		2	37	33	6	38	20	39	11
MLP14EInf	a	37	20	2	4E	12	9	24	11
MLP14EInf	a	25	2	40	16	6	24	16	11
MNAAH M0075Inf		11	25	21	20	11	32	35	4
MNAAH M0075Inf		20	21	20	11	32	35	41	4
MNAAH M01000		33	33	11	21	35	2	14	2
MCM164		20	19	16	6	16	12	2	4
MCM167		24	14	16	9	35	32	32	3
MCM166		11	24	33	16	14	20	6	1
MCM167		19	4	11	6	19	12	32	1
MCM168		14	12	32	14	14	4	11	1
MCM168		35	20	11	32	25	32	16	1
NM07		14	16	11	2	20	3	4	4
NM08		9	16	33	16	20	35	21	2
TEMP1Inf.a	a	11	32	16	15				3
TEMP1Inf.a	a	32	16	11	16				3
V10AM6 10		32	14	14	16	11	20	32	2

Model służy do generacji nowych danych.

Metody reprezentacji wiedzy

Reprezentacja zdania „Ala ma kota”

- Podejście symboliczne, np. predykat $ma(al\grave{a}, kota)$
- Podejście subsymboliczne

`Ala ma kota`

Obliczeniowa sztuczna inteligencja skupia się na podejściu subsymbolicznym.

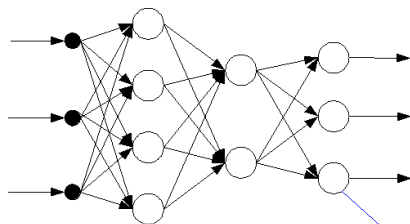
Sieci neuronowe

Modele obliczeniowe opisywane równaniem przedstawianym w formie graficznej

- statyczne — perceptron wielowarstwowy
- dynamiczne — sieć Hopfielda
- samoorganizujące — sieć Kohonena

Modele parametryczne — działanie określa wektor parametrów

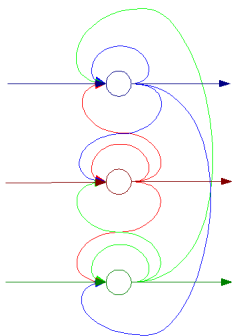
Perceptron wielowarstwowy



$$\zeta_i = g\left(\sum_{j=0}^n w_{ij} \xi_j\right)$$

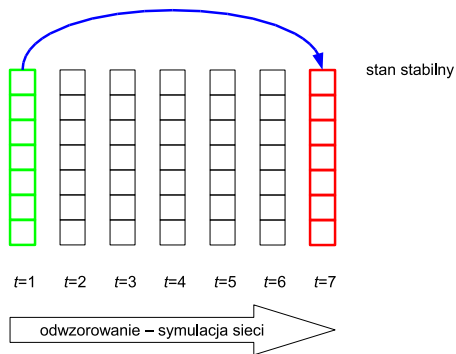
- aproksymator funkcji $R^n \rightarrow R^m$
- uczenie z nauczycielem (np. wsteczna propagacja błędu)

Sieć Hopfielda



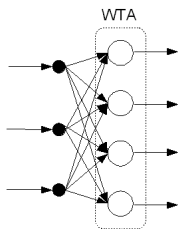
- model dynamiczny opisany wektorem stanu w R^n
- stabilne stany sieci odpowiadają rozwiązaniom
- neuronowa realizacja metody optymalizacji lokalnej

Sieć Hopfielda



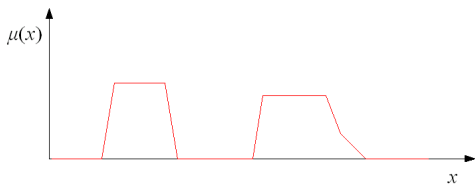
- możliwość wykorzystania modelu do realizacji odwzorowania $R^n \rightarrow R^n$
- realizacja pamięci asocjacyjnej
- reguły doboru wag (np. Hopfielda, Oja)

Sieć Kohonena



- aproksymator funkcji $R^n \rightarrow \{0, 1\}^k$
- aktywuje się neuron najbliższy (Winner Take All)
- realizacja metody grupowania
- reguły doboru wag (np. kwantyzacja wektorowa, samoorganizujące odwzorowania)

Zbiór rozmyty



- Dziedzina X , podzbiór $A \subseteq X$
- Funkcja charakterystyczna zbioru $\chi : X \rightarrow \{0, 1\}$
- Funkcja przynależności $\mu : X \rightarrow [0, 1]$

Wygodne wyrażanie pojęć nieprecyzyjnych (mały, średni itp.)

Logika rozmyta i modele rozmyte

Operacje na wartościach funkcji przynależności

- s-norma (alternatywa), np.
$$\mu(A \vee B) = \max\{\mu(A), \mu(B)\}$$
- t-norma (koniunkcja), np.
$$\mu(A \wedge B) = \min\{\mu(A), \mu(B)\}$$

Logika rozmyta umożliwia wyrażenie klasycznego wnioskowania w języku liczb.

Model rozmyty jest modelem opisanym za pomocą liczb rozmytych, np.

- model wieloobszarowy
- model o parametrach rozmytych

Metoda ewolucyjna

Charakterystyka metody ewolucyjnej jako metody przeszukiwania przestrzeni:

- ME jest poinformowaną metodą przeszukiwania — generowana sekwencja zależy od funkcji celu.
- Stanem jest zbiór punktów z przestrzeni przeszukiwań.
- ME jest metodą niedeterministyczną.
- ME jest metodą asymptotycznie poprawną.

Przenikanie się podejść

- Metody ewolucyjne są wykorzystywane do modelowania, np.
 - projektowanie struktury i uczenie perceptronu,
 - pozyskiwanie reguł i drzew decyzyjnych,
 - projektowanie funkcji przynależności.
- Wprowadzono sieci neuronowo-rozmyte (rozmyty perceptron).
- Zbiory rozmyte stanowią inspirację dla operacji przekształcających w metodach ewolucyjnych.
- Perceptron może służyć jako aproksymator funkcji celu dla algorytmu ewolucyjnego (jeśli obliczenie wartości funkcji celu jest bardzo czasochłonne).

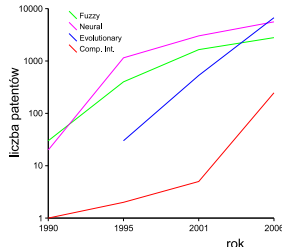
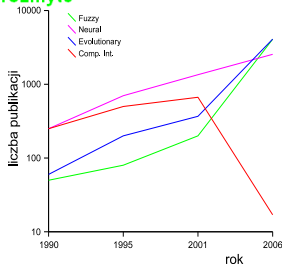
Dynamika liczby publikacji i patentów

Obliczeniowa sztuczna inteligencja

Metody ewolucyjne

Sieci neuronowe

Systemy rozmyte



Opracowano na podstawie:

- the ACM Digital Library,
- the United States Patent and Trademark Office.

Przykładowe zastosowania

- wspomaganie hamowania (kolej Sendai, 1987)
- autofokus w kamerze Canon
- sterowanie silnikami elektrycznymi (Boeing, General Motors, Whirlpool)
- autonomiczny pojazd ALVINN
- detekcja nadużyć i analiza wniosków kredytowych
- elektroniczny nos
- sterowanie elektrowniami pyłowymi - redukcja emisji NOx
- planowanie wytwarzania w energetyce
- planowanie wykorzystania budżetu reklamowego na czas antenowy
- detekcja defektów struktury obiektów mechanicznych

Rozszerzenia pojęcia obliczeniowej sztucznej inteligencji

- generacja reguł decyzyjnych
(m.in. zbiory przybliżone, analiza kompleksów)
- generacja drzew decyzyjnych
- hierarchiczne metody grupowania
- metaheurystyki
 - optymalizacja rojem cząsteczek
 - systemy immunologiczne
 - systemy mrówkowe
- *Quantum Computing?*
- *DNA Computing?*