



Diskretus autokoreliatorius. Tiesinė asociatyvioji atmintis



*Paskaitos
Tūrinys*

1. Diskretus autokoreliatorius

- *Apibrėžimas*
- *Struktūra*
- *Mokymas*
- *Atsakas*
- *Veikimas*

2. Diskretaus autokoreliatoriaus sąvybės

- *Stabilumas bei informacinė talpa*
- *Privalumai*
- *Trūkumai*
- *Naudojimas*

3. Tiesinė asociatyvioji atmintis

- *Apibrėžimas*
- *Struktūra*
- *Mokymas*
- *Atsakas bei jo analizė*

4. Tiesinės asociatyviosios atminties sąvybės

- *Privalumai*
- *Trūkumai*
- *Naudojimas*



*Pagrindinė
Literatūra*

1. Simpson, P.K. (1990). *Artificial Neural Systems: Foundations, Paradigms, Applications, and Implementations*. Pergamon Press, pp. 46-53, 78-79.
2. Kohonen, T. (1984). *Self-Organization and Associative Memory*. Berlin: Springer-Verlag, p.312.

Skaidrės Nr.

1



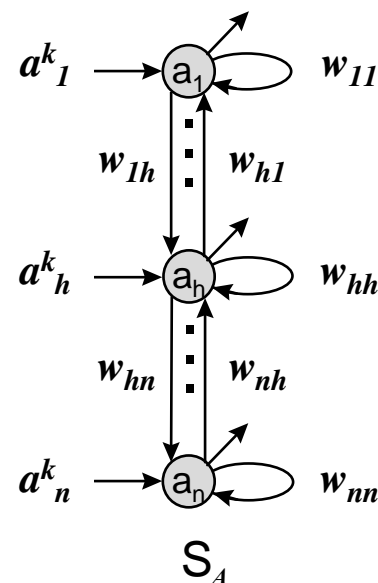
Diskretus autokoreliatorius

Apibrėžimas

Diskretus autokoreliatorius (angl. k. - Discrete Autocorrelator) yra vieno sluoksnio, simetrinis, netiesinis, autoasociatyvus, artimiausios reikšmės pavyzdžio atitikmens radimo įrenginys, kuris išsimena dvejetainius pavyzdžius $A^k = (a^k_1, \dots, a^k_n)$, $k=1, 2, \dots, m$ naudodamas Hebo mokymą.

Diskretus autokoreliatorius mokinamas nerealiame laiko mastelyje, visi neuronai veikia asinchroniškai, tinklas veikia diskrečiame laike ir yra atvaizduojamas vieno sluoksnio vidinių ryšių struktūra.

Struktūra



Pav. 6.1



Diskretus autokoreliatorius (tęsinys)

Mokymas

Pirmos eilės mokymo lygtis:

$$W = \sum_{k=1}^m A_k^T \cdot A_k \quad \text{arba} \quad w_{ij} = \sum_{k=1}^m a_i^k \cdot a_j^k.$$

Antros eilės mokymo lygtis:

$$v_{hij} = \sum_{k=1}^m a_h^k \cdot a_i^k \cdot a_j^k,$$

čia antros eilės koreliacijos yra išsimenamos $n \times n \times n$ matricoje V , be to išlaikoma ir simetrijos sąlyga, t.y. $v_{hij} = v_{ijh} = v_{jhi}$.

Atsakas

Pirmos eilės diskretaus autokoreliatoriaus atsakas formuojamas naudojant adityvios trumpalaikės atminties (additive short time memory) lygtį:

$$a_i(t+1) = F\left(\sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot a_j(t)\right), \quad \text{kur}$$

$a_j(t)$ yra j -tojo neurono įėjimo reikšmė laiko momentu t , $F(\cdot)$ - slenkstinė neuronų aktyvavimo funkcija. Skaičiavimai naudojant šią lygtį vykdomi iki tada, kai visų neuronų išėjimo signalai nustoja keistis.

Antros eilės diskretaus autokoreliatoriaus atsakas formuojamas naudojant šią lygtį:

$$a_j(t+1) = F\left(\sum_{h=1}^n \sum_{i=1}^n a_h(t) \cdot a_i(t) \cdot v_{hij}\right).$$



Diskretus autokoreliatorius (tęsinys)

Veikimas (mokymas)

Tarkime, kad turime du įėjimo pavyzdžius:

$$A_1 = (+1 \quad -1 \quad +1 \quad -1),$$

$$A_2 = (+1 \quad +1 \quad +1 \quad +1).$$

Diskretaus autokoreliatoriaus mokymo procedūra remiasi lygtimi:

$$W = \sum_{k=1}^m (A_k^T \cdot A_k - I).$$

Atliekame DNT mokymą:

$$A_1^T \cdot A_1 - I = \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \\ +1 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot [+1 \quad -1 \quad +1 \quad -1] - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_2^T \cdot A_2 - I = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1] - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$W = \sum_{k=1}^2 (A_k^T \cdot A_k - I) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$



Diskretus autokoreliatorius (tęsinys)

Veikimas (atsako formavimas)

Diskretaus autokoreliatoriaus atsako formavimui naudojamas asinchroniškas neuronų aktyvavimas, t.y. per vieną ciklą atliekama tikrai viena matricos eilutės-stulpelio sandaugos operacija. Atsako formavimo lygtis yra:

$$a_j = F\left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot w_{ij}\right), \quad \text{kur} \quad F(x) = \begin{cases} 1, & \text{jei } x \geq 0, \\ 0, & \text{jei } x < 0. \end{cases}$$

Taigi, formuojame atsaką į nežinomą įėjimo pavyzdį $A = (1 \ -1 \ 1 \ 1) \sim A_2$:

$$a_1 = F\left(\sum_{i=1}^4 a_i \cdot w_{i1}\right) = F(2) = 1 \quad \text{ir} \quad A = (1 \ -1 \ 1 \ 1);$$

$$a_2 = F\left(\sum_{i=1}^4 a_i \cdot w_{i2}\right) = F(2) = 1 \quad \text{ir} \quad A = (1 \ 1 \ 1 \ 1);$$

$$a_3 = F\left(\sum_{i=1}^4 a_i \cdot w_{i3}\right) = F(2) = 1 \quad \text{ir} \quad A = (1 \ 1 \ 1 \ 1);$$

$$a_4 = F\left(\sum_{i=1}^4 a_i \cdot w_{i4}\right) = F(2) = 1 \quad \text{ir} \quad A = (1 \ 1 \ 1 \ 1);$$

ir t.t., diskretaus autokoreliatoriaus atsako reikšmė nebekis ir liks $A = (1 \ 1 \ 1 \ 1) = A_2$.
 Matome, kad DNT ištaisė klaidą A pavyzdyje.



Diskretaus autokoreliatoriaus savybės

Stabilumas bei informacinė talpa

Amari (1974) įrodė, kad diskretus autokoreliatorius bus stabilus, jei jo atmintyje saugomų pavyzdžių skaičius m tenkins nelygę:

$$m \leq \frac{n}{2 \ln n + \ln \ln n}, \text{ kur}$$

n yra neuronų skaičius tinkle.

Privalumai

- *galimybė iš dalinių ar nepilnų pavyzdžių pilnai juos atkurti*
- *stabilumas nežiūrint į asinchronišką neuronų veikimą*
- *atsparumas klaidoms*

Trūkumai

- *ribota saugomos informacijos talpa (kuo daugiau neuronų, tuo ji mažesnė)*
- *galimybė dirbti tik su dvejetainiais pavyzdžiais*

Naudojimas

- *vaizdų apdorojime*
- *kalbos apdorojime*
- *valdymo uždaviniuose*
- *signalų apdorojime*
- *paieškoje duomenų bazėse*
- *klaidoms atspariuose skaičiavimuose*
- *pavyzdžių klasifikavime*
- *žinių apdorojime*



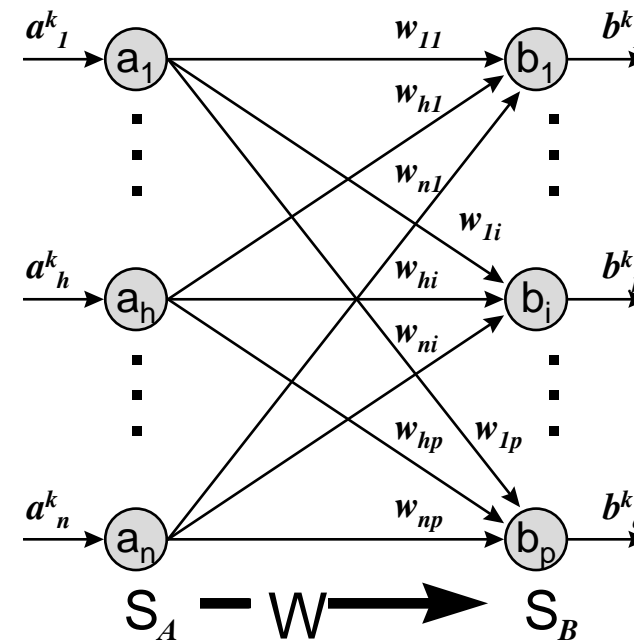
Tiesinė asociatyvioji atmintis

Apibrėžimas

Tiesinė asociatyvioji atmintis (angl. k. - Linear Associative Memory) yra dviejų sluoksnių, heteroasociatyvus, interpoliacinio pavyzdžio atitikmens radimo įrenginys, kuris išimena analogines pavyzdžių poras (A^k, B^k) , $k=1, 2, \dots, m$ naudodamas Hebo mokymą, kur k -toji pavyzdžių pora pateikiama analoginės reikšmės vektoriais $A^k = (a_1^k, \dots, a_n^k)$ ir $B^k = (b_1^k, \dots, b_p^k)$.

Tiesinė asociatyvioji atmintis mokinama nerealiame laiko mastelyje, veikia diskrečiame laike ir yra atvaizduojama dviejų sluoksnių nuoseklių ryšių struktūra.

Struktūra



Pav. 6.2

Mokymas

Pavyzdžių poros tiesinėje asociatyviojoje atmintyje yra išimamos naudojant Hebo koreliacijos lygtį:

$$W = \sum_{k=1}^m A_k^T \cdot B_k \quad \text{arba} \quad w_{ij} = \sum_{k=1}^m a_i^k \cdot b_j^k.$$



Tiesinė asociatyvioji atmintis (tęsinys)

Atsakas bei jo analizė

Atsakas formuojamas naudojant sekančią lygtį:

$$B = A \cdot W \quad \text{arba} \quad b_j = \sum_{i=1}^n a_i \cdot w_{ij}.$$

Tikslus atsakas bus garantuotas jei kiekviena pavyzdžių pora (A^k, B^k) tenkins šias sąlygas:

1. Visi A^k vektoriai yra normuoti, t.y. $\sum_{i=1}^n (a_i^k)^2 = 1 \quad \forall \quad k = 1, 2, \dots, m;$
2. Visi A^k vektoriai yra tarpusavyje ortogonalūs, t.y. $A_i \cdot A_j^T = 0 \quad \forall \quad i \neq j.$

Norint įsitikinti šių sąlygų būtinumu, reikia Hebo mokymo lygtį suskaidyti į du dedamuosius - buvusių pavyzdžių įtakos dedamąjį bei tikrąjį esamo pavyzdžio dedamąjį:

$$W = \sum_{k=1}^n A_k^T \cdot B_k + A_h^T \cdot B_h,$$

$k \neq h$

priėmę 1 ir 2 sąlygas ir perrašę lygtį sekančiai:

$$B_h = A_h \cdot W = \sum_{k=1}^n A_h \cdot A_k^T \cdot B_k + A_h \cdot A_h^T \cdot B_h = B_k,$$

$k \neq h$

matome, kad rezultate bus gautas idealus atsakas.



Tiesinės asociatyviosios atminties savybės

Privalumai

- *atsparumas klaidoms*
- *interpoliacinis atsakas*
- *betarpiškas atsakas*

Trūkumai

- *galimybė išmokti tik tiek pavyzdžių kiek yra neuronų įėjimo sluosknyje*
- *nenusakoma tinklo elgsena, kai viršytas galimas išsaugoti informacijos kiekis*
- *nesugebėjimas formuoti netiesinius (A^k , B^k) sąryšius*

Naudojimas

- *tiesinių pavyzdžių atitikimo radime*
- *valdymo uždaviniuose*



Pagrindiniai teiginiai

- ✎ Diskretus autokoreliatorius yra vieno sluoksnio, simetrinis, netiesinis, autoasociatyvus, artimiausios reikšmės pavyzdžio atitikmens radimo įrenginys.
- ✎ Diskretus autokoreliatorius mokomas aukštesnės eilės mokymo lygtimi gali įsisąvinti ir netiesiškai atskiriamus sąryšius.
- ✎ Pagrindinis diskretauro autokoreliatoriaus privalumas yra galimybė iš dalinių ar nepilnų dvejetainių pavyzdžių juos pilnai atkurti, o trūkumas - ribota saugomos informacijos talpa.
- ✎ Kadangi diskretauro autokoreliatoriaus tinklas yra labai paprastai realizuojamas, jo veikimas lengvai suprantamas, tai jis buvo labiausiai analizuotas ir rado daugiausia pritaikymo sričių.
- ✎ Tiesinė asociatyvioji atmintis yra dviejų sluoksnių, heteroasociatyvus, interpoliacinio pavyzdžio atitikmens radimo įrenginys.
- ✎ Tikslus tiesinės asociatyviosios atminties atsakas gaunamas ne visada. Norint gauti tikslų atsaką reikia: normalizuoti įėjimo pavyzdžius bei naudoti tik tarpusavyje ortogonalius pavyzdžius.
- ✎ Tiesinės asociatyviosios atminties pagrindinis privalumas - interpoliacinis atsakas, pagrindinis trūkumas - būtinybė naudoti specialų įėjimo pavyzdžių apdorojimą prieš paduodant pavyzdžius į tinklą.
- ✎ Svarbiausias tiesinės asociatyviosios atminties bruožas yra tai, kad šio tinklo sukūrimas sudarė sąlygas atsirasti žymiai galingesniems optimalios tiesinės asociatyviosios atminties bei smegenų būsenos dėžėje tinklams.