

Konvolutionaaliset neuroverkot

Teemu Sarapisto

Aine
HELSINGIN YLIOPISTO
Tietojenkäsittelytieteen laitos

Helsinki, 27. helmikuuta 2018

Tiedekunta — Fakultet — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen		Tietojenkäsittelytieteen laitos	
Tekijä — Författare — Author			
Teemu Sarapisto			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
Konvolutionaaliset neuroverkot			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Tietojenkäsittelytiede			
Työn laji — Arbetets art — Level	Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages	
Aine	27. helmikuuta 2018	4	
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
TBD			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords			
avainsana 1, avainsana 2, avainsana 3			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Additional information			

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Neuroverkkojen rakenne	1
2.1	Keinotekoinen neuroni	1
2.2	Keinotekoisten neuroverkkojen rakenne	2
3	Neuroverkkojen oppiminen	2
3.1	Hintafunktio	3
3.2	Takaisinvirtausalgoritmi	3
3.3	Gradientin laskeutumismenetelmä	3
4	Konvolutionaalisten neuroverkkojen rakenne	3
4.1	Sparse interactions	4
4.2	Konvoluution matemaattinen selitys	4
4.3	konvoluutiokerrokset	4
4.4	pooling	4
4.5	flattening	4
4.6	full connection	4
5	Konvolutionaalisten neuroverkkojen sovellukset	4
5.1	Kuvien luokittelu	4
	Lähteet	4

1 Johdanto

Viimeisen hieman yli kymmenen vuoden aikana voidaan sanoa keinotekkoisten neuroverkkojen ja syväoppimisen tehneen läpimurron. Syväoppimisen voidaan katsoa syntyneen jo 40-luvulla, mutta laajamittaiseen sovelluskäyttöön se on tullut vasta viime vuosina, kun sekä riittävä määrä luokiteltua dataa, että riittävästi prosessointitehoa on tullut helposti saataville. Myös algoritmi-puolella tapahtuneet edistykset ovat edesauttaneet läpimurtoa. Aikaisemmin koneoppimisen alalla haasteelliseksi osoittautuneissa sovelluskohteissa kuten kuvien sekä puheen sisällön tunnistamisessa keinotekoiset neuroverkot ovat osoittautuneet toistaiseksi ylivoimaisesti parhaiten toimiviksi ratkaisuksiksi.

TODO: historiaa pidemmältä

2 Neuroverkkojen rakenne

2.1 Keinotekoinen neuroni

TODO: selkiytä kaavahommelia

Biologisista vaikuttimistaan huolimatta keinotekoiset neuronit ovat käytännössä Kaavan 1 muotoisia matemaattisia funktioita.

$$\Sigma w_i x_i \mapsto f(\Sigma w_i x_i + b) \quad (1)$$

Yleisessä muodossaan neuroni ottaa vastaan yhden tai useampia syötteitä x_1, x_2, \dots, x_n , joista kullekin on asetettu jokin painoarvo w_i . Syötteiden ja painotuksien tulojen summa $\Sigma x_i w_i$ annetaan parametrina aktivaatiefunktiolle f ja tämän funktion arvo toimii neuronin lopullisena ulostuloarvona.

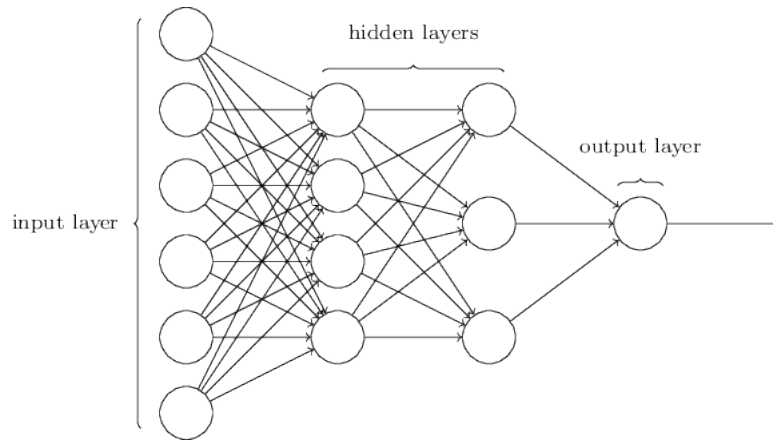
Toisinaan käytetään myös taipumusvakiota (bias) b , joka lisätään syötteiden ja painotuksien tulojen summaan.

Ensimmäinen tällainen neuroni, perseptroni, kehitettiin 50-luvulla. Sen syötteet ja ulostuloarvot ovat binäärisiä ja aktivaatiefunktiona toimii Kaavan 2 mukainen funktio.

$$ulostuloarvo \begin{cases} 0 & \text{jos } \Sigma x_i w_i + b \leq 0 \\ 1 & \text{jos } \Sigma x_i w_i + b > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Yksittäisen neuronin tasolla neuronien oppiminen tapahtuu syötteiden painotuksien ja taipumusarvon muuttumisen kautta. Perseptroneja käytettäessä törmätään kuitenkin usein ongelmaan, jossa yksi pieni muutos painotuksissa tai taipumusarvossa johtaa ulostuloarvon vaihtumiseen, joka saattaa aiheuttaa suuria muutoksia ulostuloarvoissa myös koko neuroverkon tasolla. Usein halutaan hienovaraisempia muutoksia ja tällöin käytetään neuroneita joiden syöte- ja paluuarvot voivat olla myös mitä vain reaalilukuja nollan ja yhden väliltä. Esimerkiksi yksi tällainen laajalti käytössä oleva neuroni on sigmoidinen neuroni, jonka aktivaatiefunktiona toimii sigmoidinen funktio.

2.2 Keinotekoisten neuroverkkojen rakenne



Kuva 1: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap1.html>

Yksinkertaisimman verkkorakenteen omaavat eteenpäinsyöttävät neuroverkot muodostetaan tasoittain, jossa jokaisen verkon tason neuronit saavat syötteenään niitä edeltävän tason neuroneiden ulostuloarvot. Poikkeuksena ensimmäinen taso (kuvassa vasemmanpuoleisimpana), joihin verkon syöte koodataan. Esimerkiksi haluttaessa syöttää 64x64 kuva neuroverkolle, voidaan syötekerroksena käyttää 64x64 neuronin kerrosta, johon kuvan pikselien väriarvot koodataan.

Vaikka syväoppimista voidaan harjoittaa myös muutoin kuin keinotekoisilla neuroverkoilla, neuroverkkojen tapauksessa termillä viitataan neuroverkkojen piilokerrokseen ja niiden määrään. Kasvattamalla neuroverkkotasojen sekä tasoissa olevien neuronien määrää, neuroverkoilla voidaan mallintaa entistä monimutkaisempia funktioita.

3 Neuroverkkojen oppiminen

Harjoitusdatasta olisi varmaan hyvä sanoa jotain?

Neuroverkkoa opetettaessa tavoitteena on minimoida neuroverkon tekemä virhe sen approksimoidessa jotakin funktiota. Tämän virheen määrää arvioidaan virhefunktion (error function) avulla. Neuroverkon laskiessa ulostuloarvon jollekin syötteelle, tapahtuu eteenpäinkulkeutumista (forward-propagation). Suuri haaste neuroverkkojen opetuksessa on ylisovitus (overfitting) jossa neuroverkon virhefunktion arvo on harjoitusdatalla saatu erittäin pieneksi, mutta uuden datan kanssa virhefunktio antaa suuria arvoja. Tällöin neuroverkon oppima malli vastaa harjoitusdataa liian tarkkaan, eikä enää suoriudu yleisestä tapauksesta toivotulla tavalla. Ylisovitusta korjaamaan on kehitetty metodeja kuten esimerkiksi neuroniyksikköjen pudotus

(dropout) jossa opetusvaiheessa yksittäisiä neuroneita poistetaan käytöstä, joka estää yksittäisiä neuroneita naapureineen erikoistumatta tiettyyn datan ominaisuuteen liian tarkasti.

Neuroverkkojen opetuksessa olennaisessa osassa on myös verkon alkupe-
räisten painotuksien valitseminen sopivalla tavalla.

3.1 Hintafunktio

Olkon $y(x)$ jokin funktio jota neuroverkko approksimoi. Hintafunktion avulla voidaan laskea kuinka paljon neuroverkon approksimaatio eroaa todellisesta funktiosta. Usein käytetään neliöllistä virhefunktiota:

$$C = 1/2n \sum ||y(x) - a||^2 \quad (3)$$

jossa a on taulukko neuroverkon saamia arvoja.

3.2 Takaisinvirtausalgoritmi

Esittele syntaksi jolla tiettyyn verkon "solmuun" viitataan?

Takaisinvirtausalgoritmi (back-propagation) kertoo kuinka muutokset painoihin ja taipumusvakioihin muuttavat hintafunktion saamia arvoja. Näiden muutoksien perusteella voidaan laskea osittaisderivaatat painotuksille sekä taipumusvakioille hintafunktion suhteen. Osittaisderivaattojen avulla saadaan hintafunktiolle gradientti, ja gradientin laskeutumismenetelmällä voidaan minimoida hintafunktiota.

3.3 Gradientin laskeutumismenetelmä

Menetelmä toimii liikkumalla aina gradientin negatiiviseen suuntaan, näin liikkuen kohti funktion (lokaalia?) minimiä.

Jotta takaisinvirtausalgoritmia ei tarvitsisi ajaa jokaiselle harjoitusmateriaalin yksikölle, voidaan harjoitusmateriaalille laskea (tilastollisia arvoja?) keskiarvoja ja käyttää näitä keskiarvoja laskeutumismenetelmässä hyväksi. Ei välttämättä haluta ajaa takaisinvirtausalgoritmia uudestaan jokaiselle harjoitus"materiaalin"yksikölle. Voidaan ottaa niistä vain jotain keskiarvoja tms eli batching skjfdghsg

4 Konvolutionaalisten neuroverkkojen rakenne

Konvolutionaalisten tasojen ero täysin yhdistettyihin neuroverkkotasoihin. Konvolutionaaliset käsittelevät vain osaa kuvasta kerrallaan. ReLu

4.1 Sparse interactions

Layerit eivät ole fully connected. Vaikka vierekkäisten layereiden neuronit eivät vaikutakaan kaikki toisiinsa, useamman layerin tasolla vaikutukset yltävät pidemmälle äh.

4.2 Konvoluution matemaattinen selitys

"Ikkuna"funktioon. Käytetään konvoluutioneuroverkoissa rajoittamaan neuronien kuvasta käsittelemiä osia. (TODO: parempi muotoilu:) Neuroverkoista puhuttaessa käytetään usein termiä konvoluutio sekaisin/päittäin ristikorrelaation kanssa, sillä ne ovat hyvin samankaltaisia.

syöte, ydin.

(Pitäisiköhän selittää konvoluutio integraaleja myöten vai muuttaa/poistaa kappale ja pysyttäytyä vain intuitiossa?) Konvoluutio on kahden funktion f ja g välinen operaatio joka tuottaa uuden funktion $f \star g$. Ydin (kernel) funktio g "liukuu"syötefunktion f yli, ja jokaisessa kohdassa funktioiden yhteinen pinta-ala toimii lopullisen konvoluutiofunktion ulostulona.

4.3 konvoluutiokerrokset

4.4 pooling

kasautumiskerrokset?

4.5 flattening

Konvoluutiokerrosten yhdistäminen täysin yhdistettyjen kerrosten kanssa

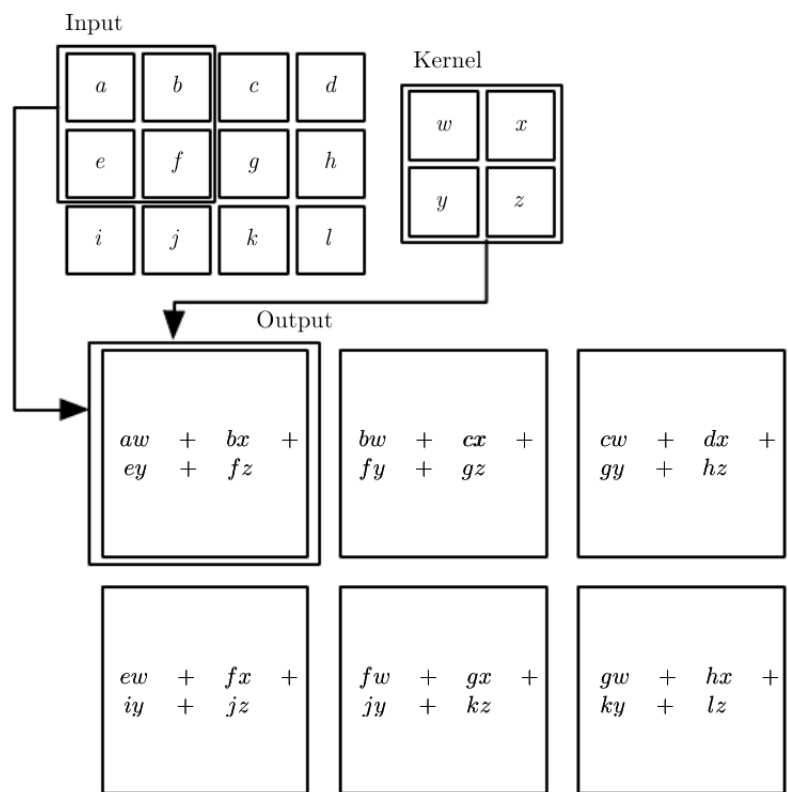
4.6 full connection

5 Konvolutionaalisten neuroverkkojen sovellukset

5.1 Kuvien luokittelu

Lähteet

- [1] Goodfellow, Ian, Bengio, Yoshua ja Courville, Aaron: *Deep Learning*. MIT Press, 2016. <http://www.deeplearningbook.org>.
- [2] Nielsen, Michael A.: *Neural Networks and Deep Learning*. Determination Press, 2015. <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>.
- [3] Rojas, Raúl: *Neural Networks - A Systematic Introduction*. Springer, 1996.



Kuva 2: <http://www.deeplearningbook.org/contents/convnets.html>