

TENTAMEN In425: NEURALE NETWERKEN

vrijdag, 28 augustus 1998, 09.00 - 12.00 uur

1. Neurale netwerk concepten: fascicles

Bij (formele) neurale netwerk definities hanteert men m.b.t. de connectie-geometrie het begrip "fascicle". Wat is een fascicle en welke zijn de hierbij gebruikte conventies? Schenk bij beantwoording aandacht aan achtereenvolgens de volgende aspecten:

- source region (NB: het begrip "region" hoeft niet formeel gedefiniëerd te worden in uw antwoord)
- target region
- data typen van de getransporteerde signalen
- input class
- selectie-functie (geef ook een voorbeeld van een selectie-functie).

2. Leerregels

Onderstaand zijn enige verschillende typen leerregels genoemd. Geef van elk een korte tekstuele (d.w.z. zonder mathematische formules) typering, waarin zo goed mogelijk de **essentie** naar voren komt.

- Leerregel van Hebb (Coincidence learning)
- Performance learning
- Competitive learning

3. ADALINE

De ADALINE is een eenvoudig type processing element voor de vorming van affiene combinaties:

$$\begin{aligned}y' &= w_0 + w_1x_1 + \dots + w_nx_n = w^T x \\w &= (w_0, w_1, \dots, w_n)^T \\x &= (x_0, x_1, \dots, x_n)^T; \quad x_0 = 1.\end{aligned}$$

We wensen een gewichtsvector $w = w^*$ te bepalen zodanig dat de ADALINE een willekeurig proces $y = f(x)$ zo goed mogelijk benadert, d.w.z. dat de LMS (Least Mean Square) error:

$$F(w) = E[(y_k - y'_k)^2]$$

minimaal is (E is de verwachtingsoperator, $y_k = f(x_k)$, y'_k is de ADALINE-output voor input x_k ; x_k ($k = 1, 2, 3, \dots$) wordt uit R_{n+1} getrokken overeenkomstig een waarschijnlijkheidsdichtheid p).

- a. Toon aan dat de vector w loodrecht staat op het hypervlak $w^T x = \text{constant}$.
- b. Wat verstaat men onder voornoemde verwachtingsoperator E ?
- c. Hoe ziet het oppervlak $F(w)$ in R_{n+2} eruit en welke conclusie volgt hieruit voor het bestaan van w^* (vector w waarvoor $F(w)$ minimaal is)?
- d. w^* kan gevonden worden via de gradient (steepest descent) methode:
$$w_{k+1} = w_k + \alpha E[\delta_k x_k]; \quad \delta_k = y_k - y'_k.$$
Leid dit af.
- e. De Widrow/Hoff regel (of Delta Rule) luidt:
$$w_{k+1} = w_k + \alpha \delta_k x_k.$$
Vergelijk deze regel met de in punt d. genoemde gradient methode.
- f. De Widrow/Hoff regel kent twee veel voorkomende varianten: de batch versie en de momentum versie. Wat houden deze varianten in?

4. Achtergronden van backpropagation training

Bij het backpropagation netwerk gebruikt men veelal de zgn. "mean squared error" als foutmaat.

- a. Wat verstaat men onder de “mean squared error”? Geef formule.
- b. Hoe luidt het functie-approximatie theorema voor backpropagation netwerken?
- c. Voornoemde error hangt af van de gewichten in het backpropagation netwerk. Wat verstaat men in dit verband onder het error-oppervlak?
- d. Geef enige eigenschappen van het in punt c. genoemde error-oppervlak voor het backpropagation netwerk.

5. Clustering van gegevens met behulp van backpropagation

Bespreek de clustering van **6-dimensionele** gegevens in **5 van tevoren gedefinieerde klassen** met behulp van een **Backpropagation Netwerk**. Beschouw hiertoe achtereenvolgens de volgende aandachtspunten:

- a. Architectuur van het netwerk (d.w.z. hoeveel input neuronen, hidden neuronen, output neuronen en aantal hiddenlayers) heeft u nodig). Verklaar uw antwoord.
- b. De training aan de hand van prototypen gegevens.
- c. De eigenlijke clustering via “generalisatie” van het getrainde netwerk.

6. Hopfield Netwerk

- a. Beschrijf architectuur van Hopfield netwerk van n neuronen: geef tekening.
- b. Geef de “update regel” voor het Hopfield netwerk.
- c. Geef de formule voor de energie van het Hopfield netwerk.
- d. Toon mathematisch aan dat een toestandsverandering van het Hopfield netwerk altijd plaats vindt in de richting van *afnemende* energie.
- e. Is het Hopfield netwerk een feedforward of recurrent netwerk? Verklaar antwoord.

- f. Is het Hopfield netwerk een “accretive” of “interpolative” netwerk? Verklaar antwoord.
- g. Is het Hopfield netwerk een auto-associatief of hetero-associatief netwerk? Verklaar antwoord.
- h. Hoeveel stabiele eindtoestanden kan een Hopfield netwerk van n neuronen maximaal hebben/?

7. Neural control

Onderdeel van veel neural-control systemen vormt de “**neural identifier**”.

- a. Wat is een “neural identifier”?
- b. Verklaar de noodzaak van zgn. TDLs (Tapped Delay Lines) bij gebruik van een backpropagation netwerk als identifier.
- c. Wat is Iterative Inversion Control? Geef configuratie-schema en verklaar de rol van de “neural identifier” hierin.
- d. Wat is Forward-Modelled Inverse Control? Geef configuratie-schema en verklaar de rol van de “neural identifier” hierin.