



Titel: NEURALE NETVÆRK

Projektperiode: d. 10. januar 1993 til d. 24. maj 1993.

Udarbejdet af: Klaus Kristensen

Vejleder: Akademiingeniør, lektor Niels Oesten

Synopsis

Denne rapport indeholder grundlæggende studier om muligheder for anvendelse af kunstige neurale netværk simuleret på PC.

Kunstige neurale netværk er en grov efterligning af den menneskelige hjerne, og er i princippet en metode til at løse opgavetyper, som ikke kan udtrykkes matematisk. Metoden adskiller sig fra traditionelle metoder ved, at der ikke er regler eller definitioner, som skal programmeres, men at netværket opnår viden om problemstillinger ved træning. Ved træning forstås, at netværket påtrykkes sammenhørende input-/output-data og gives derved mulighed for at finde frem til - og lære sig - den indre sammenhæng i disse datasæt.

Der er i rapporten vist nogle eksempler på hvordan et netværk kan konstrueres, trænes, testes, eksekveres og integreres i traditionel programmering.

Desuden indeholder rapporten en grundlæggende introduktion af neurale netværk, en beskrivelse af forskellige applikationer hvor neurale net er blevet anvendt, samt en designprocedure for neurale netværk med angivelse af retningslinier for valg af designparametre.

Oplagstal: 4

Sideantal: 130

INDHOLD

FORORD.....	5
OPGAVEFORMULERING.....	6
TIDSPLAN.....	7
KRAVSPECIFIKATION.....	8

HOVEDRAPPORT

KAPITEL 1 INDLEDNING

1.1 Om neurale netværk.....	21
1.2 Neuralenetværksmodeller.....	23
1.3 Problemformuleringer.....	24
1.4 Dokumentering.....	25

KAPITEL 2 INTRODUKTION TIL NEURALE NETVÆRK

2.1 Indledning.....	28
2.2 Den kunstige neuron.....	36
2.3 Netværket.....	38
2.4 Design af netværket.....	40
2.5 Træning af netværk.....	43
2.6 Software og hardware tools.....	45

KAPITEL 3 PRAKTISKE ANVENDELSER AF NEURALE NETVÆRK

3.1 Indledning.....	51
3.2 Medicinskdiagnostik.....	51
3.3 Procesregulering.....	53
3.4 Finansielforudsigelse.....	54
3.5 Mønstergenkendelse.....	55

**KAPITEL 4 DESIGN OG TEST AF NEURALT NETVÆRK TIL LØSNING AF
ANDENGRADSLIGNINGER MED REELLE RØDDER (NN1_X)**

4.1	Indledning.....	57
4.2	Afgrænsninger.....	59
4.3	Datarepræsentation.....	59
4.4	Bedømmelseskriterier.....	59
4.5	Opsætning og træning af netværk.....	60
4.6	Netværksafprøvning.....	69
4.7	Konklusion.....	81

**KAPITEL 5 DESIGN OG TEST AF NEURALT NETVÆRK TIL BESTEMMELSE AF
OM ANDENGRADSLIGNINGER HAR REELLE ELLER KOMPLEKSE RØDDER (NN2_X)**

5.1	Indledning.....	82
5.2	Afgrænsninger.....	82
5.3	Datarepræsentation.....	83
5.4	Bedømmelseskriterier.....	83
5.5	Opsætning og træning af netværk.....	84
5.6	Netværksafprøvning.....	90
5.7	Konklusion.....	102

**KAPITEL 6 DESIGN OG TEST AF NEURALT NETVÆRK TIL OPTISK KARAK-
TERGENKENDELSE (NN3_X)**

6.1	Indledning.....	103
6.2	Afgrænsninger.....	103
6.3	Datarepræsentation.....	104
6.4	Bedømmelseskriterier.....	106
6.5	Opsætning og træning af netværk.....	106
6.6	Netværksafprøvning.....	111
6.7	Konklusion.....	117

KAPITEL 7	INTEGRERING AF OPTRÆNET NETVÆRK I C-PROGRAMMEL	
7.1	Brug af medfølgende C-fil: RUNTIME.C.....	118
7.2	Fejlretning og test af RUNTIME.C.....	120
7.3	Udvikling af C-program: RUN_NN.C.....	121
KAPITEL 8	BRUGERVEJLEDNING	
8.1	Brugervejledning for RUN_NN.EXE.....	122
KAPITEL 9	AFSLUTNING	
9.1	Konklusion.....	123
LITTERATURLISTE		126
REFERENCER		128
BILAG		131

FORORD

Denne rapport er det første afgangsprøveprojekt omhandlende neurale netværk på Vestjysk Teknikum (VT). Hverken projektvejlederen eller den studerende har haft berøring med emnet før projektperiodens start, hvilket har medført en del søgning efter relevant og aktuelt stof i den hastigt ekspanderende faglitteratur herom.

De opstillede neurale netværk er simuleret på Personal Computer (PC) ved hjælp af programpakken "BrainMaker Professional Version 2.5", udviklet af California Scientific Software. Programmet er anvendt til belysning af, hvordan neurale netværk opbygges, hvad de er egnede til, og hvilke parametre man skal ændre på for at forbedre et netværks funktion.

Herning, d. 23. maj 1993.

Klaus Kristensen

OPGAVEFORMULERING TIL EKSAMENSPROJEKT OM NEURALE NETVÆRK

Der ønskes udarbejdet en beskrivelse af neurale netværk med henblik på løsning af opgaver med numeriske input-/output-data og vedrørende optisk karaktergenkendelse. Beskrivelsen skal omfatte sådanne netværks input, interne struktur, læreproces, databehandlingsmetode og output. Yderligere ønskes følgende emner beskrevet: Formulering af problemer til løsning med neurale netværk, netværksopsætning, indsamling og udvælgelse af data til netværkstræning, transformation af træningsdata til netværksinput og -output, fastlæggelse af succes-kriterier for netværkets løsningseffektivitet, træning, test og eksekvering af netværk, samt integrering af trænet netværk i andet programmel.

Ved hjælp af programpakken: BrainMaker Professional v2.5 gøres der forsøg med at simulere neurale netværk på en personal computer.

VERSIONSHISTORIE FOR KRAVSPECIFIKATION

Versionsnr.	Dato	Initialer	Status
v1.0	930131	KK	Åben
v2.0	930513	KK	Lukket

KRAVSPECIFIKATION

Version 2.00

Dato: 10. maj 1993

Vestjysk Teknikum

Klaus Kristensen

Kravspecifikationen indeholder:

1. INDLEDNING	
1.1 Formål.....	11
1.2 Referencer.....	11
2. GENEREL BESKRIVELSE	
2.1 Systembeskrivelse.....	12
2.2 De neurale netværkers funktion.....	13
2.3 De neurale netværkers begrænsninger.....	13
2.4 De neurale netværkers fremtid.....	13
2.5 Brugerprofil.....	13
2.6 Krav til udviklingsforløbet.....	14
2.7 Omfang af projektaflevering.....	14
2.8 Forudsætninger.....	14
3. SPECIFIKKE KRAV	
3.1 Definitioner.....	15
3.2 Krav til konstruktion, træning og eksekvering af neurale netværk.....	15
4. EKSTERNE GRÆNSEFLADEKRAV	
4.1 Brugergrænseflade.....	18
4.2 Hardware-grænseflade.....	18
4.3 Software-grænseflade.....	18
5. KVALITETSFAKTORER.....	18
6. LEVERINGSDATO.....	18
7. ORDFORKLARING.....	18
8. GODKENDELSE AF KRAVSPECIFIKATION.....	18

1. INDLEDNING

1.1 Formål

1.1.1 Projektets formål er at opfylde opgaveformuleringen på side 6.

1.1.2 Projektet: "Neurale netværk" afvikles som et afgangspjekt på Vestjysk Teknikum, svagstrømsteknisk retning i foråret 1993 udført af:
Klaus Kristensen.

Projektvejleder fra Vestjysk Teknikum:
Akademiingeniør, lektor Niels Oesten.

1.1.3 Leverandør af software:
Simuleringen af neurale netværk på PC udføres ved hjælp af programmet: "BrainMaker Professional v2.5" udviklet af California Scientific Software og forhandlet af: NEuroTech A/S, Symbion, Fruebjergvej 3, DK-2100 København Ø.

1.1.4 Der kan ændres i projektets kravspecifikation, når dette findes nødvendigt, dog skal projektvejlederen kontaktes og godkende ændringer, der indskrænker opgaven.

1.1.5 Kravspecifikationen godkendes af projektvejlederen under punkt 8.1.1.

1.2 Referencer

1.2.1 "VEJLEDNING VEDRØRENDE AFGANGSPROJEKTER" og "PROCEDURE FOR AFHOLDELSE AF EKSAMEN I AFGANGSPROJEKT, 6. SEMESTER".

1.2.2 Opgaveformulering udarbejdet af Niels Oesten og Klaus Kristensen.

2. GENEREL BESKRIVELSE

2.1 Systembeskrivelse

- 2.1.1 Som led i projektet opstilles og undersøges tre kunstige neurale netværk til løsning af nogle idealiserede opgavetyper:
- a) Løsning af andengradsligninger med reelle rødder.
 - b) Bedømmelse af, om en given andengradsligning har reelle eller komplekse rødder
 - c) Genkendelse af et éncifret tal indskrevet i et felt på 8·8 pixels.

Yderligere vises integration af et af de trænede netværk i den C-kode, som indeholdes i simuleringssprogrampakken: BrainMaker Professionel v2.5.

- 2.1.2 Efter opsætning af de neurale netværk udsættes disse for sammenhørende input-/output-data og gives derved mulighed for at finde frem til - og lære sig - den indre sammenhæng i de påtrykte data.
- 2.1.3 Efter træning afprøves de forskellige netværks målopfyldelse ved konfrontering med sæt af testdata.
- 2.1.4 Hvis et netværk kan finde den eller de iboende sammenhænge mellem input og output i sine testdata, anses trænings- eller læreprocessen for vellykket. Finder netværket ingen sammenhæng, modificeres det og trænes på ny. Om nødvendigt gentages denne procedure.
- 2.1.5 Herefter kan det trænede netværk anvendes efter sin hensigt på ukendte datasæt.

2.2 De neurale netværkers funktion

- 2.2.1 De opstillede neurale netværker skal primært tjene det formål at illustrere anvendelse af sådanne net til løsning af forskellige opgavetyper, netværks-træning og test af opnået træningsniveau.
- 2.2.2 Det udviklede C-program skal demonstrere integrering af optrænede neurale netværk i normal programmerings-sammenhæng og dermed undgå at overtræde ophavsrettighederne til det anvendte simuleringsprogram.

2.3 De neurale netværkers begrænsninger

- 2.3.1 Neurale netværk har sine helt klare begrænsninger; hvis et input-område, hvori et netværk arbejder tilfredsstillende, gøres større, skal der anvendes "mange" flere input-/output-kombinationer til træning for at få præsenteret problemet tilfredsstillende igen.

2.4 De neurale netværkers fremtid

- 2.4.1 Det er muligt at koble flere forskelligt trænede netværk sammen i serie, og dermed få et samlet neuralt netværkskompleks til at tage flere beslutninger efter hinanden.
- 2.4.2 Der er mulighed for at implementere neurale netværk i hardware, så der kan drages nytte af parallelliteten, hvilket medfører høj hastighed.

2.5 Brugerprofil

- 2.5.1 Det forudsættes at brugerne af simuleringsprogrammet: BrainMaker Professional v2.5 har kendskab til PC både på bruger- og programmeringsniveau og et vist kendskab til neurale netværk.

2.6 Krav til udviklingsforløbet

- 2.6.1 Software udviklet i projektforløbet programmeres i C++ fra Borland.
- 2.6.2 Ved programmering overholdes den indførte standard på Vestjysk Teknikum.
- 2.6.3 Simulering af neurale netværk på PC udføres ved hjælp af programmet: BrainMaker Professionel med tilhørende hjælpeprogrammer.
- 2.6.4 Der udfærdiges en projektrapport over projektforløbet omfattende:
- Opgaveformulering
 - Kravspecifikation
 - Hovedrapport
 - Software-udvikling
 - Brugervejledning til udviklet software
 - Konklusion

2.7 Omfang af projektaflevering

- 2.7.1 Der afleveres:
- Simuleringsprogrammet BrainMaker Professional v2.5 incl. manualer.
 - Tre optrænede neurale netværker, hvoraf ét er integreret i C-miljø.
 - Diverse C-programmer.
 - Projektrapport.

2.8 Forudsætninger

- 2.8.1 Programmerne forudsættes udviklet på: IBM PC, AT, PS/2 eller hermed kompatibel udstyret med harddisk, 1 MB RAM-memory, PC-/MS-DOS 3.0 eller højere.

3. SPECIFIKKE KRAV

3.1 Definitioner

Ved simulering af neurale netværk på PC ved hjælp af programmet BrainMaker Professional optræder filerne:

- 3.1.1 *.DEF, som er en definitionsfil, indeholder oplysninger om den datatype, der opereres med, antal inputs og antal outputs, antal skjulte neuroner og skærmopsætningen.
- 3.1.2 *.FCT indeholder den datamængde, der bruges til træning af netværket.
- 3.1.3 *.TST indeholder den datamængde, der bruges til test af neurale netværk.
- 3.1.4 *.NET indeholder det trænede neurale netværk.
- 3.1.5 *.STS indeholder træningsresultater for hvert gennemløb i træningsforløbet.
- 3.1.6 *.STA indeholder testresultater, som gemmes i denne fil hver gang en test udføres under træningsforløbet.

3.2 Krav til konstruktion, træning og eksekvering af neurale netværk

- 3.2.1 Systemoversigt for konstruktion af neurale netværk:

Indsamling -> (NetMaker) -> BrainMaker -> Trænet
af data netværk

De følgende punkter er en uddybning af de enkelte blokke, som skal gennemløbes for at få et trænet netværk.

3.2.2 Generering eller indsamling af data:

For at kunne anvende neurale net skal der anvendes et antal sammenhørende input-/output kombinationer der på effektiv måde beskriver de iboende sammenhænge i data-mængden, som netværket ønskes indlært. Hvert sæt af input-data skal modsvares af et sæt output-data. De anvendte træningsdata skal opfylde netværkets krav til datarepræsentation og ligge inden for et fastlagt interval. Samme krav gælder for input-/output-kombinationer til test af netværket og for input til problemløsning v.h.a. dette.

3.2.3 NetMaker:

NetMaker er BrainMaker's data management utility-program, som gør det nemmere at konstruere neurale netværk med numeriske data. Brug af NetMaker er ikke et fastsat krav. NetMaker har indbygget et simpelt regneark, hvor der kan manipuleres med data. De tre filer nævnt i pkt. 3.1.1, 3.1.2 og 3.1.3 genereres af NetMaker. Der kan desuden importeres filer fra dBASE, Excel, Lotus, binære- og ASCII-filer.

3.2.4 BrainMaker:

I dette program foregår træningen, testningen og eventuelt eksekveringen af det neurale netværk. Netværkstræningen foregår ved en iterativ proces. BrainMaker opretter de i pkt. 3.1.4, 3.1.5 og 3.1.6 beskrevne filer.

3.2.5 Eksekvering af netværk:

Der er mulighed for at eksekvere de trænede netværker, som indeholder numeriske data, på to måder: Enten ved hjælp af BrainMaker eller ved at anvende den medfølgende C-kode til BrainMaker Professionel. Begge metoder skal anvendes, hvor der i den sidste metode vil foretages en videreudvikling af C-koden så et specifikt netværk kan integreres i traditionel programmering, og dermed vise at neurale netværk kan blive et almindeligt og anvendeligt værktøj i design- og udviklingsprocesser.

4. EKSTERNE GRÆNSEFLADEKRAV

4.1 Brugergrænseflade

4.1.1 Systembetjeningen foregår ved hjælp af PC'ens tastatur.

4.1.2 Nye input-data indtastes via PC'ens tastatur og netværkets output-data vises på skærmen.

4.2 Hardware-grænseflade

4.2.1 Netspænding 220V \pm 10%, 50[Hz] .

4.3 Software-grænseflade

4.3.1 Operativsystem PC-/MS-DOS 3.00 eller højere.

5. KVALITETSAKTØRER

5.1 Der er ingen kvalitetsfaktorer defineret på nuværende tidspunkt.

6 LEVERINGSDATO

6.1 Afleveringsdato er mandag den 24. maj 1993.

7. ORDFORKLARING

7.1 Ingen.

8. GODKENDELSE AF KRAVSPESIFIKATIONEN

8.1 Kravspecifikationen godkendes herved af:

Dato Niels Oesten

Dato Klaus Kristensen