

Capítol 3: Xarxes Neurals (continuació)

1

5. Aplicacions Aerospai

- Pilot automàtic de rendiment elevat
- Simulador de vol
- Sistemes de control d'avions
- Simulació de components d'avions
- Pilots automàtics “augmentats”
- Detecció de fallides en components d'avions

2

Llista d'aplicacions comercials segons DARPA (1988).

La llista s'inicia al 1984 amb l'equalitzador adaptatiu: una xarxa neuronal és utilitzada per estabilitzar el senyal de veu en sistemes telefònics a llarga distància.

Veurem quin tipus d'aplicacions es poden imlementar en diferents àrees: Aerospai, automòbils, banca, defensa, electrònica, lleure, finances, assegurances, fabricació, medicina, petroquímica, robòtica, parla, telecomunicacions, comerç i transport.

I estudiarem amb més detalls algunes aplicacions concretes:

5. Aplicacions

Automòbil

- Sistemes de conducció automàtica
- Anàlisi de garanties

3

Sistemes de conducció automàtica ALVINN (Pomerleau, 1993)

- El sistema apren a conduir un vehicle seguint una línia en una autopista
- L'aprenentatge es basa en l'observació de la conducció d'una persona (supervisat)
- Algorisme d'aprenentatge: backpropagation
- Aplicat per la conducció d'una furgoneta i un vehicle militar dotats de càmeres estèreo de color, làser i radar entre d'altres sensors.
- L'ús d'algorismes d'aprenentatge és apropiat perquè el domini de la conducció és molt difícil de modelar. A més, les dades són continues i sorolloses.

4

ALVINN (Pomerleau, 1993)

Estructura

- Input: El senyal de la càmera és preprocessa per obtenir valors de pixels en una graella de 30x32 unitats d'input en una XN
- Output: Nivell de 30 unitats, cadascuna corresponent a una direcció de la conducció.
- Capa oculta: 5 unitats
- Connexió total entre els inputs i els outputs a través de la capa oculta

5

Output: la direcció que pren el vehicle és la corresponent a la unitat d'output que resulta més activada.

ALVINN (Pomerleau, 1993)

Funcionament

- Tasca: mapejar la imatge de la carretera en la direcció de la conducció
- Després de 5' de dades d'aprenentatge (proporcionades pel conductor humà) i 10' d'aplicació de l'algorisme de backpropagation, ALVINN és capaç de conduir per ell mateix.
- Problema: la persona mai comet errors
 - No hi ha exemples de correcció en cas de desviació de la carretera
- Solució: Es truquen les imatges de la càmera per simular posicions més a la dreta o a l'esquerra del que hauria de ser.

6

ALVINN (Pomerleau, 1993)

Resultats

- ALVINN ha conduït fins a 70 mph, fins a 90 milles
- No funciona en carreteres per les quals no ha estat entrenat.
- No és gaire robust davant les condicions de llum o presència d'altres vehicles
- Demostra que les XN serveixen com a mecanisme de processament ràpid d'imatges sense necessitat d'algorismes tradicionals de visió

7

Les proves s'han realitzat en una autopista pròxima a Pittsburgh.
També ha funcionat bé en carreteres petites.

5. Aplicacions

Banca

- Lectura de xecs
- Lectura de documents
- Avaluació de crèdits

Reconeixements de caràcters manuscrits (Le Cun et al. 1989)

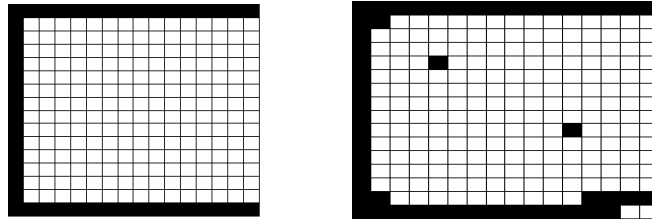
- Aplicat a la classificació de cartes de correus a través del DP
- Usa un pre-processor per localitzar i segmentar els dígit
- La xarxa neuronal identifica quins són cadascun dels dígit.

9

El reconeixement de caràcters és una de les aplicacions més exitoses de les XN. Aquí es presenta la lectura automàtica de DP, però també han estat aplicades a la lectura automàtica de xecs.

Reconeixements de caràcters manuscrits

Estructura



10

Reconeixements de caràcters manuscrits

Estructura

- Capa oculta: xarxa de 3 nivells
 - 768 unitats primer nivell
 - 30 unitats segon nivell
- Output: 10 unitats, representant cadascuna un dels dígit (0-9).
- Connexions pensades com a detectors de característiques
 - Connectades per regions (→ 9.760 pesos)

11

Totalment connectada significaria tenir aprox. 200.000 pesos, la qual cosa faria que la xarxa fos impossible d'entrenar.

Reconeixements de caràcters manuscrits

Funcionament

- Aprenentatge
 - 7.300 exemples
 - 2.000 exemples addicionals per test
- Resultat: 99% de precisió
- Si hi ha confusió en quin pot ser el dígit, la XN dona dos o més resultats (els valors més grans)
- La implementació final s'ha fet en VLSI i les cartes és classifiquen molt ràpidament.

12

5. Aplicacions

Defensa

- Conducció de míssils
- Seguiment de pistes
- Discriminació d'objectes
- Reconeixement de cares
- Processament del senyal de sonar, radar, imatges i altres sensors de nova creació
- Extracció de característiques i eliminació de soroll
- Identificació de senyals i imatges

13

5. Aplicacions

Electrònica

- Predicció de seqüències de codi
- Circuits per la integració de xips
- Control de processos
- Anàlisi de fallides en xips
- Visió artificial
- Síntesi de veu
- Modelització no-lineal

14

5. Aplicacions

Lleure

- Animació
- Efectes especials
- Música

15

Música

Avaluació de ritmes

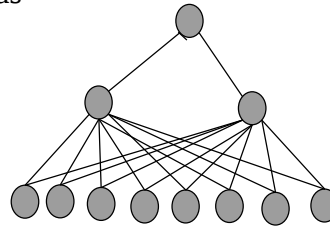
- Volem contruir un fitre de software per detectar aquella música que ens agrada de la que no
- XN: adequades perquè sabem quina música ens agrada i quina no però ens resulta difícil de saber perquè
- Restriccions
 - Compas 4/4
 - Rodones, blanques, negres i corxeres.
 - Cada compas dividit entre 8 temps (un per a cada coxera)
- Suposicions: definim com a ritme bo quan les notes s'ataquen en els temps següents:
 - primer, segon i quart temps
 - primer, tercer i setè temps

16

Avaluació de ritmes musicals

Estructura

- Input (el ritme): definit per 8 unitats, cadascuna representant un temps del compas
- Output (l'opinio): 1 unitat
 - +1 si el ritme és bo
 - 1 si el ritme és dolent
- Capa oculta: 2 unitats
- Pesos:
 - 16 input $\rightarrow$ oculta
 - 2 oculta $\rightarrow$ output
 - 3 bias (unitats ocultes i output)



17

En general, quan menys nombre d'unitats usem en la capa oculta, otindrem millor eficiència de càlcul i el resultat serà més general.

Avaluació de ritmes musicals

Funcionament

- Algorisme d'aprenentatge: backpropagation
- Nombre d'exemples: 40
- S'han necessitat 20 cicles (èpoques) per tal d'obtenir una sortida amb un error inferior a 0.0002

18

Observar que el nombre total d'exemples possibles usant la codificació esmentada és de 256 (2^{*8}), però la xarxa es pot entrenar amb un nombre limitat d'exemples.

Avaluació de ritmes musicals

Extensió

- Tractament d'una peça musical entera
 - Es necessiten molts més inputs
 - Es requereix molt més temps de càlcul
 - És difícil de determinar la llargada d'una part de la peça que identifiqui un ritme
- ⇒ En lloc de proporcionar la peça musical com un input d'un sol cop, proporcionar la informació a la xarxa com una seqüència de sons.

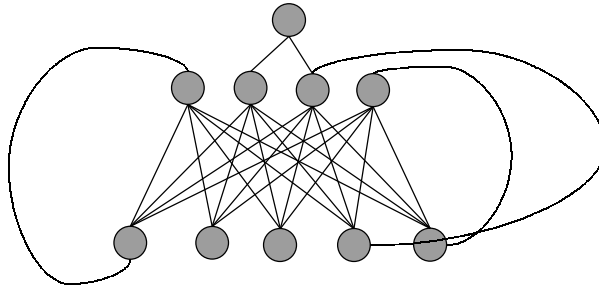
19

Hi ha ritmes que poden ocupar segments grans, mentre que la majoria seran segments petits.

Avaluació de ritmes musicals

Sèrie de sons

- Es tracta de crear una xarxa amb una alimentació retardada
→ Connectar les sortides de la capa oculta a unitats d'input



20

Es poden aplicar algorismes de backpropagation, però els resultats millors s'obtenen mitjançant algorismes recurrents com RTRL.

Aquesta xarxa és pot aplicar a la COMPOSICIÓ de MÚSICA assistida per dordinador.

Referència:

P.M. Tood, D.G.Loy

Music and Connectonism

MIT Press, 1995.

5. Aplicacions

Finances

- Avaluació immobiliària
- Consellers de préstecs
- Anàlisi d'hipoteques
- Tasació de bonus corporatius
- Anàlisi de l'utilització de la línia de crèdit
- Programa de la cartera de negoci
- Anàlisi de finances corporatiu
- Predicció del preu de la moneda

21

Pronòstics financers: Predicció de tipus d'interès

- Suposició: si es donen les mateixes ciicumstàncies (mateixos inputs) s'ha de produir la mateixa sortida.
- Model incomplet:
 - No es coneixen tots els inputs del sistema
 - El temps necessari per entrenar la xarxa és exponencial (més dades -> entrenament més complex)

22

La predicció és una de les tasques més lucratives en el mercat financer... però molt difícil d'assolir.

També hi ha altres tipus de predicció, com la del temps meteorològic, a les quals també es podrien aplicar XN.

Com qualsevol aplicació que signifiqui un processament de valors temporals en sèrie.

Predicció de tipus d'interès

Factors

- Dades rellevants i volàtils
- Moltes variables: selecció de les variables més importants a través de models coneguts.

Ex. (Larrain, 1991):

- Taxes anteriors
- Producte nacional brut
- Índex de preus al consum
- Subministrament nominal de diner
- Riquesa personal

23

Sumnistrament nominal de diner: consisteix en tot el diner que hi ha en circulació i els dipòsits d'estalvi i comptes corrents, de forma que representa el diner líquid realment disponible.

Riquesa personal: diferència entre els ingressos i el consum d'una persona.

Totes aquestes dades es poden adquirir fàcilment a través de revistes del sector especialitzades.

Predicció de tipus d'interès

Qüestions

- Quin és l'output que interessa...
 - El tipus actual d'interès
 - El canvi respecte al trimestre anterior?
- Quin és l'input que interessa...
 - Valors concrets
 - Diferències amb els valors anteriors
- Quin tipus de període s'usarà per a cada variable?

⇒ El problema més complicat al dissenyar XN és com codificar les dades.

24

Depenent del tipus d'output escollit, el procés d'aprenentatge serà diferent.

El tipus de període és important ja que hi ha valors separats en el temps ("delayed values"). Per exemple, en el fet que factors com el diner i la riquesa personal afecten amb més retard el tipus d'interès.

Un tipus de finestra temporal homogeni per a totes les variables pot donar resultats no gaire bons.

Predicció de tipus d'interès

Model proposat

- XN feedforward
- Inputs basats en diferències
- Per poder analitzar diferents finestres temporals, s'associa a cada node de la xarxa una dada d'inci.
 - El retards s'implementen especificant un temps d'inici anterior
 - Els avanços s'implementen especificant una data d'inci posterior

⇒ S.T. Welstead

Neural Network and Fuzzy Logic Applications in C++.

Wiley, 1994.

Vegeu en la referència la solució proporcionada.

També, en una de les classes de laboratoria es veurà un exemple de predicció de sèries.

5. Aplicacions

Assegurances

- Avaluació de la política d'aplicació
- Optimització de productes

26

5. Aplicacions

Fabricació

- Procés de control
- Anàlisi i disseny de productes
- Diagnòsi de màquines i de processos
- Identificació de partícules en temps real
- Control de qualitat
 - Anàlisi de soldadures, predicció de la qualitat del paper, qualitat de xips d'ordinadors,
- Anàlisi del disseny de productes químics
- Anàlisi del manteniment de maquinària
- Planificació i gestió
- Modelització dinàmica d'un procés químic

27

Els productes comercials de controladors automàtics tipus PID proporcionen un algorisme per realitzar automàticament la sintonia de paràmetres. Aquesta fase d'autosintonia pot realitzar-se mitjançant XN.

Exemple d'aplicació d'una XN amb aprenentatge no supervisat:

Processos de fermentació.

S'aplica la xarxa per intentar interpretar els estats fisiològics d'un procés de fermentació. S'autoorganitza els estats i l'expert humà és capaç d'identificar cada classe amb unes característiques.

5. Aplicacions

Medicina

- Anàlisi de cel.lules del pulmó cancerígenes
- EEG i ECG anàlisi
- Disseny de pròtesi
- Optimització dels temps de transplantament
- Reducció dels costos de l'hospital
- Millora de la qualitat de l'hospital
- Avís en les sales d'emergència

28

Veure més informació a:

Aplicación de las redes neuronales artificiales en procesado de imágenes.

D. Cabello et al.

Dins de: Computación Neuronal. Universidad de Santiago de Compostela, 1995.

5. Aplicacions

Petroquímica

- Exploració
- Fenòmens de transport

29

5. Aplicacions

Robòtica

- Control de trajectòries
- Control de manipuladors i braços elevadors
- Sistemes de visió

30

Veure més informació a:

Aplicación de las redes neuronales a la robótica.

C. Torras

Dins de: Computación Neuronal. Universidad de Santiago de Compostela, 1995.

5. Aplicacions

Parla

- Reconeixement de la veu
- Comprensió de la parla
- Classificació de vocals
- Síntesis de veu a partir de text

31

Pronunciació NETTalk (Sejnowski & Rosenberg, 87)

- Tasca: mapejar un text en fonemes
- Les regles del mapeig són aproximades, però no exactes.

Exemple:

- La lletra “q” normalment correspon al so [k]
- La lletra “c” normalment correspn al so [k] en *casa* i [s] en *cent*.

32

Un cop tenim el text representat en fonemes, es passa a un generador de parla.

NETTalk (Sejnowski & Rosenberg, 87)

Estructura

- Input: 29 unitats d'input, una per a cada caràcter (de l'1 al 26), més el blanc (27), més el punt (28), i el darrer per identificar altes signes de puntuació (29).
- Capa oculta: 80 unitats
- Output: característiques del so que ha de produir
– Alt/baix
– Sonor/sord
– ...

33

Quan més d'una lletra produeix un so (per exemple "tx"), la segona lletra no produeix output.

NETTalk (Sejnowski & Rosenberg, 87) Funcionament

- Aprenentatge: 1.024 paraules de text
- Resultats:
 - 95% de precisió després de 50 entrenaments
 - 100% si enlloc d'aprendre text nomé apren una paraula
- Problema: el context de les paraules.

34

El problema del context:

En anglés, per exemple, "the" canvia de pronunciació si precedeix una paraula que comença per vocal.

En català també passaria igual, per exemple, amb les paraules que acaben per "s".

El problema del context ha fet pensar que els models de Markov poden ser una alternativa a les XN que resulti més adequada per tractar aquest tipus de problemes.

5. Aplicacions

Comerç

- Predicció de mercats
- Sistemes de recomanació sobre estocs comercials
- Sistemes de pagament

35

Exemple:

Aplicació per classificar la predicció de fidelitat dels clients.

A partir de les dades dels clients, aquest s'intenten classificar en tres categories:

- Els que redueixen les seves compres en un 5% (fidels)
- Els que redueixen les seves compres entre un 5 i un 40% (dubtosos)
- Els que redueixen les seves compres en més d'un 40% (s'estan perdent).

En funció de la classificació es fa un màrqueting comercial, evitant despilfarrar diners en els clients fidels i gastant diners en els que estan a punt de deixar-nos.

Les dades dels clients s'obtenen a partir de les targetes de clients. Hi ha dades que no hi són però que es poden deduir (a partir de regles heurístiques o coneixements, és a dir, sense XN). Per exemple, per conèixer el nivell socio-econòmic es comprova si el client compra rentavaixelles.

5. Aplicacions Telecomunicacions

- Compresió de dades i imatges
- Serveis d'informació automàtics
- Traducció de converses en temps real
- Problemes d'optimització
 - Enrutament de xarxes, control de nodes de comunicació.
- Processat del senyal
 - Concel.lació de soroll, predicció, càrrega de tràfic, modelat de sistemes, cancel.lat de l'eco, equalitzador adaptatiu
- Control adaptatiu
 - Control d'admissió de trucades, control de tràfic, generació de models de tràfic

Veure més informació a:

Aplicación de las redes neuronales artificiales a las telecomunicaciones.

A. Días, A. García, A. Jurado, F. Sandoval

Dins de: Computación Neuronal. Universidad de Santiago de Compostela, 1995.

5. Aplicacions

Transport

- Sistema de diagnòsi pels frens de camions
- Planificació de vehicles
- Sistemes de ruta

37

... i d'altres.

Per exemple, els psicòlegs estan usant les xarxes neurals per estudiar fenòmens socials.

Existeix un treball que es va presentar a Girona l'any passat titolat: "Puede el aleteo de una mariposa causar un divorcio?"

Es tractava d'una xarxa neural on s'estudien les variables que caracteritzen les parelles per tal de conèixer quins factors són causants d'un divorci i així creac mecanismes de prevenció (atés que aquests aconstumen a ser traumàtics).

Per exemple es van detectar patrons com que:

- El nivell econòmic és fonamental: quan més recursos, més divorcis.
- L'espai: quan l'espai és més petit, més divorcis.
- Edat dels fills: en els 5-6 anys de l'edat dels fill hi ha una crisi; una altra quan aquests són adolescents, ...

(CCIIA'99)

6. Temes avançats

Millores en la generalització

- Problema: *Overfitting*.
 - L'error amb el conjunt d'aprenentatge és petit
 - Però quan es presenten noves dades a la XN, l'error és molt gran.
 - ⇒ La xarxa ha memoritzat els exemples però no els ha generalitzat
- Solucions:
 - Usar una estructura suficientment gran
 - Regularització
 - Aturada prematura per validació

38

Millores en la generalització

Sol. 1: Usar una estructura suficientment gran

- Quan més gran sigui, més complexa serà la funció que pot representar → més potència per representar les dades
- Però és molt difícil determinar a priori la mida.

Millores en la generalització

Sol. 2: Regularització

- La regla d'aprenentatge és conseqüència de derivar, respecte als pesos, la suma d'errors quadràtics

$$F = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (e_i)^2 \quad \text{on } e_i = T_i - O_i$$

- La regularització consisteix en afegir un terme corresponent a la mitjana i desviació de l'error

$$\rho * F + (1 - \rho) * G \quad \text{on } G = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N W_j^2$$

- Si la estimació de ρ és estocàstica, s'anomena regularització Bayesiana de David MacKay.

40

Millores en la generalització

Sol. 3: Aturada prematura per validació

- Tècnica que consisteix en dividir en conjunt d'aprenentatge en 3 subgrups:
 - Subgr.1: Conjunt d'aprenentatge
 - Subgr.2: Conjunt de validació
 - Subgr.3: Conjunt de test
- S'entrena la xarxa amb el conjunt d'aprenentatge i en cada època es valida amb el conjunt de validació.
- Quan comença a “memoritzar” els exemples d'aprenentatge, l'error obtingut amb el conjunt de validació comença a augmentar → Aturar.

41

6. Temes avançats

Pre i post processat

- L'adequació dels inputs i patrons resulta fonamental en l'eficiència de la xarxa.
- Per adequar-los tenim mètodes de pre-procés:
 - Escalar els valors a un interval prefixat, per exemple [1,-1]
 - Normalitzar: mitjana dels valors a 0 i desviació a 1
 - Reduir les dimensions del vector d'entrades
 - Anàlisi dels components principals

42

La tècnica d'anàlisi dels components principals és una de les més conegudes.

Pre-processat

Anàlisi dels components principals

- S'aplica quan el vector d'entrades és gran i les dades estan correlacionades
- Passos:
 1. Ortogonalitzar els components del vector
 2. Ordenar els components ortogonals posant els de variació més gran primer
 3. Eliminar els components amb menor variació

43

La ortogonalització ens elimina les correlacions.

6. Temes avançats

Estructura de dades

- La codificació de les dades és fonamental.
- Distingim dos tipus d'entrades:
 - Les que succeeixen concurrentment
 - Les que succeeixen seqüencialment
 - L'ordre és important
- XN Estàtiques, sense feedback, sense retards: les usarem per entrades concurrents
- XN Dinàmiques, amb retards: les usarem per sèries de dades

44

Les XN dinàmiques es poden usar per entrades concurrents, resultant en seqüències de dades concurrents.

6. Temes avançats

Tipus d'aprenentatge

- Incremental (adaptatiu): els pesos s'actualitzen cada cop que es presenta un nou exemple
- Batch: els pesos s'actualitzen en cada època.

45

6. Temes avançats

Acceleració de l'aprenentatge

- El mètode de backpropagation és molt lent per problemes pràctics.
- Mètodes per accelerar-lo:
 - 1) Tècniques heurístiques
 - 1.a Moment
 - 1.b Paràmetre d'aprenentatge variable (α)
 - 1.c Backpropagation resistant
 - 2) Tècniques estàndard d'optimització numérica
 - 1.a Gradient conjugat
 - 1.b Quasi-Newton
 - 1.c Levenberg-Marquardt

46

Acceleració de l'aprenentatge Tècniques heurístiques. Moment

- Permet respondre, no només al gradient local, sinó a les tendències actuals en la superfície de l'error
- Permet ignorar petites característiques en la superfície de l'error.
- Mètode: canviar els pesos d'acord amb la suma d'una fracció del darrer canvi de pes i d'una fracció del nou pes.

Si $\text{errorActual} > \text{errorAnterior} + \text{constant}$

Llavors **no** es tenen en compte els pesos actuals (fracció 0)

Si $\text{errorActual} < \text{errorAnterior} + \text{constant}$

Llavors **només** es tenen en compte els pesos actuals (fracció 1)

47

Recordar gràfic presentat en la diapositiva sobre gradient descendent.

Constant: per exemple, 0.04.

Acceleració de l'aprenentatge Tècniques heurístiques. α variable

- Problema del paràmetre
 - $\alpha \ll \rightarrow$ l'algorisme triga molt a convergir
 - $\alpha \gg \rightarrow$ l'algorisme pot oscilar i ser inestable
 - α òptim: canvia durant el procés d'aprenentatge
- Es tracta de mantenir α el més gran possible mentre sigui estable.
- Mètodes:
 - Si $\text{errorActual} > \text{errorAnterior} + \text{constant}$
Llavors **no** es consideren ni els nous pesos ni els bias i es **decrementa** α
 - Si $\text{errorActual} < \text{errorAnterior} + \text{constant}$
Llavors s'**augmenta** α

48

Exemple de valor de decrement: * 0.7

Exemple de valor d'increment: *1.5

Acceleració de l'aprenentatge

Tècniques heurístiques. Bp resistant

- Només s'usa el signe de la derivada (gradient), no la magnitud.
- El valor del canvi del pes es determina, doncs, per un altre paràmetre.

Si la derivada té el mateix signe en 2 iteracions successives
Lavors **augmentar** el pes en un determinat factor

Si la derivada canvia entre la iteració actual i l'anterior
Lavors **disminuir** el pes en un determinat factor

Si la derivada és 0
Lavors **no** canviar el pes

49

Acceleració de l'aprenentatge Tècniques optimització. Gadiant conjugat

- Es combina cerca amb el mètode del gradient.
- El paràmetre α s'ajusta a cada iteració d'acord amb una cerca.
- Mètodes de cerca possibles:
 - Golden Section search
 - Cerca de Brent
 - Hybrid Bidirection-Cubic search
 - Cerca de Charalambou
 - Backtracking

50

També es poden aplicar funcions d'aprenentatge diverses:

- Fletcher-Reeves
- Polak-Ribière
- Powell-Beale
- Conjugat escalat

Queda fora de l'abast del curs entrar en el detall d'aquestes funcions.

Acceleració de l'aprenentatge Tècniques optimització.

- Quasi-Newton
 - Es basa en el càlcul de la segona derivada de la funció d'error
 - Complex i costós
- Levenberg-Masquardt
 - Intenta aproximar la segona derivada enlloc de calcular-la.

51