

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

Modelos não recorrentes

RNA Feed-Forward: MLP - Backpropagation, RProp, CasCor (HiperPlanos)
RBF – Radial Basis Function (Clusters)

Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

1. MLP

- BPTT - Back-Propagation Through Time
- TDNN – Time Delay Neural Networks (*Feed-Forward*)
- SRN – Simple Recurrent Nets (Elman Nets)
- Recurrent Jordan Nets
- NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model
- RCC - Recurrent Cascade Correlation

2. Outros modelos

- Mapas de Kohonen – SOM, SOFM (Self-Organizing Feature Maps)
- Hopfield – Memórias Auto-Associativas
- BAM – Memórias Associativas Bidirecionais
- ART (ART1, ART2, ART-MAP, FuzzyART-MAP, ...) – Protótipos

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

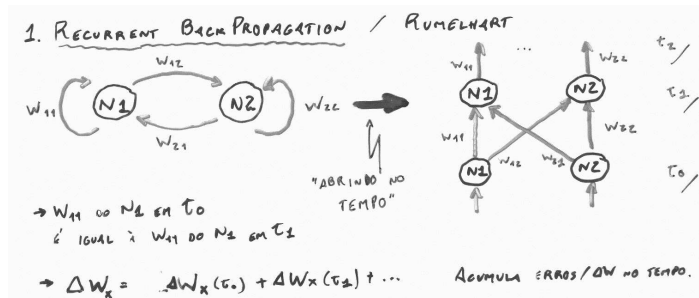
Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

1. MLP

- BPTT - Back-Propagation Through Time
- TDNN – Time Delay Neural Networks (*Feed-Forward*)
- SRN – Simple Recurrent Nets (Elman Nets)
- Recurrent Jordan Nets
- NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model
- RCC - Recurrent Cascade Correlation

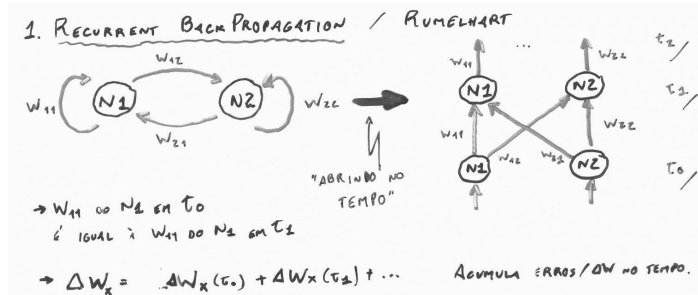
*** BPTT - Back-Propagation Through Time**



F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

*** BPTT - Back-Propagation Through Time**



Algoritmo
De Aprendizado:
Back-Propagation!
(pesos “virtuais”)

Exemplo de Aplicação:

- Aprendizado e predição de seqüências

Shift Register... A resposta (saída) no tempo t_{i+1} depende da entrada em t_i

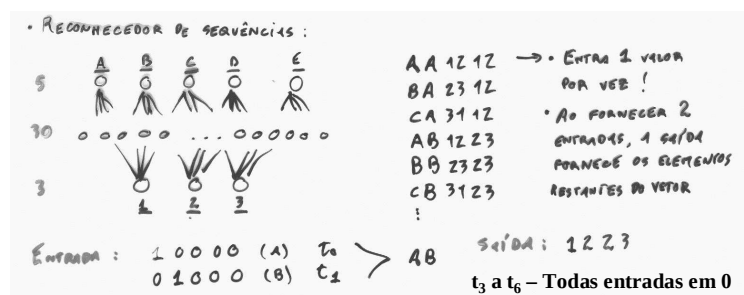
Input	Output
1 0 1 1	? $[t_0]$
0 1 0 1	1 $[t_1]$
0 0 1 0	1 $[t_2]$
1 0 0 1	0 $[t_3]$
1 1 0 0	1 $[t_4]$

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

*** BPTT - Back-Propagation Through Time**

Exemplo de Aplicação:



25 seqüências a serem aprendidas:

AA1212	AB1223	AC1231	AD1221	AE1213
BA2312	BB2323	BC2331	BD2321	BE2313
CA3112	CB3123	CC3131	CD3121	CE3113
DA2112	DB2123	DC2131	ED2121	DE2113
EA1312	EB1323	EC1331	EE1321	EE1313

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

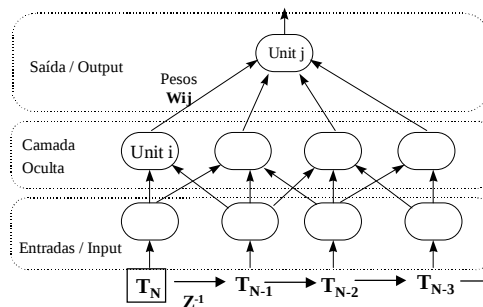
Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

1. MLP

- BPTT - Back-Propagation Through Time
- TDNN – Time Delay Neural Networks (*Feed-Forward*)
- SRN – Simple Recurrent Nets (Elman Nets)
- Recurrent Jordan Nets
- NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model
- RCC - Recurrent Cascade Correlation

*** TDNN – Time Delay Neural Networks**



Entradas
Desdobradas
No Tempo... Algoritmo BP Normal

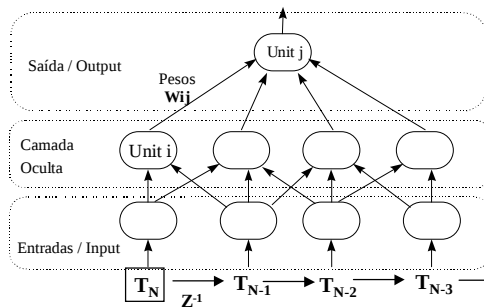
$I_1 I_2 I_3 [t_i]$
 $I_1 I_2 I_3 [t_{i-1}]$ atraso Z^{-1}
 $I_1 I_2 I_3 [t_{i-2}]$ atraso Z^{-1}
 $I_1 I_2 I_3 [t_{i-3}]$ atraso Z^{-1}
 $I_1 I_2 I_3 I_4 I_5 I_6 I_7 I_8 I_9 I_{10} I_{11} I_{12}$

“shift” no tempo

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

*** TDNN – Time Delay Neural Networks**



Entradas
Desdobradas
No Tempo... Algoritmo BP Normal

$I_1 I_2 I_3 [t_i]$
 $I_1 I_2 I_3 [t_{i-1}]$ atraso Z^{-1}
 $I_1 I_2 I_3 [t_{i-2}]$ atraso Z^{-1}
 $I_1 I_2 I_3 [t_{i-3}]$ atraso Z^{-1}
 $I_1 I_2 I_3 I_4 I_5 I_6 I_7 I_8 I_9 I_{10} I_{11} I_{12}$

“shift” no tempo

Aplicação:

• **ROBÓTICA:** $E(t_0) \rightarrow E(t_1) \rightarrow E(t_2) \rightarrow E(t_3) \rightarrow E(t_4)$
 Prox. Muro Esa. Não vê obstáculo Prox. Muro Dir. Não vê obstáculo Muro Esq.

Dotar a rede neural de uma “memória” dos estados passados (contexto temporal)

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

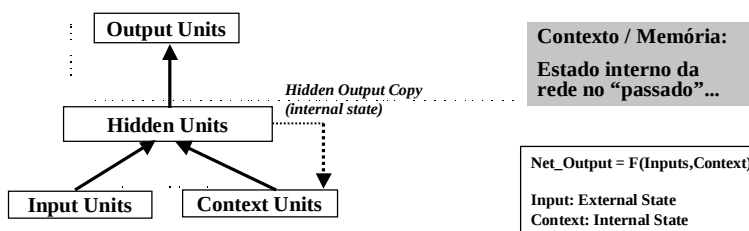
Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

1. MLP

- BPTT - Back-Propagation Through Time
- TDNN – Time Delay Neural Networks (*Feed-Forward*)
- SRN – Simple Recurrent Nets (Elman Nets)
- Recurrent Jordan Nets
- NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model
- RCC - Recurrent Cascade Correlation

*** SRN – Simple Recurrent Networks (Elman Nets)**



F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

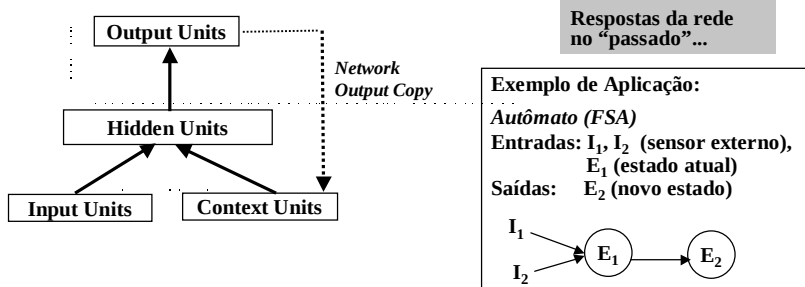
Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

1. MLP

- BPTT - Back-Propagation Through Time
- TDNN – Time Delay Neural Networks (*Feed-Forward*)
- SRN – Simple Recurrent Nets (Elman Nets)
- Recurrent Jordan Nets
- NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model
- RCC - Recurrent Cascade Correlation

*** Recurrent Jordan Nets**



F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

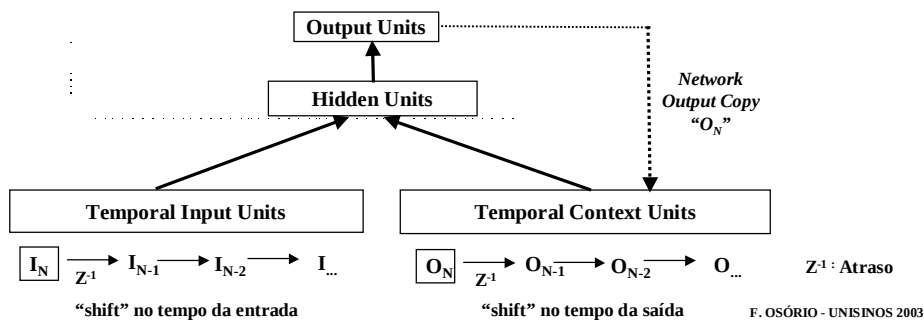
Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

1. MLP

- BPTT - Back-Propagation Through Time
- TDNN – Time Delay Neural Networks (*Feed-Forward*)
- SRN – Simple Recurrent Nets (Elman Nets)
- Recurrent Jordan Nets
- NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model
- RCC - Recurrent Cascade Correlation

*** NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model**

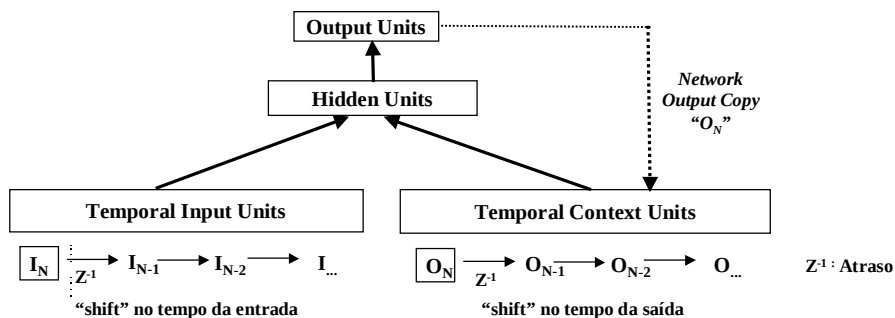


TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

*** NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model**



Aplicações:

- Com contexto de entrada (passado recente)
- Com contexto de saída (estado/decisões recentes)
- Memória do passado: sensores e ações! [Agente Inteligente]

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

1. MLP

- BPTT - Back-Propagation Through Time
- TDNN – Time Delay Neural Networks (*Feed-Forward*)
- SRN – Simple Recurrent Nets (Elman Nets)
- Recurrent Jordan Nets
- NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model
- RCC - Recurrent Cascade Correlation

*** RCC – Recurrent Cascade Correlation**

RCC – Scott Fahlman:

“Builds up a finite-state machine”... Ajustada ao problema dado e configurada pelo aprendizado

CasCor original => Não tem uma memória de curto prazo
Generaliza regras, mas não lembra do passado recente!

RCC: Baseado no CasCor + Elman Nets

Cria uma máquina de estados, onde a recorrência está no próprio neurônio

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

*** RCC – Recurrent Cascade Correlation**

RCC: Baseado no CasCor + Elman Nets

Cria uma máquina de estados, onde a recorrência está no próprio neurônio

- Uma unidade é congelada e não pode ser mais alterada ou receber conexões novas;
- Laços são necessários para tratar as informações temporais!
- Unidades ocultas possuem uma recorrência => recorrência no próprio neurônio!

SOLUÇÃO:

- UNIDADES OCULTAS COM RECORRÊNCIA!



||=

VARIÁVEL DE
ESTADO DO
R.S.A.

- FLIP-FLOP : RETÉM o ESTADO $W_R >> 0$
- OSCILADOR : MUDA TODO TEMPO $W_R < 0$
- PORTA : ENTRA-SAI $W_R \approx 0$

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

*** RCC – Recurrent Cascade Correlation**

*** APLICAÇÕES PRÁTICAS:**

• GRAMÁTICA

BTSSXXUPSE

B → T (0.7) PREVER!
T → S (0.65)
⋮

• CÓDIGO MORSE

1 ENTRADA → • = 10 / - = 110 / FIM-DE-SEQ. = 00
SEQUÊNCIA DE BITS
(FIM CHAR)

27 SAÍDAS → 26 LETRAS + FIM DE LETRA

EXEMPLO: 1010101100 = LETRA V
...-

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

Modelos recorrentes

*** APLICAÇÕES DAS REDES RECORRENTES**

- PROCESSAMENTO DE DADOS QUE DEPENDEM DO TEMPO:
(1 ou mais "PASSOS DE TEMPO")

$$X_t = F(X_{t-1}) + F(X_{t-2}) + F(X_{t-3}) + \dots$$

- SÉRIES TEMPORAIS:

EXEMPLO → COTAÇÕES DA BOLSA DE VALORES
POSICÃO = POSIÇÃO ANTERIOR + DESLOCAMENTO

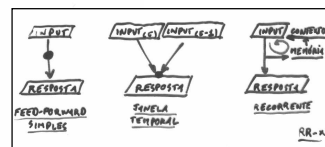
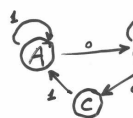
- DETECÇÃO DE REGULARIDADES:

GRAMÁTICA: A → B
B → CD
D → X
C → Y

EXEMPLO DE LINGUAGEM:
AABOC → YXYXYXY
LINGUAGEM NATURAL?

AUTÔMATOS FINITOS:

1111011111011010
A B C A B



RECORRÊNCIA:

- ⇒ MEMÓRIA
- ⇒ DINÂMICA DO SISTEMA
- ⇒ TEMPO

*** SISTEMAS DINÂMICOS:**

EXEMPLOS: Robótica Autônoma → SENHA UM MUNDO (PARA DE CONTRO)
LAPAS CONJUGAMENTAIS (COTA-ORA-COTA-ORA)
ATRATORES → EVOLUÇÃO CONTÍNUA

Na prática: - ESTIMATIVA DO Nº DE ALUNOS PARA TURMA NA UNISINOS
- ESTIMATIVA DE VEDUAS (JORNALIS, SAPATOS, ...)
- ESTIMATIVA DE CONTINUA

TEMAS DE ESTUDO: *Aprendizado Neural – Processamento Temporal e Recorrente*

Modelos não recorrentes

***RNA Feed-Forward: MLP - Backpropagation, RProp, CasCor (HiperPlanos)
RBF – Radial Basis Function (Clusters)***

Modelos recorrentes

RNA com Feed-Back, RNA com Conexões Laterais (vizinhos), RNA x Tempo

1. MLP

- **BPTT - Back-Propagation Through Time**
- **TDNN – Time Delay Neural Networks (*Feed-Forward*)**
- **SRN – Simple Recurrent Nets (Elman Nets)**
- **Recurrent Jordan Nets**
- **NARX – NonLinear AutoRegressive with Exogenous Inputs Model**
- **RCC - Recurrent Cascade Correlation**

2. Outros modelos

- **Mapas de Kohonen – SOM, SOFM (Self-Organizing Feature Maps)**
- **Hopfield – Memórias Auto-Associativas**
- **BAM – Memórias Associativas Bidirecionais**
- **ART (ART1, ART2, ART-MAP, FuzzyART-MAP, ...) – Protótipos**

F. OSÓRIO - UNISINOS 2003