

Disciplina PSI 3471 – Profs. Emilio e Hae - 2017

- Fundamentos de Sistemas Eletrônicos Inteligentes
- Segundas (11:10) e Quartas feiras (7:30)
- Sala B2-09

- Prof. Emilio Del Moral Hernandez
- emilio@lsi.usp.br
- Prof. Hae Y. Kim
- hae@lps.usp.br

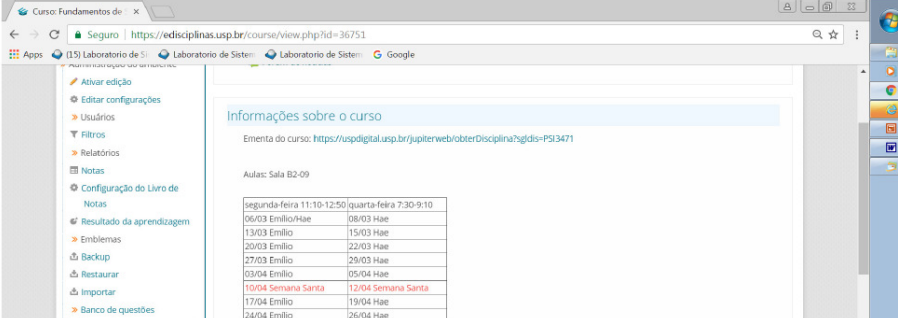
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Extratos do Jupiter e STOA ...

Programa – PSI 3471 – Fundamentos de Sistemas Eletrônicos Inteligentes

Aprendizagem de máquina supervisionada, reconhecimento de padrões, classificação e regressão não linear multivariada, com aplicações em voz, imagens e fusão de informação em matrizes de sensores; Conceitos em imagens; Operações com pixels; operações de vizinhança; Transformações geométricas, multiresolução e casamento de padrões; Aplicações de aprendizagem de máquina em visão computacional.

STOA



Curso: Fundamentos de ...

Seguro | <https://disciplinas.usp.br/course/view.php?id=36751>

Apps (15) Laboratório de S... Laboratório de Sist... Laboratório de Sist... Google

Ativar edição
Editar configurações
Usuários
Filtros
Relatórios
Notas
Configuração do Livro de
Notas
Resultado da aprendizagem
Emblemas
Backup
Restaurar
Importar
Banco de questões

Informações sobre o curso

EMENTA do curso: <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?gds=PSI3471>

Aulas: Sala B2-09

segunda-feira 11:10-12:50	quarta-feira 7:30-9:10
06/03 Emilio/Hae	08/03 Hae
13/03 Emilio	15/03 Hae
20/03 Emilio	22/03 Hae
27/03 Emilio	29/03 Hae
03/04 Emilio	05/04 Hae
10/04 Semana Santa	12/04 Semana Santa
17/04 Emilio	19/04 Hae
24/04 Emilio	26/04 Hae

edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=36751

Laboratorio de Sistem Laboratorio de Sistem Google

Informações sobre o curso

Ementa do curso: <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/obterDisciplina?sgldis=PSI3471>

Aulas: Sala B2-09

segunda-feira 11:10-12:50	quarta-feira 7:30-9:10
06/03 Emilio/Hae	08/03 Hae
13/03 Emilio	15/03 Hae
20/03 Emilio	22/03 Hae
27/03 Emilio	29/03 Hae
03/04 Emilio	05/04 Hae
10/04 Semana Santa	12/04 Semana Santa
17/04 Emilio	19/04 Hae
24/04 Emilio	26/04 Hae
01/05 Dia do Trabalho	03/05 Semana de Provas
08/05 Semana de Provas	10/05 Emilio
15/05 Hae	17/05 Emilio
22/05 Hae	24/05 Emilio
29/05 Hae	31/05 Emilio
05/06 Hae	07/06 Emilio
12/06 Hae	14/06 Emilio
19/06 Hae	21/06 Emilio
26/06 Semana de Provas	28/06 Semana de Provas

Critério de nota:
 MFinal = (MP+MEx)/2
 Média das Provas: MP=(P1+P2)/2
 Média dos Exercícios: MEx

PSub somente em caráter excepcional para quem justificar a falta numa das duas provas (doença, luto, etc). No dia a combinar.

Tópicos:

- Aprendizagem de máquina supervisionada: redes neurais, classificação por vizinhos mais próximos e técnicas supervisionadas similares.
- Reconhecimento de padrões,
 - classificação e
 - regressão não linear multivariada,
 - com aplicações em voz,
 - imagens e
 - fusão de informação em matrizes de sensores.
- Extração de características de informações complexas (imagens, vídeo, voz, sistemas multissensores, sinais biológicos)
- técnicas de redução de dimensionalidade: análise de componentes principais;
- análise harmônica; análise wavelet;
- ganho de informação.
- Técnicas de avaliação de qualidade:
 - validação cruzada;
 - k-fold cross validation;
 - curvas ROC em sistemas com limiar de decisão variável;
 - matrizes de confusão; sensibilidade e especificidade;
 - medidas de qualidade em regressão não linear multivariada.

ICONE – EPUSP: Grupo de Inteligência Computacional, Modelagem e Neurocomputação Eletrônica

Prof. Dr. Emilio Del Moral Hernandez

Graduação em Engenharia Elétrica na EPUSP

Doutorado em Engenharia Elétrica pela
University of Pennsylvania (Upenn – Philadelphia)

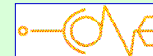


Livre Docente da EPUSP, na área de
Neurocomputação Eletrônica e Sistemas Adaptativos

Atuante no IEEE e nas atividades técnicas da IEEE - CIS

Contato: emilio.delmoral@usp.br / emilio@lsi.usp.br

Website do Grupo: www.lsi.usp.br/ICONE



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

... seguindo (+ tópicos):

- Seleção de características e dimensionamento de reconhededores e regressores para limitação do sobreaprendizado (overfitting).
- Operações com pixels: sistemas de cores; histograma; limiarização.
- Operações de vizinhança: filtro linear; convolução; derivadas; Fourier; correlação cruzada normalizada; "template matching"; morfologia; filtro mediana.
- Transformações geométricas. Multi-resolução; pirâmide e espaço de escala; detecção de objetos robusta a mudança de escala.
- Uso de aprendizagem de máquina em visão computacional (ex: reconhecimento de dígitos manuscritos, projeto automático de filtros).

Bibliografia

[1] Simon Haykin, "Redes Neurais: Princípios e Práticas", Bookman, 2001. [2] Simon Haykin, "Neural Networks and Learning Machines," Prentice Hall 2008. [3] R. O. Duda, P. E. Hart and D. G. Stork. "Pattern Classification", Wiley, 2001. [4] Cesare Alippi, "Intelligence for Embedded Systems, a Methodological Approach", Springer 2014. [5] André Fábio Kohn, "Reconhecimento de Padrões: uma Abordagem Estatística", Edição PEE/USP, 1998. [6] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, "Digital Image Processing, Second Edition," Prentice-Hall, 2002. [7] G. Bradski and A. Kaehler, "Learning OpenCV - Computer Vision with the OpenCV Library," O'Reilly, 2008. [8] Richard Szeliski, "Computer Vision: Algorithms and Applications," (Texts in Computer Science), Springer, 2010.

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Alguns dos focos / classes específicas de aplicação que são alvos do curso

21

- Modelagem envolvendo sistemas com múltiplas variáveis
- Uso de ferramentas que possibilitem representação de fenômenos não lineares (*além* dos lineares)
- Reconhecimento / Identificação / Classificação de “objetos” a partir de medidas múltiplas (vindas de múltiplos sensores, por exemplo)
- Regressão / previsão / estimação de grandezas analógicas a partir de medidas correlacionadas com tal grandeza
- Exploração de elementos para “automação parcial” da modelagem, via aprendizado de máquina

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

22

Um hipotético universo de variáveis interdependentes, passível de modelagem/ens

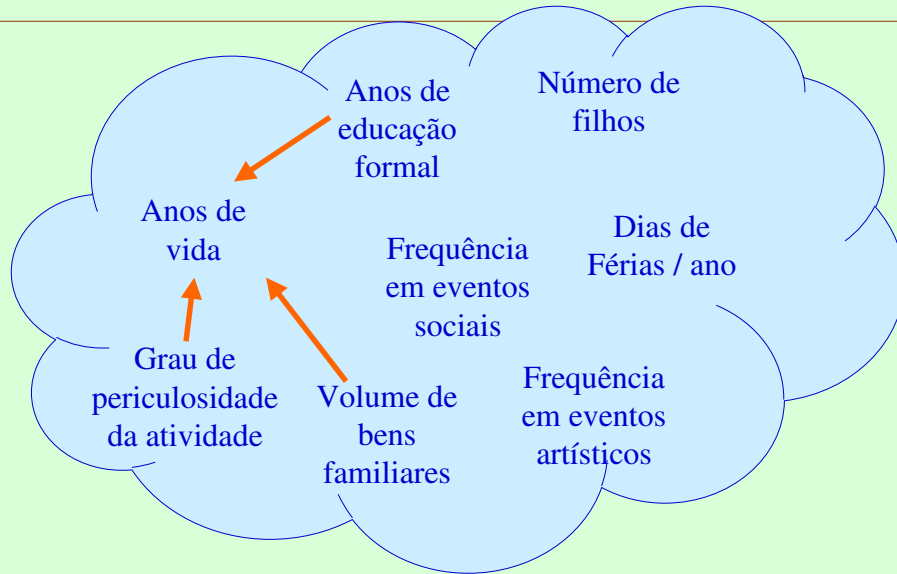
21



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

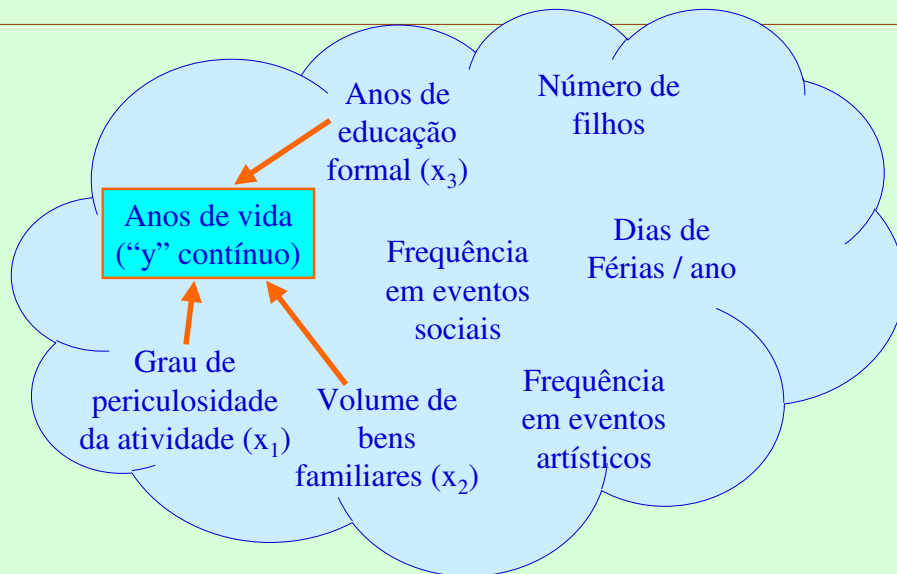
22

Um hipotético universo de variáveis interdependentes, passível de modelagem/ens



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

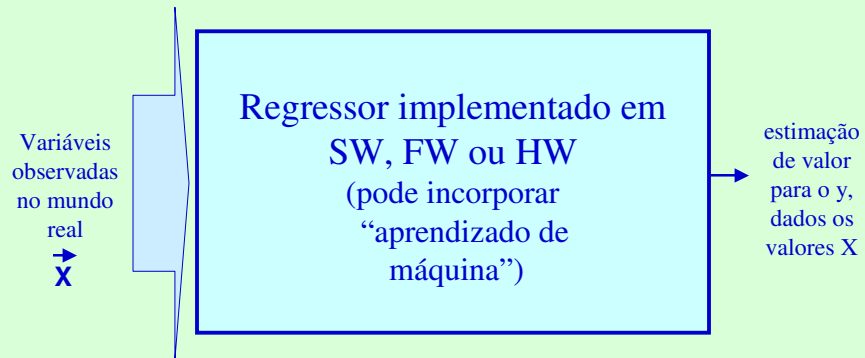
Um hipotético universo de variáveis interdependentes, passível de modelagem/ens



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Regressor multivariado (em sw, fw ou hw)

26



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

26

Algumas possibilidades para regressão linear sobre dados empíricos do universo de valores $(x_1, x_2, x_3, y) \dots$

27

- Modelagem por reta média (considerando por exemplo unicamente a variável x_1 como impactante significativo em y)
- Modelagem por plano médio (considerando x_1 e x_2)
- Modelagem por hiperplano médio (x_1, x_2 e x_3)

Discutamos em lousa alguma formulação matemática ...

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

27

Relembrando as duas classes de aplicação alvo a serem abordadas no curso

28

- Regressão multivariada (linear e não linear)
- Reconhecimento automático de padrões ...

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

28

Passemos a elaborar agora uma situação hipotética de reconhecimento de padrões (y discreto), em lugar de regressão multivariada (y contínuo) ...

29

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

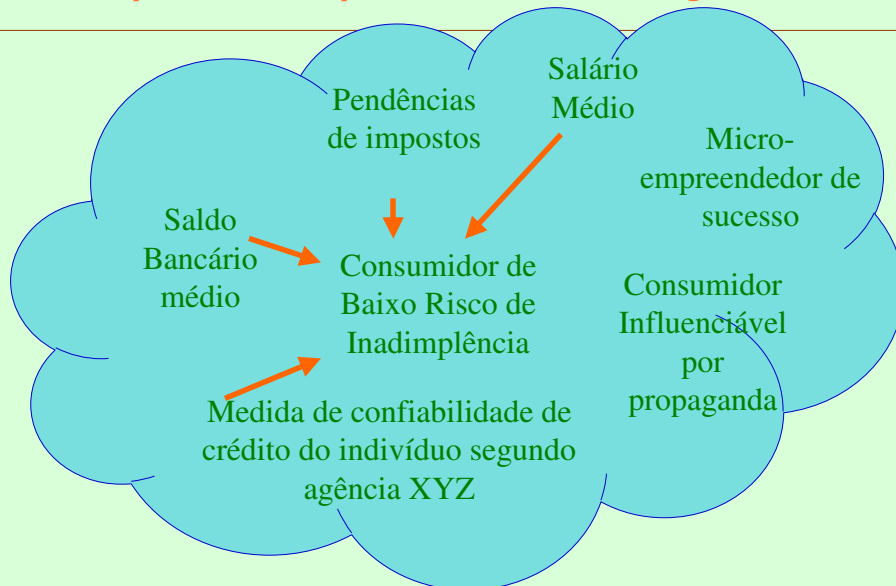
29

Um hipotético universo de variáveis interdependentes, passível de modelagem/ens



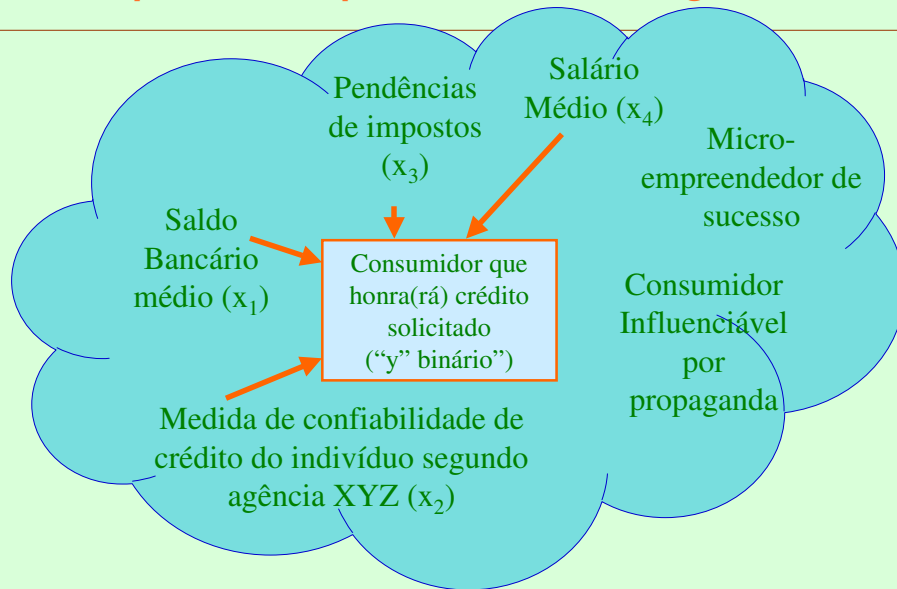
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Um hipotético universo de variáveis interdependentes, passível de modelagem/ens



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

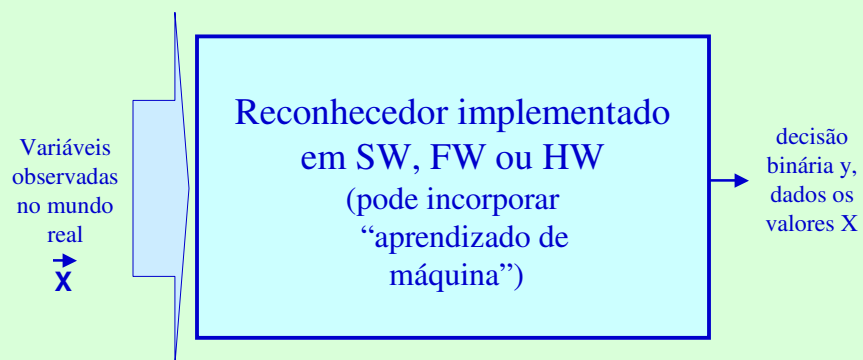
Um hipotético universo de variáveis interdependentes, passível de modelagem/ens



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

22

Detector / reconhecedor multivariado (em sw, fw ou hw)



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

23

Abrindo o leque de aplicações alvo a serem abordadas no curso

34

- Regressão multivariada (linear e não linear)
- Reconhecimento automático de padrões ...
 - Detecção de padrões relevantes: reconhecimento binário
 - Reconhecimento multiclass

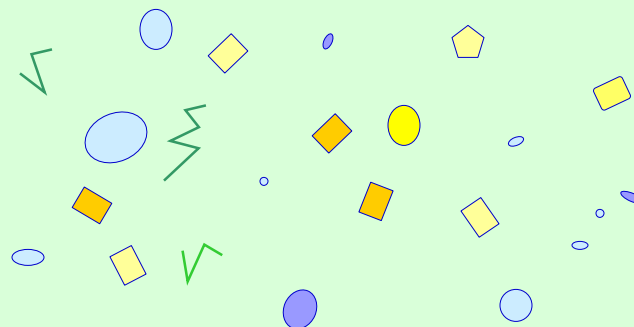
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

34

Uma metáfora para a tarefa de classificação de padrões genérica ou multiclass (classificação não binária)...

35

Universo de objetos observados ...



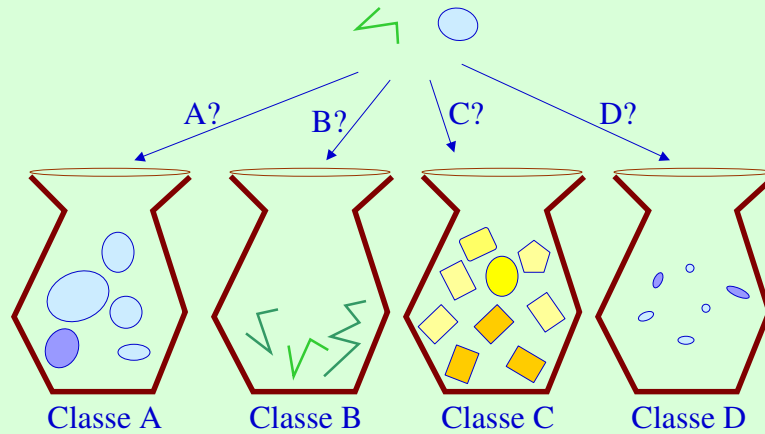
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

35

Uma metáfora para a tarefa de classificação de padrões genérica ou multiclases (classificação não binária)...

37

Um dado objeto específico observado é de que tipo ?

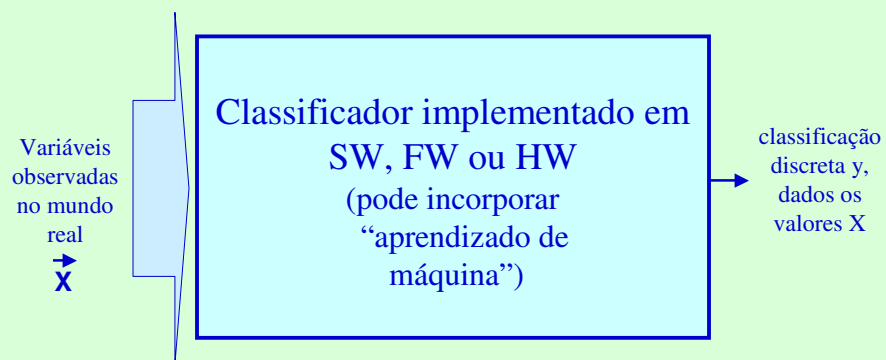


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

37

Classificador multivariado (em sw, fw ou hw)

38



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

38

Alguns exemplos de sistemas de reconhecimento e de regressão multivariada, com os quais tive contato e que empregaram redes neurais e técnicas relacionadas

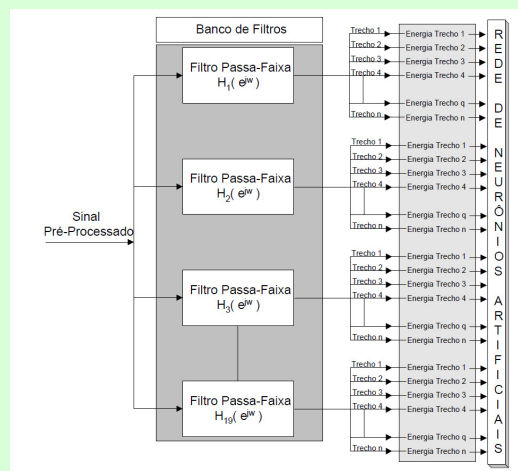
19

PSI2672 – Rec Padrões, Modelagem, Redes Neurais – Prof. Emilio Del Moral Hernandez – © 2016

41

TCC em Reconhecimento de comandos de voz (Daniel e Gabriel) – sobe, desce, esquerda, direita

42



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

42

Medida de qualidade do reconhecedor de comandos de voz ensaiado ...

43

amostra \ resultado	SOBE	DESCE	ESQUERDA	DIREITA
SOBE	85%	0%	15%	0%
DESCE	0%	100%	0%	0%
ESQUERDA	0%	0%	80%	20%
DIREITA	0%	0%	10%	90%

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

43

Exemplo de modelagem / reconhecimento automático de padrões ... (tese de Liselene / Prof Miguel)

45

O procedimento de detecção do Vazamento

- * Haste de escuta
- * Correlacionador de ruído
- * Geofone



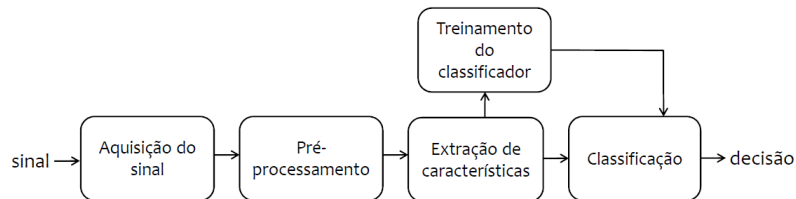
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

45

Exemplo de modelagem / reconhecimento automático de padrões ... (tese de Liselene / Prof Miguel)

46

Sistema de Detecção de Vazamento

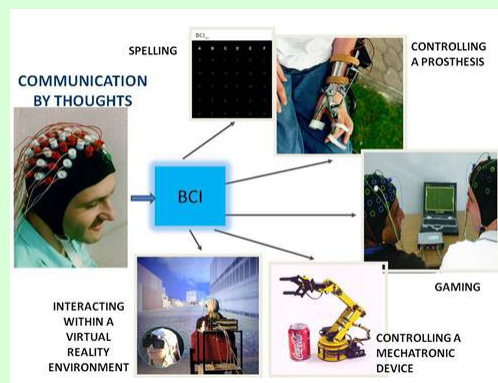


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

46

Brain Computer Interfaces ... “um amplo parênteses” ...

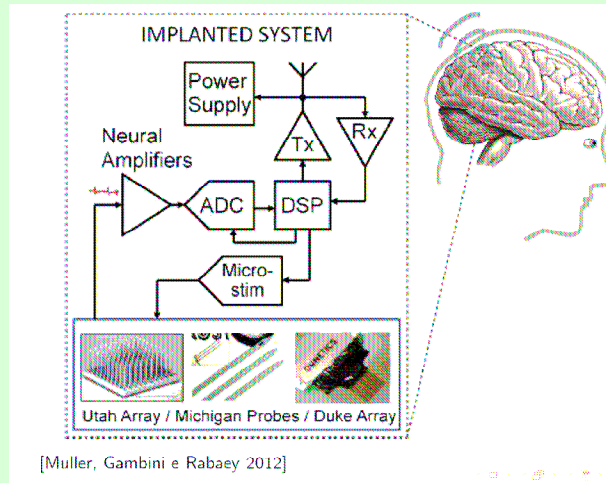
47



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

47

Brain Computer Interfaces – área do trabalho do doutorando Julio Cesar Saldaña



Slide - Contribuição de Julio Cesar Saldaña - EPUSP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Sistemas Implantáveis de Registro Neural e BCIs

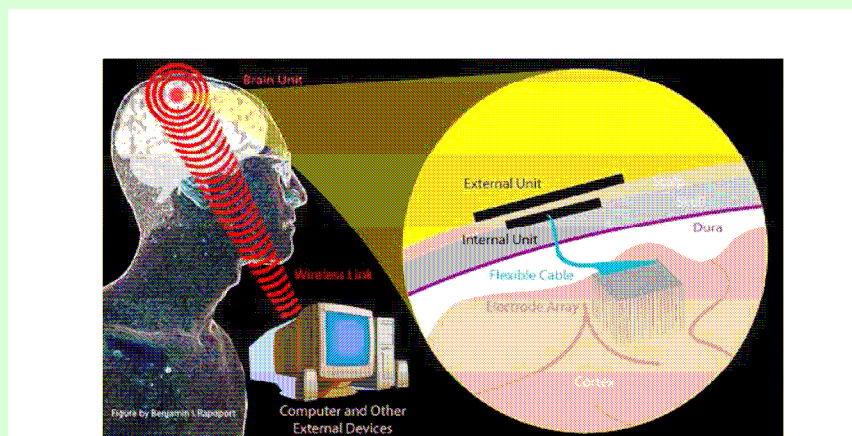


Figura 1: Imagem extraída do site do pesquisador Benjamin I. Rapoport

Slide - Contribuição de Julio Cesar Saldaña - EPUSP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Sistemas Implantáveis de Registro Neural e BCIs

51

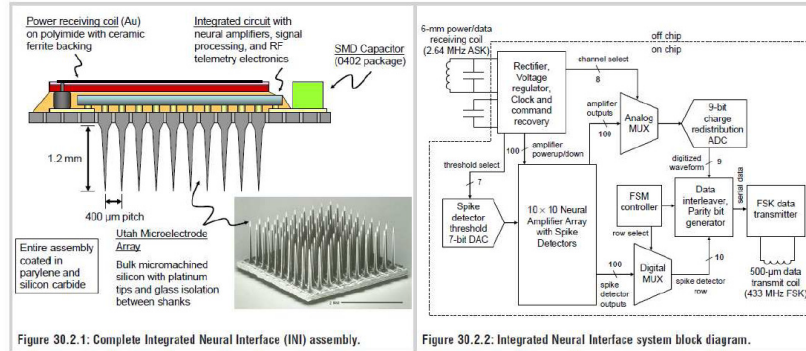


Figure 30.2.1: Complete Integrated Neural Interface (INI) assembly.

Figure 30.2.2: Integrated Neural Interface system block diagram.

[Harrison et al. 2006], [Harrison et al. 2007]

Slide - Contribuição de Julio Cesar Saldaña - EPUSP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

51

Brain Computer Interfaces

52

Separação de impulsos elétricos ou Spike Sorting

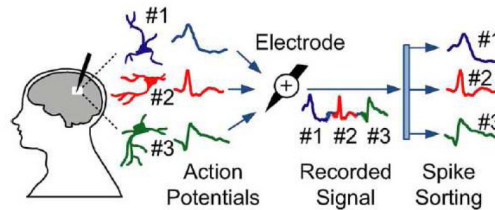


Figura 6: Extraída do artigo [Karkare, Gibson e Markovic 2013] (JSSC, Set. 2013)

Slide - Contribuição de Julio Cesar Saldaña - EPUSP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

52

Alguns exemplos de projetos de PSI 2672-EC2 em anos anteriores (2011 a 2016); Na EC3 no 5o ano temos uma disciplina similar, a PSI 3571-EC3.

Exemplos de projetos concebidos e realizados por alunos da disciplina PSI-2672

PSI 2672 - Práticas em Reconhecimento de Padrões, Modelagem e Neurocomputação [jupiter](#)

material
bibliografia
exemplos

2011

Projetos finais:

1. Classificação em gêneros musicais ([gr_I_apresentacao_Musicas.pdf](#))
2. Implementação de um sistema para correção da medida de um sensor de pressão diferencial ([gr_II_Apresentacao_ma_sensor_pressao_03_01.pdf](#))
3. Análise da qualidade dos vinhos a partir de testes físico-químicos ([gr_III_apresentacao_PSI2672 - Análise de vinhos.pdf](#))
4. Reconhecimento de placas de trânsito ([gr_IV_apresentacao_Reconhecimento_de_placas.pdf](#))
5. Reconhecedor de alcoolismo ([gr_V_apresentacao_Reconhecedor Alcoolismo.pdf](#))
6. Língua eletrônica ([gr_VI_apresentação_lingua_eletronica.pdf](#))
7. Reconhecimento de dígitos ([gr_VII_apresentacao_Reconhecedor de digitos.pdf](#))

Informações sobre o programa do curso: [Programa_PSI2672_2011.pdf](#)

Classificação automática de generos musicais

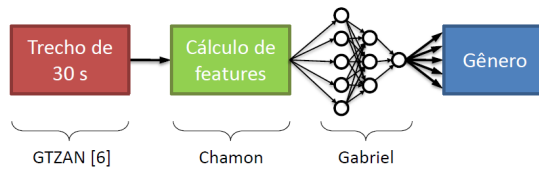
53

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Categorizar músicas em gêneros automaticamente baseado em trechos de suas gravações e exemplos rotulados *a priori*

- 1) Blues
- 2) Classical
- 3) Country
- 4) Disco
- 5) Hip-Hop
- 6) Jazz
- 7) Metal
- 8) Pop
- 9) Reggae
- 10) Rock

A SOLUÇÃO



projeto de alunos em PSI-2672

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

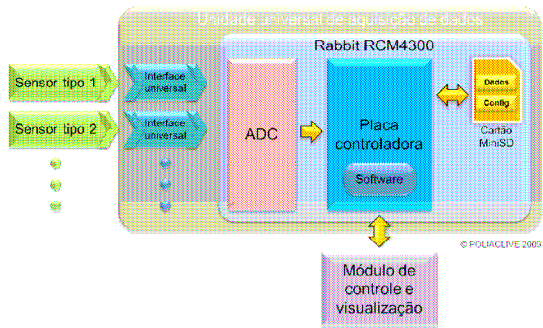
55

Sistema de fusão de sensores: por exemplo pressão e temperatura

54

Introdução

Eletrônica embarcada



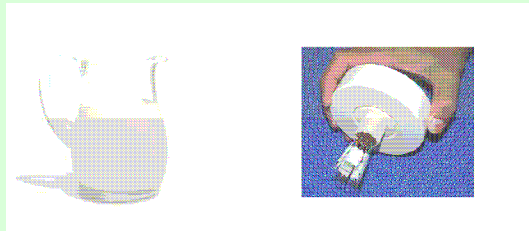
projeto de alunos em PSI-2672

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

56

Língua Eletrônica para controle de qualidade alimentar e detecção de substâncias nocivas

57



1. Gordura
2. Proteína
3. Lactose
4. pH

- Sistema com 4 sensores;
- Sistema com 5 frequências diferentes em cada sensor;
 - $4 \times 5 = 20$ entradas para a RNA

projeto de alunos em PSI-2672

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

57

Seguidor do alvo dos olhos na tela do computador

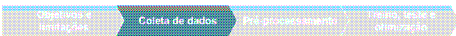
58

Eye-tracker – Definição do problema

"Utilizar técnicas neurais para determinar a posição (x,y) para a qual os olhos do usuário estão apontados na tela"



Coleta de dados

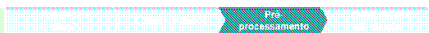


Método semi-automático de coleta de dados:

- Divisão da tela do computador em 25 quadrantes
- Para cada quadrante, tirar 20 fotos do olho (somente do olho, não do rosto todo!) apontando para a posição (com ajuda de software para tirar fotos e salvá-las)

Total de elementos da amostra: 500 fotos

Pré-processamento



projeto de alunos em PSI-2672

58

Inventário de Projetos Desenvolvidos em PSI 2672 - Práticas em Reconhecimento de Padrões, Modelagem e Neurocomputação, nas 6 turmas de 2011 a 2016
prof. Emilio Del Moral Hernandez

Ano 2016

Cancelador ativo de ruído
Classificação de fibrilação atrial a partir de eletrocardiograma
Classificador de movimentos a partir de acelerômetro vestível
Estimador de Valor de Ações (Flutuações Financeiras e Predição)
Estimador de desempenho em redação (desempenho escolar)
Medidor da qualidade da água
Reconhecedor de dígitos de placas de veículos
Reconhecedor de imagens de frutas
Rec. da intenção de mover a mão direita e a esquerda a partir de sinais cerebrais

Ano 2015

Estimador do valor de fechamento das ações da Petrobras
Classificador de instrumentos musicais
Regressor embarcado para ventilação inteligente
Solar Power Production Estimation (Software for a Smart Metering device)
Reconhecedor de Objetos em Imagens Digitais
Reconhecimento de Folhas a Partir de Fotos com Fundo Branco
Benchmark de CPUs: um regressor multivariado de desempenho
Reconhecedor de caracteres: um classificador de padrões
Reconhecedor de acordes musicais: um classificador de padrões
Detecção de Fraudes em Compras no Cartão
Padrões nos Sobreviventes e Vítimas do Titanic
Estimador de pigmentos para tintas a partir de uma amostra

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Ano 2014

Identificador de sistema dinâmico
Previsor Futebolístico
Eye tracker
Reconhecimento de placas de automóveis
Reconhecimento de padrões de consumo em aparelhos aplicado a Smart Grids
Estimativa de preços de carros
Classificador de cogumelos venenosos

Ano 2013

Classificação de sinais de EEG e relação com epilepsia
Estimador de consumo de eletricidade residencial
Análise Sentimental de notícias
Identificação de um Pixel Isolado em uma Imagem Simples
Preditor de sobrevivência em pacientes Cardíacos
Estimador do grau do mal de Parkinson
Classificador de idiomas

Ano 2012

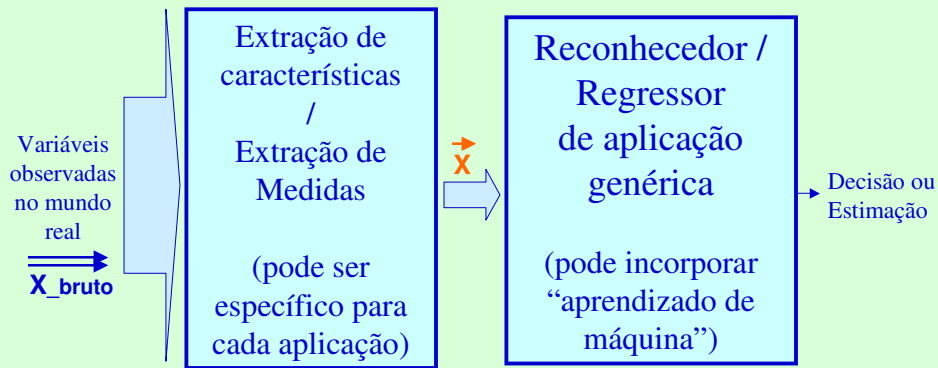
Classificação da Qualidade do Leite
Estimador de PH para amostras de vinho
Previsão de Ações na Bolsa de Valores (reconhecedor de padrões)
Previsão de Ações na Bolsa de Valores (estimador)
Reconhecedor de Combustível Adulterado

Ano 2011

Classificação em Gêneros Musicais
Estimador de Correção do Erro de um Sensor de Pressão Diferencial
Análise da qualidade de vinhos baseado em características físico-químicas
Sistema de reconhecimento de Placas de Trânsito
Reconhecedor de Alcoolismo e Sinais Cerebrais
Língua eletrônica para a determinação de propriedades do leite

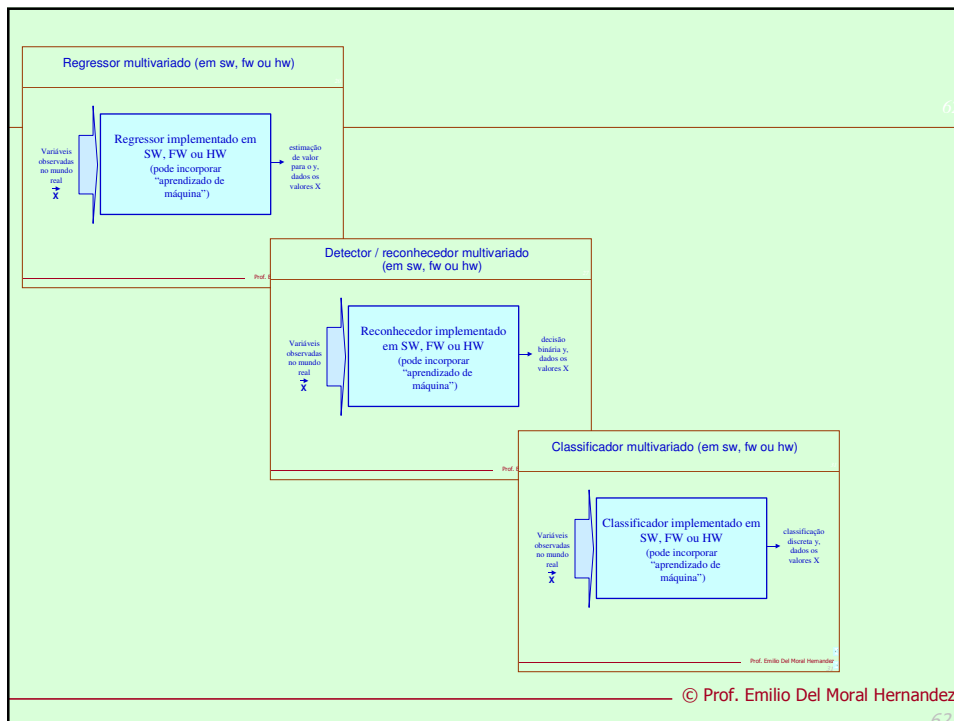
Elaborando uma Solução em dois estágios ...

61



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

61



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

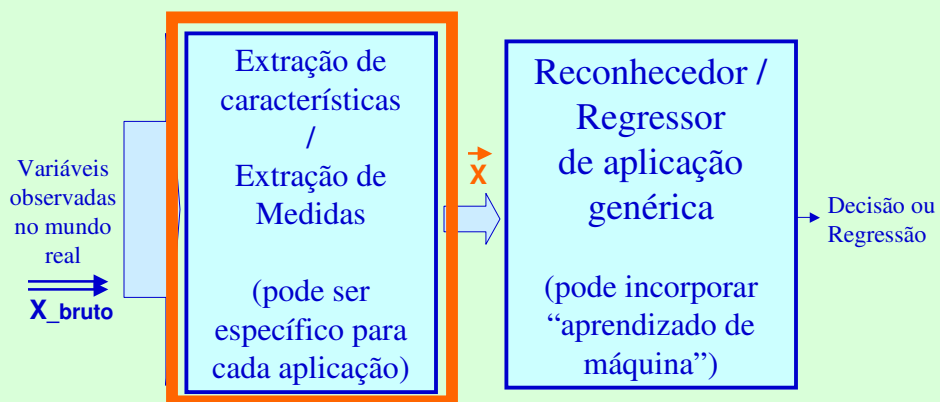
62

Alguns exemplos de grandezas componentes dos vetores de medidas \vec{X} :

- Grandezas macroscópicas como energia do sinal, amplitude, frequência média ...
- Componentes de diversas harmônicas (análise em frequência)
- Componentes de análise tempo-frequência
- Intensidades luminosas ou intensidades em canais de cor (RGB por ex.)
- Histogramas de intensidades
- Principal Components (componentes principais – PCA)
- Medidas sobre séries temporais (médias móveis, por exemplo; medidas de dispersão / instabilidade localizadas)
- Medidas específicas à aplicação, experimentadas em problemas similares ao seu, relatadas na literatura técnica como sendo de sucesso

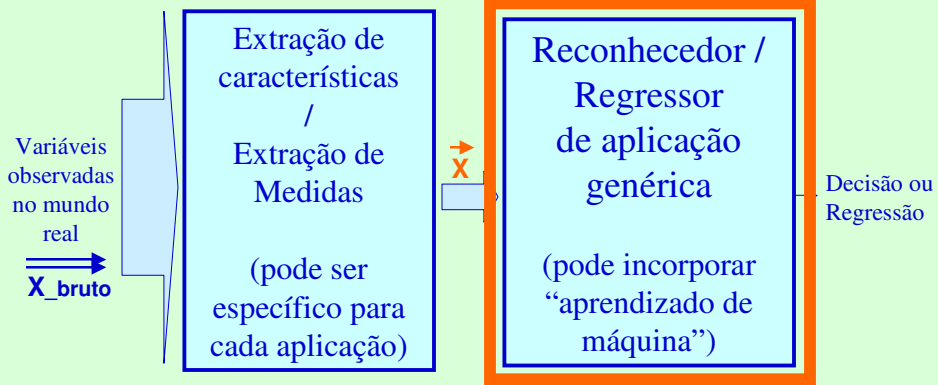
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

... O 1o estágio gera um Vetor de Medidas, \vec{X}
(o segundo estágio operará sobre tal vetor)



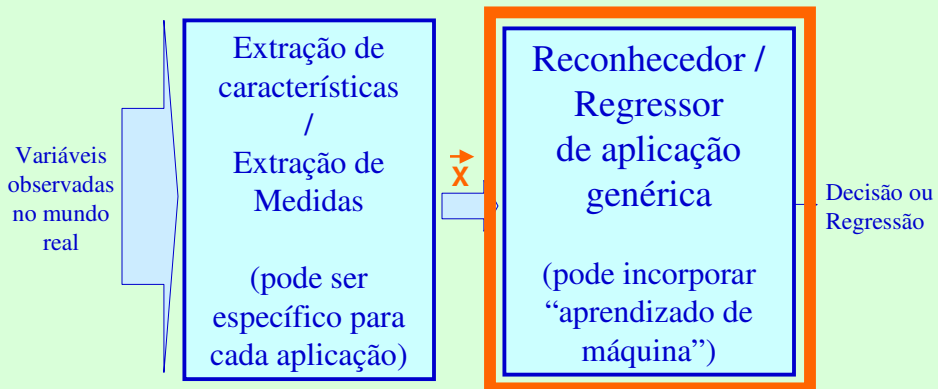
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

O segundo estágio opera sobre o Vetor de Medidas, \vec{X} (o 1o estágio gerou tal vetor)



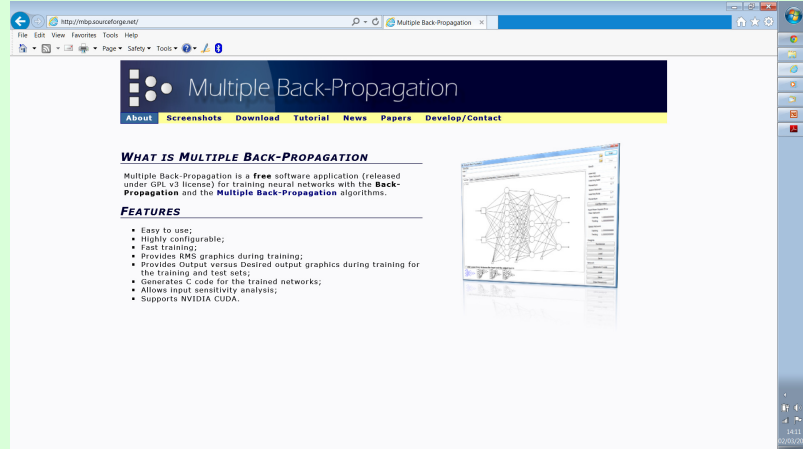
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

... possibilidade & conveniência de implementação do 2o estágio com Redes Neurais ...



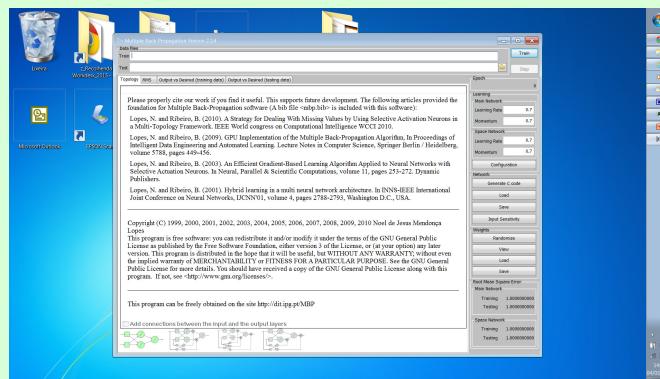
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

“Sugestão” ... visite os tutoriais do MBP - <http://mbp.sourceforge.net/> - e instale-o no seu computador windows.
 (Na C1-10, o plano é que ele esteja instalado na semana que vem)



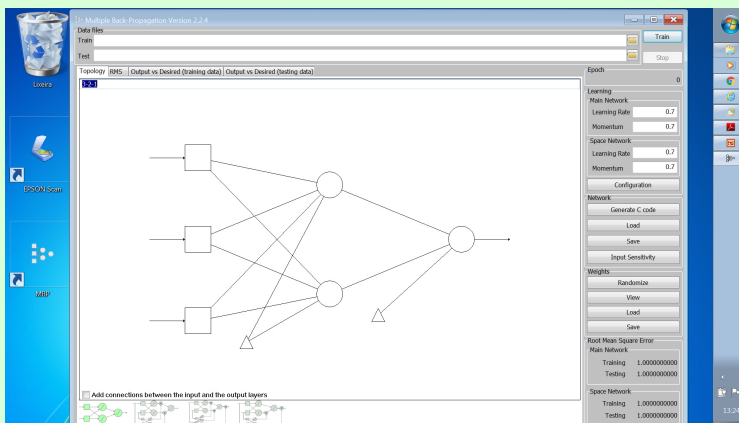
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Comece a usar o MBP em situações simples



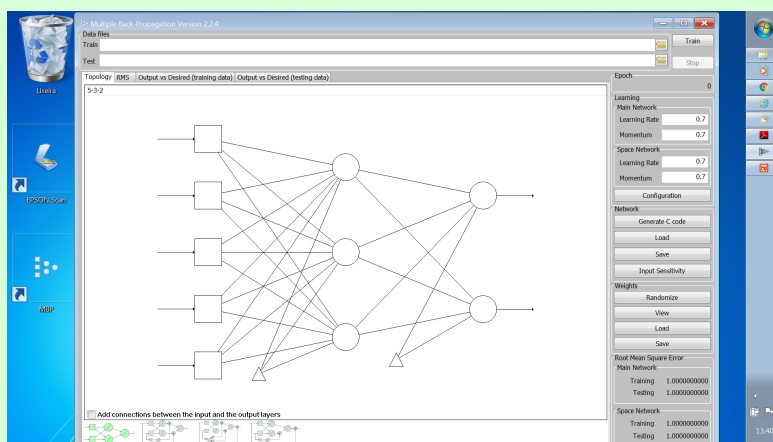
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Instale-o e digite "3-2-1" no campo Topology, ;-)



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Instale-o e digite "5-3-2" no campo Topology, ;-)



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

12 tutoriais curtos (~5 mins) narrados.
 Abra um browser e acesse ... <http://mbp.sourceforge.net/tutorial.html>

TUTORIAL

1. Introduction (includes the MBP Algorithm)
2. Creating the training and the test datasets
3. Defining the topology of the neural networks
4. Configuring the activation functions of the neurons
5. Defining the neural network learning configuration
6. Training a neural network - Part I (regression)
7. Training a neural network - Part II (classification)
8. Copying data and graphics
9. Initialize, view, save and load the neural network weights
10. Load and save a neural network
11. Generate C code from a trained neural network
12. Analyzing the input sensitivity of a neural network

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Elencando alguns empréstimos da biologia na Inteligência Computacional

- **Redes Neurais Artificiais – *nosso foco***
 - O processamento não linear dos neurônios
 - A plasticidade sináptica e o aprendizado
- **Lógica “Fuzzy” (Lógica Nebulosa)**
 - A representação de informação imprecisa – funções de pertinência (conjuntos nebulosos)
- **Computação Evolucionária**
 - A terminologia e os conceitos da evolução biológica: uma população composta por diversas soluções potenciais de um problema é refinada e evolui em novas gerações, que correspondem a novas populações de soluções potenciais, cada vez melhores

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Computação Bioinspirada, Computação Neural e Eletrônica Neuromórfica

76

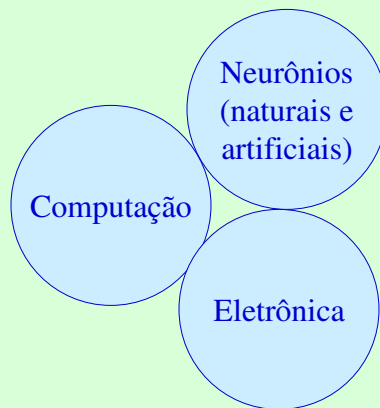
- Conjuga capacidades da inteligência biológica com os ambientes de computação, de processamento embarcado, de sensoriamento e de controle automático
- Emprega diferentes estratégias e metodologias, frequentemente integradas em sistemas híbridos
- Muitas vezes as duas seguintes vertentes caminham juntas (e particularmente em neurocomputação):
 - 1) Inspirar-se nos sistemas biológicos para delineamento de novos modelos de computação
 - 2) Emular ou substituir parcialmente as capacidades dos sistemas biológicos

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

76

... elementos que interligaremos

77



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

77

Redes Neurais Artificiais

São: sistemas computacionais, de implementação em hardware ou software, que imitam as habilidades computacionais do sistema nervoso biológico, usando um grande número de processadores simples (neurônios artificiais) e interconectados entre si.

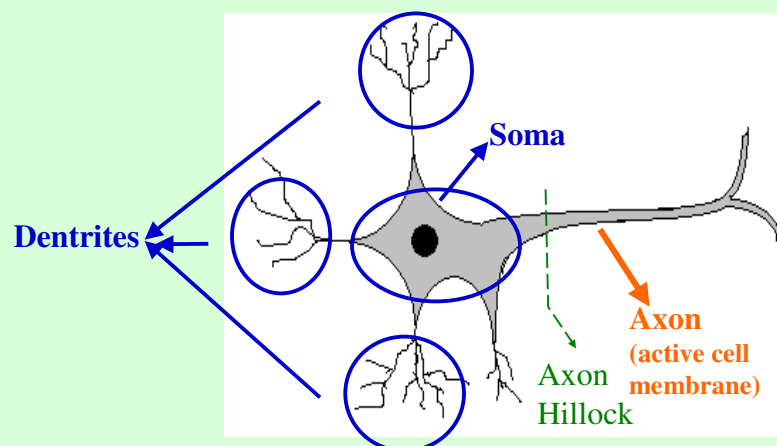
Emprestam da biologia:

- A estrutura de processamento microscópico (processamento de informação de neurônios individuais)
- Em algum grau, aspectos da organização de redes neurais biológicas – como os neurônios se interligam
- O aprendizado através de exemplos (através de casos)

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

78

Fundamentos ... O neurônio biológico

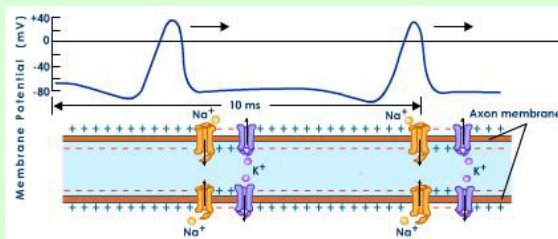
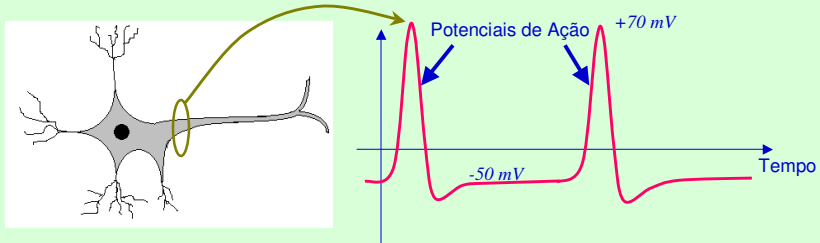


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

79

Action Potential generation and Propagation (Potenciais de Ação = nome técnico dos pulsos neurais)

80



... ions principais ...

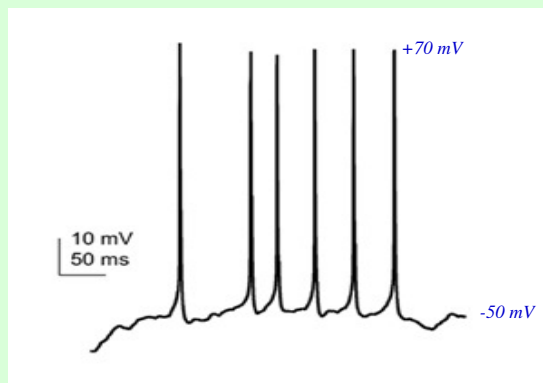
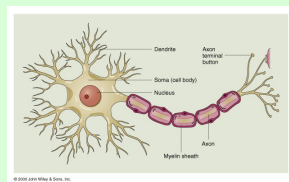
Sódio, Potássio, Cloro...

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

80

Como são os “potenciais de ação” medidos em axônios reais e sem estilização?

81

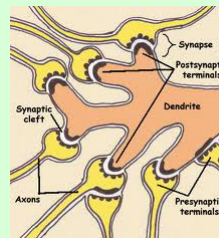
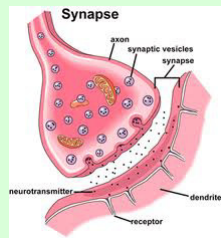


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

81

Sinapses

82

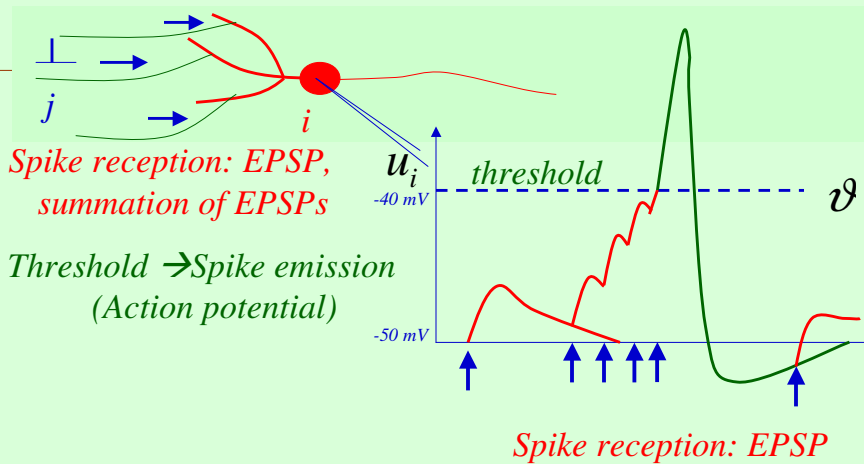


Conexões Sinápticas ... podem ser excitatórias ou inibitórias, mais fortes ou mais fracas, mais lentas ou mais rápidas, ... de acordo com o tipo (dopamina, serotonina, etc ...) e com a quantidade de neurotransmissores envolvidos.

Conceitos de Peso Sináptico e de Plasticidade Sináptica

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

82



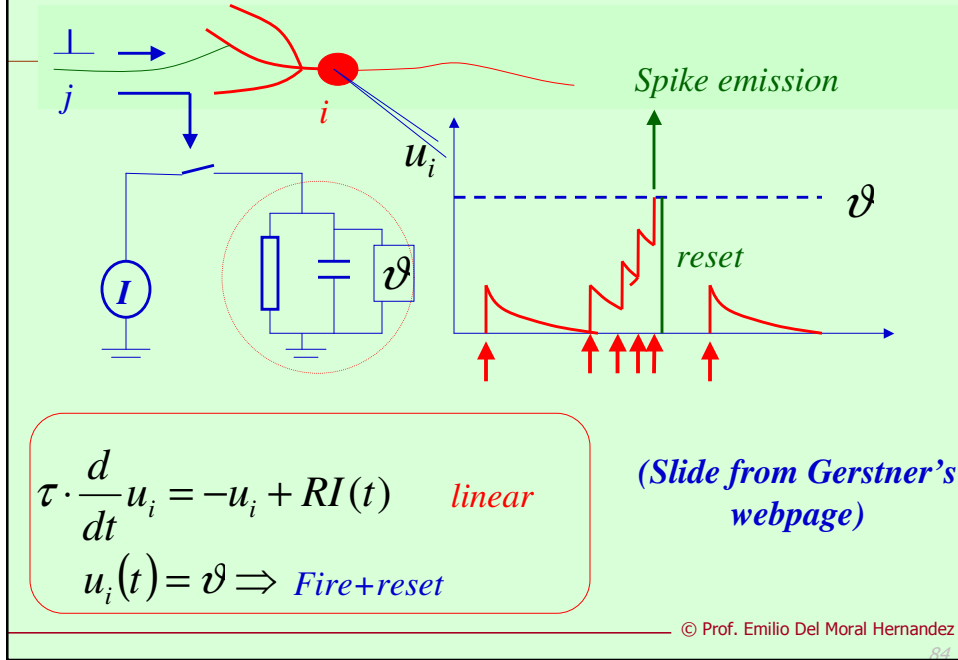
Phenomenology of spike generation

(Slide from Gerstner's webpage)

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

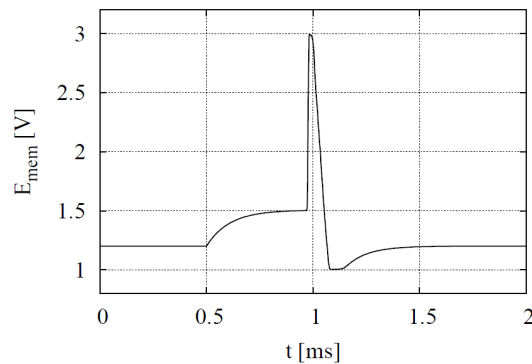
82

Integrate-and-fire Model and the Electronic Version



Sinal gerado por circuito com transistores CMOS, para codificação por pulsos neurais individuais

Potencial de ação gerado por neurônio CMOS



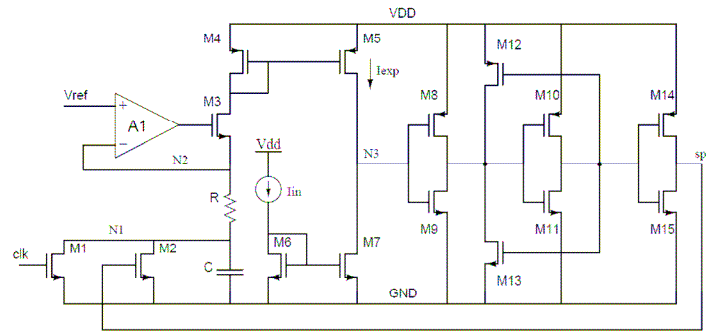
Prof. Emilio Del Moral Hernandez
 Grupo ICONE-EPUSP-PSI
 Trabalho de pós graduação de Julio Cesar Saldaña

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Circuito neuromórfico para codificação temporal de informação, em redes neurais pulsadas

86

Circuito codificador



*Prof. Emilio Del Moral Hernandez
Grupo ICON-EPUSP-PSI
Trabalho de pós graduação de Julio Cesar Saldaña*

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

86

Codificação de informação em neurônios biológicos

88

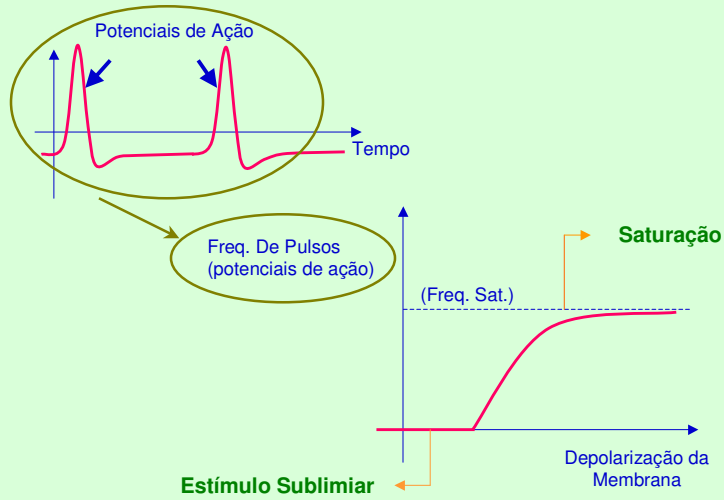
- Frequencial
- Phase
- Sincronização
- ??? Outros ???

- Os modelos neurais mais clássicos >>>
Predominantemente codificação FREQUENCIAL!!!!

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

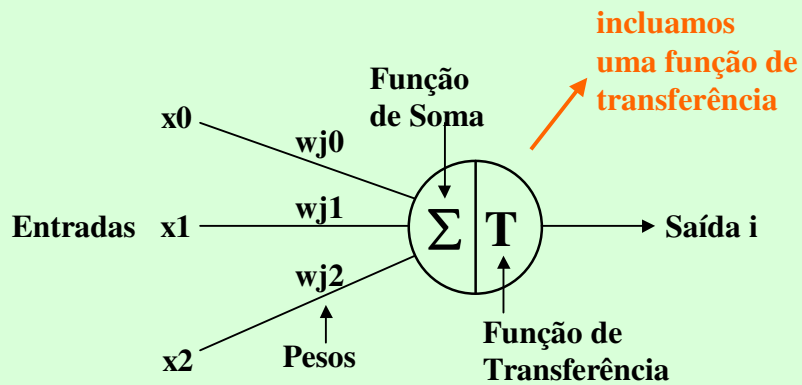
88

Estudando a relação não linear entre volume de estímulo e volume de atividade de saída



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Modelando a Relação Entrada / Saída do neurônio



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

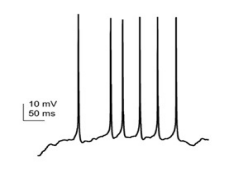
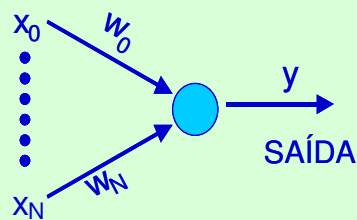
Temos pois duas componentes de cálculo complementares no neurônio:

1) Uma linear (soma ponderada das entradas)

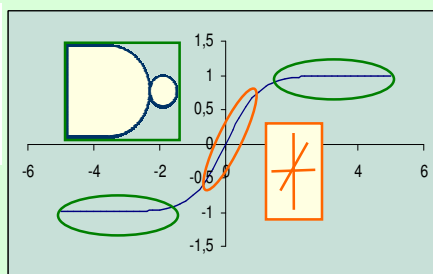
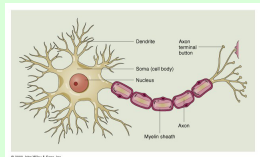
2) Outra não linear (Função de transferência da classe sigmoidal)

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Computação linear e não linear, com codificação frequencial



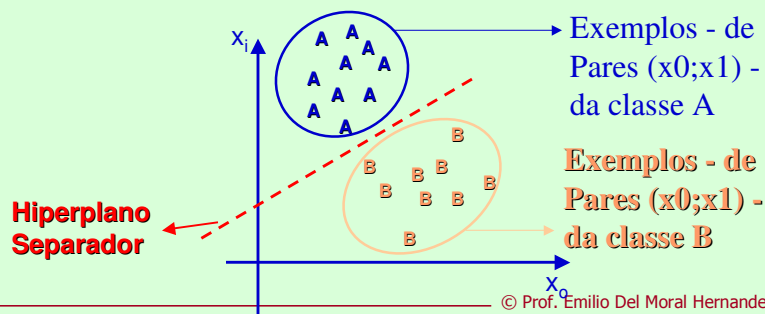
$$y = f_T(\sum w_i x_i)$$



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

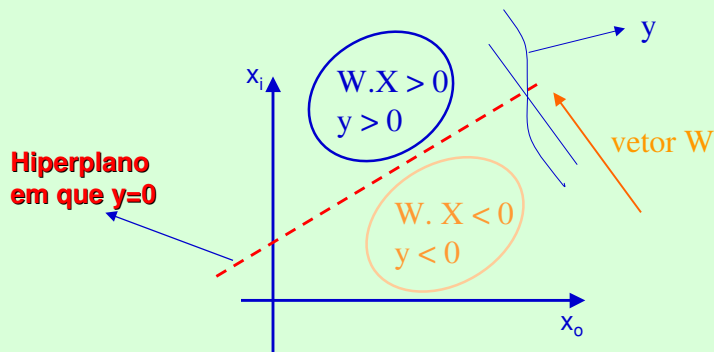
O Perceptron Digital: $y = \text{signal}(\sum w_i x_i - \theta)$ (função de transferência tipo “degrau”)

- Viabiliza a classificação de padrões com separabilidade linear
- O algoritmo de aprendizado adapta os Ws de forma a encontrar o hiperplano de separação adequado
- Aprendizado por conjunto de treinamento

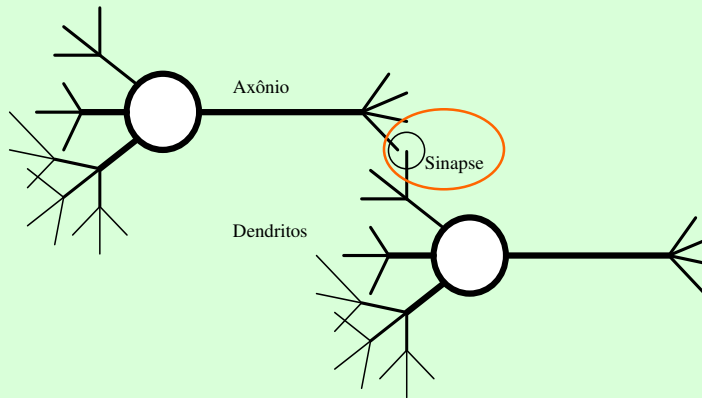


E se a saída do nosso problema não for digital? O “Perceptron Contínuo”: $y = \text{tgh}(\sum w_i x_i - \theta)$

- Que problemas de entradas contínuas conseguimos atacar usando uma função de transferência tangente hiperbólica)



Cômputos mais complexos ... são realizados pelo encadeamento de vários neurônios

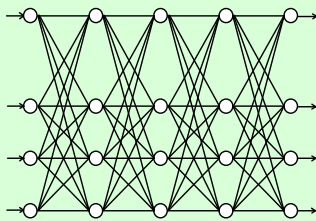


A conexão entre um axônio de um neurônio e um dendrito de outro é denominada **Sinapse**

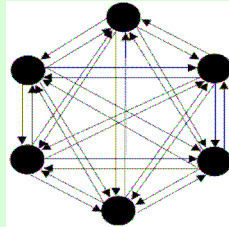
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Três arquiteturas neurais importantes (abordadas em pósgrad – PSI 5886)

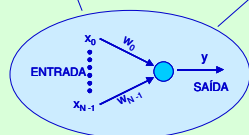
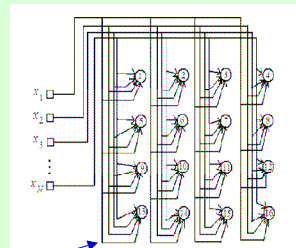
1) MLP
- Multi Layer
Perceptron



2) Memória
Associativa
de Hopfield



3) Mapas Auto-Organizáveis
de Kohonen



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

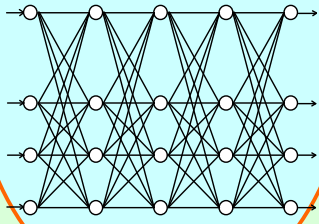
Três arquiteturas neurais importantes

(abordadas em pósgrad – PSI 5886)

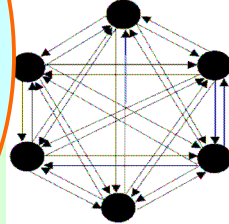
101

Nosso Foco aqui

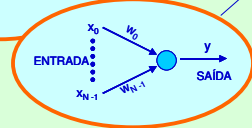
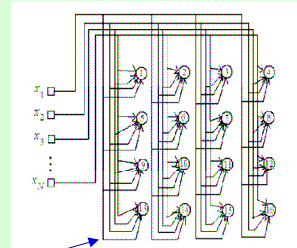
1) MLP
- Multi Layer
Perceptron



2) Memória
Associativa
de Hopfield



3) Mapas Auto-
Organizáveis
de Kohonen



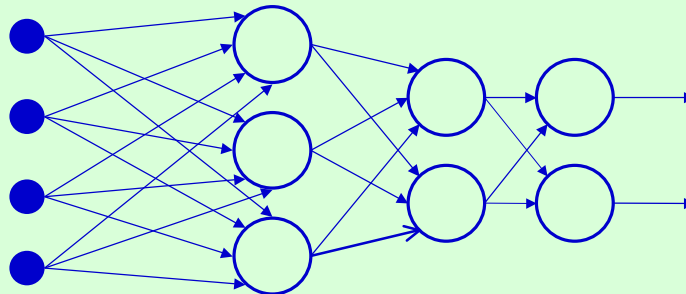
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

101

Foco deste Curso: o Multi Layer Perceptron (MLP)

102

- Múltiplas entradas / Múltiplas saídas / Múltiplas camadas
- Variáveis (internas e externas) analógicas ou digitais
- Relações lineares ou não lineares entre elas

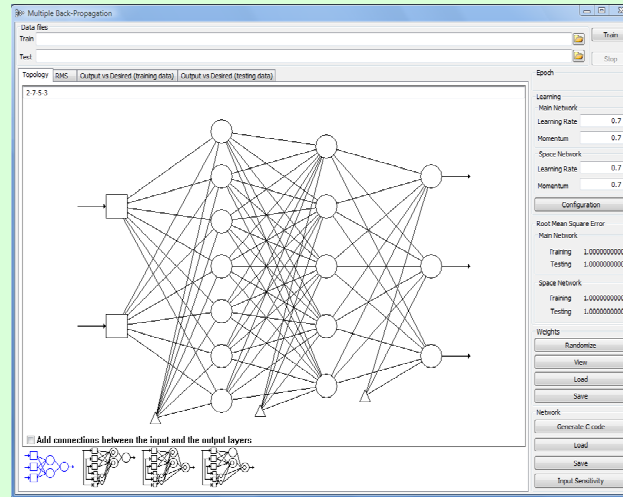


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

102

Exemplo de tela do ambiente MBP definindo uma Rede Neural

103

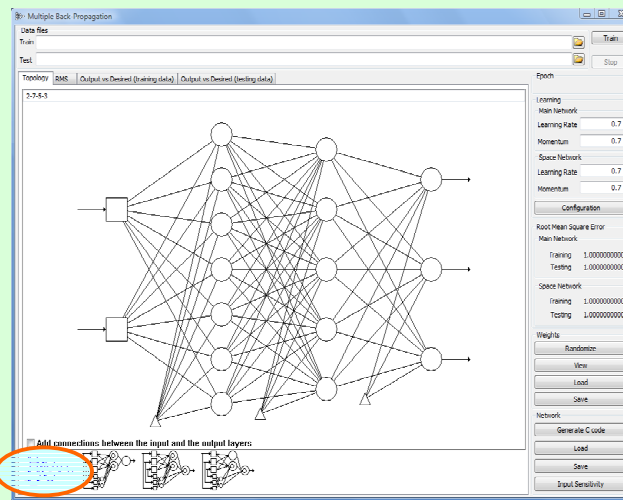


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

103

Exemplo de tela do ambiente MBP definindo uma Rede Neural do tipo MLP

104



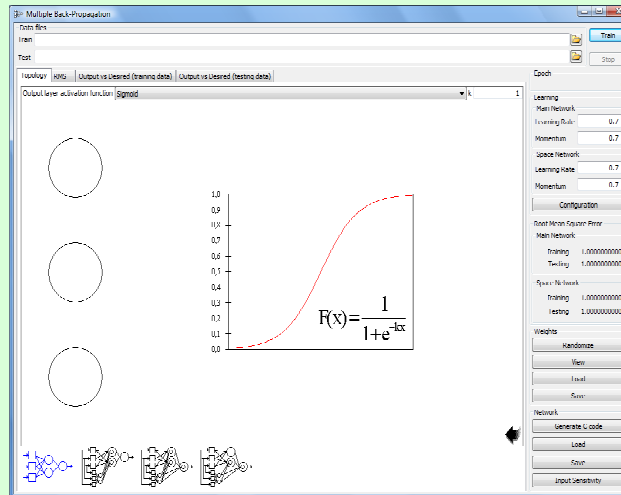
Escolha MLPs

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

104

Algumas Telas do MBP Mudando a função do nó neural

105



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

105

Outras funções de transferência não linear (nem todas disponíveis no ambiente MBP)

106

<p style="text-align: center;">Hard Limiter (limite rápido)</p> <p style="text-align: center;">$s < 0, y = -1$ $s > 0, y = 1$</p>	<p style="text-align: center;">Ramping Function (função de rampa)</p> <p style="text-align: center;">$s < 0, y = 0$ $0 \leq s \leq 1, y = s$ $s > 1, y = 1$</p>
<p style="text-align: center;">Sigmoide Function (função sigmóide)</p> <p style="text-align: center;">$y = 1 / (1 + e^{-s})$</p>	<p style="text-align: center;">Sigmoide Function (função sigmóide)</p> <p style="text-align: center;">$x \geq 0, y = 1 - 1 / (1 + s)$ $x < 0, y = -1 + 1 / (1 - s)$</p>

- Com escalamento do argumento, pode-se abarcar os universos digital e analógico / linear e não linear simultaneamente

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

106

MBP – uma plataforma didática para redes neurais gratuita, de fácil uso e com 12 excelentes tutoriais

107

site <http://mbp.sourceforge.net/>

The screenshot shows the website for Multiple Back-Propagation. The main heading is "Multiple Back-Propagation". Below it is a navigation menu with links: About, Screenshots, Download, Tutorial, Datasets, FAQ, News, Bugs, Request a feature, Papers, and Develop/Contact. The "Tutorial" section is active, listing 12 steps: 1. Introduction (includes the MBP Algorithm), 2. Creating the training and the test datasets, 3. Defining the topology of the neural networks, 4. Configuring the activation functions of the neurons, 5. Defining the neural network learning configuration, 6. Training a neural network - Part I (regression), 7. Training a neural network - Part II (classification), 8. Copying data and graphics, 9. Initialize, view, save and load the neural network weights, 10. Load and save a neural network, 11. Generate C code from a trained neural network, 12. Analyzing the input sensitivity of a neural network. To the right of the list is a screenshot of the software interface showing a neural network diagram with nodes and connections.

Ambiente desenvolvido pelo Prof. Noel Lopes e colaboradores
– Instituto Politécnico da Guarda – Portugal

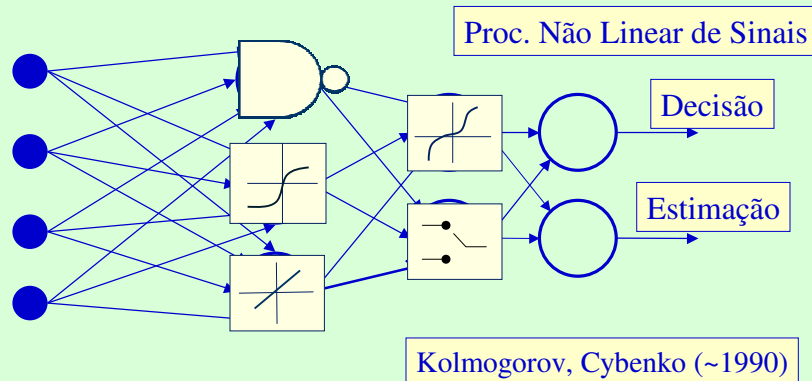
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

107

O Multi Layer Perceptron (MLP)

109

- Múltiplas entradas / Múltiplas saídas / Múltiplas camadas
- Variáveis (internas e externas) analógicas ou digitais
- Relações lineares ou não lineares entre elas



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

109

Resumindo os aspectos conceituais principais

///

- 1) Não linearidade com a função neural sigmoidal
 - 2) Possibilidade de conjugar na mesma estrutura ...
 - Cálculos digitais
 - Cálculos lineares multivariáveis
 - Funções genéricas não lineares multivariáveis
 - 3) Comportamento adaptativo com aprendizado através de exemplos
-
- Problemas complexos, multidimensionais, não lineares e mesmo aqueles sem teoria conhecida
 - Decisão automática, estimação, reconhecimento de padrões, classificação, processamento não linear de sinais, *clustering* multidimensional ...

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

///