

Disciplina PSI 3472 – Prof. Emilio - 2018
(e Hae, e Márcio)

Prof. Dr. Emilio Del Moral Hernandez

Contato: emilio.delmoral@usp.br / emilio@lsi.usp.br
Site do Grupo de Pesquisa: www.lsi.usp.br/ICONE



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

~ 4 aulas de PSI3472 –

*Sistemas Eletrônicos
Inteligentes para Sinais de
Tempo Sonoros e Biológicos*

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Já no STOA PSI 3472 –

Curso: PSI3472 - Conce x + v

https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=64146

4 aulas em um novo tópico com o Prof. Emilio DMH: Sistemas Inteligentes em Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos

- Metas principais das 4 aulas de PSI3472 em Sistemas Eletrônicos Inteligentes para Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos
- Para Inspirações Iniciais - 8 exemplos de projetos em PSI-2672 (5o ano) em Sinais Sonoros ou Biomedicos

A) Atividades em sala com entregas em papel + B) Atividades com e-entregas - Módulo de sistemas multissensores e fusão de informação

- 11 de setembro - Atividade em sala com entrega
- Pré-enunciado - Elementos importantes para o relatório individual de atividades em multissensores PSI3472-2018
- 02 de outubro - Atividade em sala com entrega
- Entrega STOA - para 15 de outubro - de relatório individual em Sistemas Multissensores - Prof Emilio (Enunciado Definitivo - resumo focado do pré-enunciado inicialmente disponibilizado)

Contribuições de atividades de ensino computacional feitas pelas equipes de PSI3472

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Enunciado Definitivo em Multissensores PSI3472-2018 Prof EDMH.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Início Ferramentas Enunciado Definitiv... x

1 / 1 119%

Fazer log Compartilh

Enunciado para a entrega STOA/e-disciplinas PSI3472 na temática de Multissensores (dada pelo Prof Emilio) / Formalização em relatório em PDF das atividades em sala em multissensores, dos estudos, dos ensaios computacionais e das caracterizações do contraste de precisão e de custo de sensores isolados x sistema multissensor com fusão: **parte I simples** – sensor de gases (contraste dos 3 sensores x tri-sensor integrado); **parte II – “seu” sistema sensor escolhido**, descrito com detalhes e também contrastado em custos e precisão atingidas nas configurações de sensores isolados x multissensor integrado com fusão. Composição do relatório: Capa com os dados do aluno da disciplina e do tema do relatório + Tabela de conteúdos do relatório com paginação + Corpo do relatório nas partes I e II com citações às referências e apêndices + Lista de referências + Apêndices, incluindo um específico com a tabulação dos dados numéricos usados no aprendizado dos sensores isolados e do fusor multissensor.

PARTE I (mais simples; 1/3 do valor do relatório): foco no tratamento dos dados dos sensores de H2, CO e CH4, levantados por Raphael e Prof Sebastião.

Ensaio mais simples nesta parte I: Tabulação das precisões quantificadas por você através uma métrica diferente de RMS / diferente de erro quadrático médio / diferente de variância (sim o exercício induz você a pensar fora da zona de conforto dessas métricas usuais), tanto dos sensores isolados quanto do sistema de sensores integrados por fusão de informação. Organize seus resultados em tabela/s de contraste/s.

PARTE II: com dados dos sensores que você escolheu para o ensaio, que você coletou por si ou através de base de dados (neste caso em que não coletar os dados você mesmo, a análise de custo de coleção por outros deve ser elaborada com bastante profundidade). Contemple ao menos os seguintes itens (simples na sua maioria), em separado:

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Enunciado Definitivo em Multissensores PSI3472-2018 Prof EDMH.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Início Ferramentas Enunciado Definitiv... x

1 / 1 119%

separado:

- a) A lista de alvo/s de medida/s de seu sistema,
- b) A lista de sensores + descrição breve desses sensores
- c) Argumentos claros de não especificidade de cada sensor elencado
- d) Argumentos de lucro esperado com a fusão / formação do array de sensores
- e) O nome do colega (ou colegas) de crítica e depuração da sua proposta #2 em atividade em sala ou (caso tenha faltado) mesmo fora dela após a atividade de crítica cruzada entre colegas;
- f) Descrição de ações de coleta de dados empíricos para treino do fusor, custo (tempo e \$\$) e resumo de volume da coleção, com anexo dos dados numéricos nas páginas finais do relatório
- g) Definição de **duas** métricas (sim, há sempre mais de uma opção!!) mais adequadas para a caracterização quantitativa da qualidade de seus sistemas sensores + argumentação clara pela priorização dessas duas escolhas, feita em separado para cada uma das duas.
- h) Tabulação das precisões quantificadas por você usando a melhor das suas duas métricas consideradas por você (justifique), e aplicada tanto para os sensores isolados quanto para o sistema de sensores integrados por fusão de informação.
- i) Tabulação das custo (use modelos simples para avaliar este custo) tanto dos sensores isolados quanto do sistema de sensores integrados por fusão de informação.
- j) Texto analisando (e destacando na análise) os resultados dos contrastes de custo e de precisão.
- k) Leia com detalhe as metas / objetivos que definimos no início das aulas em multissensores e liste na forma de "bullets" os itens planejados lá, no início do tema. Agora separe desses itens de sua lista aqueles que foram abarcados pela sua solução a este enunciado daqueles que não foram abarcados.

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Enunciado Definitivo em Multissensores PSI3472-2018 Prof EDMH.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Ferramentas Enunciado Definitiv... x

1 / 1 119%

coleção, com anexo dos dados numéricos nas páginas finais do relatório

- g) Definição de **duas** métricas (sim, há sempre mais de uma opção!!) mais adequadas para a caracterização quantitativa da qualidade de seus sistemas sensores + argumentação clara pela priorização dessas duas escolhas, feita em separado para cada uma das duas.
- h) Tabulação das precisões quantificadas por você usando a melhor das suas duas métricas consideradas por você (justifique), e aplicada tanto para os sensores isolados quanto para o sistema de sensores integrados por fusão de informação.
- i) Tabulação das custo (use modelos simples para avaliar este custo) tanto dos sensores isolados quanto do sistema de sensores integrados por fusão de informação.
- j) Texto analisando (e destacando na análise) os resultados dos contrastes de custo e de precisão.
- k) Leia com detalhe as metas / objetivos que definimos no início das aulas em multissensores e liste na forma de "bullets" os itens planejados lá, no início do tema. Agora separe desses itens de sua lista aqueles que foram abarcados pela sua solução a este enunciado daqueles que não foram abarcados.

NOTA IMPORTANTE: Em casos em que os dados numéricos para os ensaios não foram obtidos em uma base de dados já pronta, o relato detalhado de setup experimental e dos procedimentos de coleta dos dados levando à tabela de coletas experimentais apresentadas no relatório (similar às tabelas do problema tri-gases) será considerado tarefa relevante e de grande valor para a avaliação, podendo neste caso haver ensaios numéricos mais simples nos contrastes sensores isolados x sensor com fusão.

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Já no STOA PSI 3472 –

PSI3472-2018. Metas pr x + v

← → ↻ <https://edisciplinas.usp.br/mod/page/view.php?id=2429084>

Metas principais das 4 aulas de PSI3472 em Sistemas Eletrônicos Inteligentes para Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos

Em 4 aulas de PSI3472 que seguem as 4 aulas de sistemas multissensores e fusão de informações, nós abordaremos um novo tema importante em sistemas eletrônicos inteligentes e em inteligência computacional: sinais de tempo sonoros e biológicos e a sua conexão com técnicas inteligentes. Nossas metas / objetivos e atividades em sala nas 4 aulas são as seguintes:

A - A identificação de problemas de reconhecimento de padrões de estimação de grandezas analógicas (regressão multivariada) que operem sobre sinais de tempo sonoros ou biológicos e a caracterização de sua viabilidade em termos:

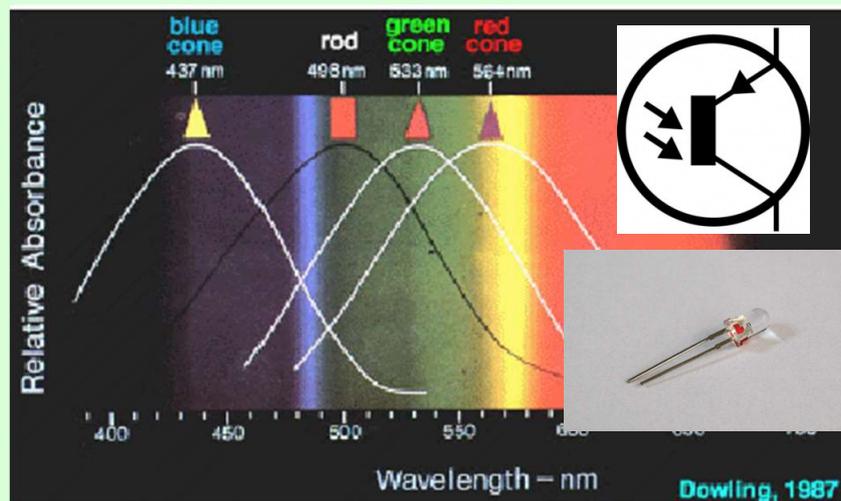
- 1- da disponibilidade pública de dados para treino e teste de aprendizado supervisionado (tanto entrada quanto saída de dados devem estar tabulados e em grande volume para treino e teste do sistema de reconhecimento ou fusão); os grupos apresentarão à sala em um slide (em PDF ou na lousa) o link desses dados públicos, o resumo de volume e formato de dados que lhe interessam e que estão ali disponíveis
- 2- da utilidade da solução desse problema escolhido como protótipo de um potencial equipamento que poderia se tornar algo comercial rapidamente (um protótipo poderia ser gerado em 6 meses por exemplo); apresentem à sala em um slide (em PDF ou na lousa)
- 3- da possibilidade de ensaio e de caracterização numérica de qualidade dentro das 3 aulas / 2 aulas seguintes, nos aspectos de processamento e de computações

B - O entendimento de processamentos sobre sinais de tempo (por exemplo, análise de frequência e análise de tempo/frequência) que produzem um vetor de medidas compacto e adequado para um segundo estágio, de inteligência / fusão, que realize sobre essas medidas o reconhecimento ou a fusão de informações. Em sala discutiremos conjuntamente / coletivamente algumas técnicas de processamento de sinais de tempo para aplicações em geral e em seguida os alunos / grupos identificarão projetos de referência e literatura de apoio específicos para seu problema.

C - O ensaio (nos aspectos de processamento e de computações) e caracterização numérica de qualidade, com a geração de + 2 slides (em PDF) à classe mostrando essas caracterização numéricas e resultados obtidos, entregues via STOA + entrega no STOA de relatório simples comentando /

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Sensibilidade não específica similar também ocorre em foto-transistores



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Sensibilidade não específica similar também ocorre em sensores em línguas eletrônicas

16



Foto de um conjunto de eletrodos de ouro, que compõe uma língua eletrônica, recoberto com filmes ultrafinos (Imagem: Osvaldo Novais)

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

16

Nestas 4 aulas de PSI3472 –

17

Agora abordaremos sistemas de tempo e algumas de suas especificidades ...

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

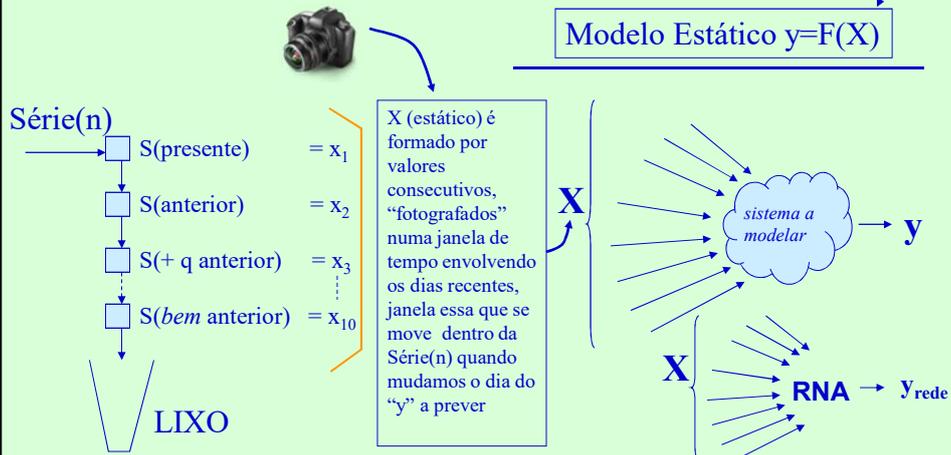
17

De pares estáticos (X,y) a modelagem de séries temporais ... Uma forma de fazê-lo

18

Modelo dinâmico: $y(n) = \text{FuncDesc}(\text{valores recentes da } S(n))$

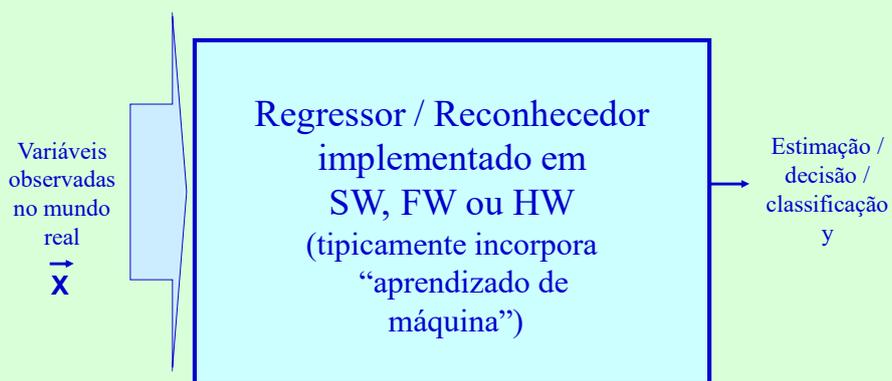
Modelo Estático $y=F(X)$



18

Regressor/ Reconhecedor multivariado (em sw, fw ou hw)

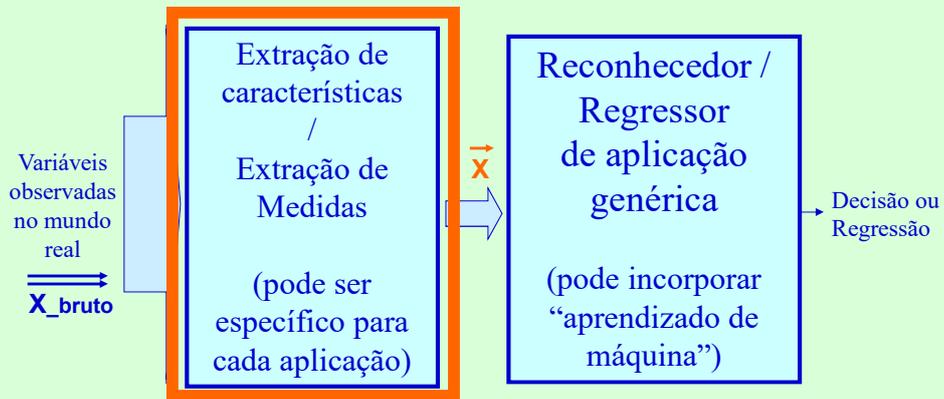
19



19

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

20

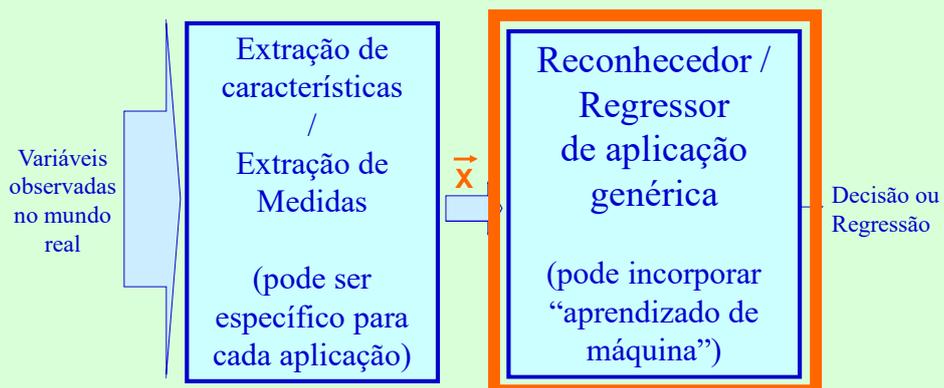


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

20

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

21

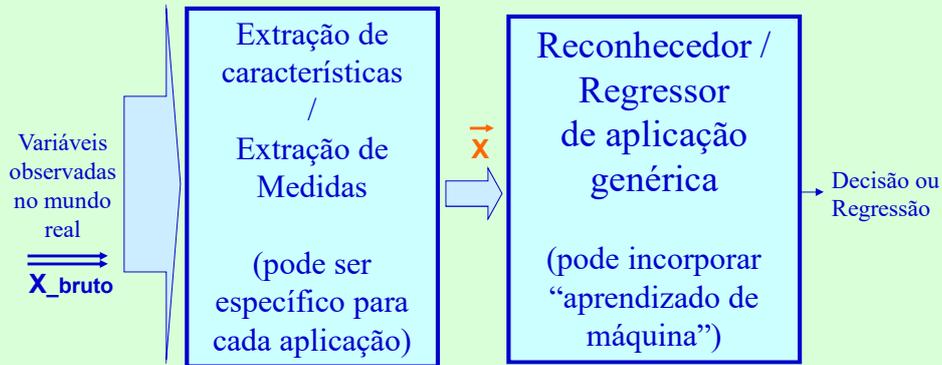


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

21

... No módulo em multi-sensores focamos no 2º estágio; neste módulo em Sinais do Tempo o foco maior será no 1º estágio

22



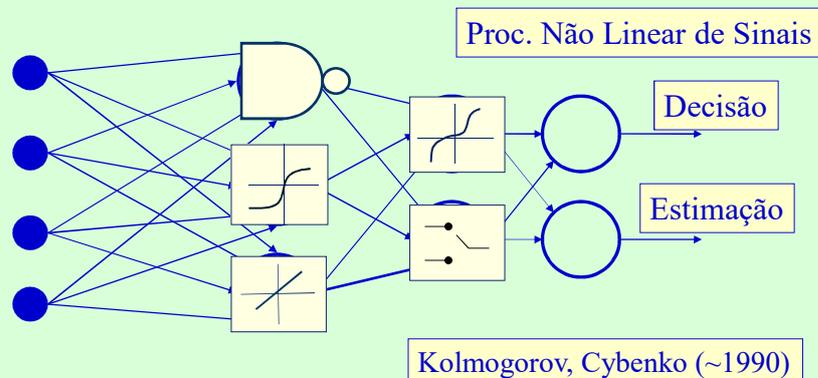
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

22

O Multi Layer Perceptron (MLP)

23

- 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

23

Classificação automática de generos musicais

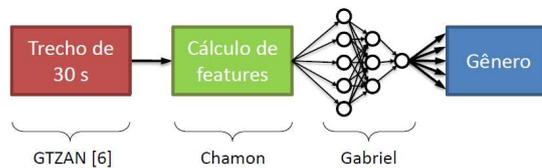
34

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



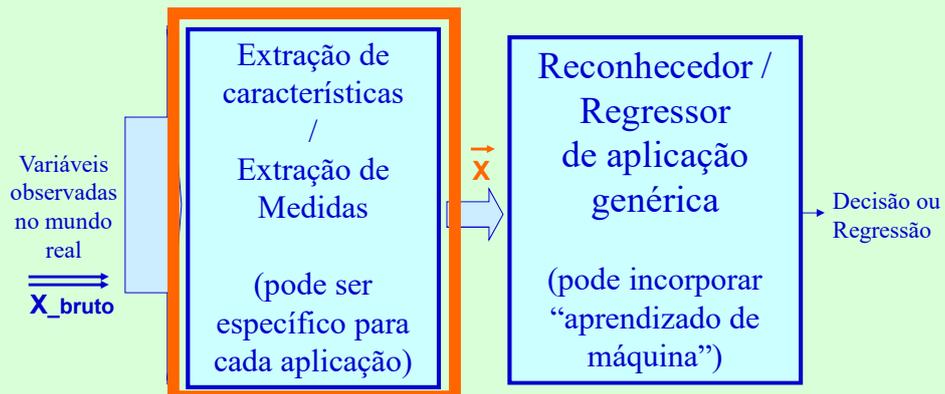
projeto de alunos em PSI-2672

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

34

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

35



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

35

Alguns exemplos de grandezas componentes dos vetores de medidas X:

36

- 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

36

Já no STOA PSI 3472 –

38

Curso: PSI3472 - Conce x + v

https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=64146

4 aulas em um novo tópico com o Prof. Emilio DMH: Sistemas Inteligentes em Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos

- Metas principais das 4 aulas de PSI3472 em Sistemas Eletrônicos Inteligentes para Sinais de Tempo Sonoros e Biológicos
- Para inspirações Iniciais - 8 exemplos de projetos em PSI-2672 (5o ano) em Sinais Sonoros ou Biomedicos

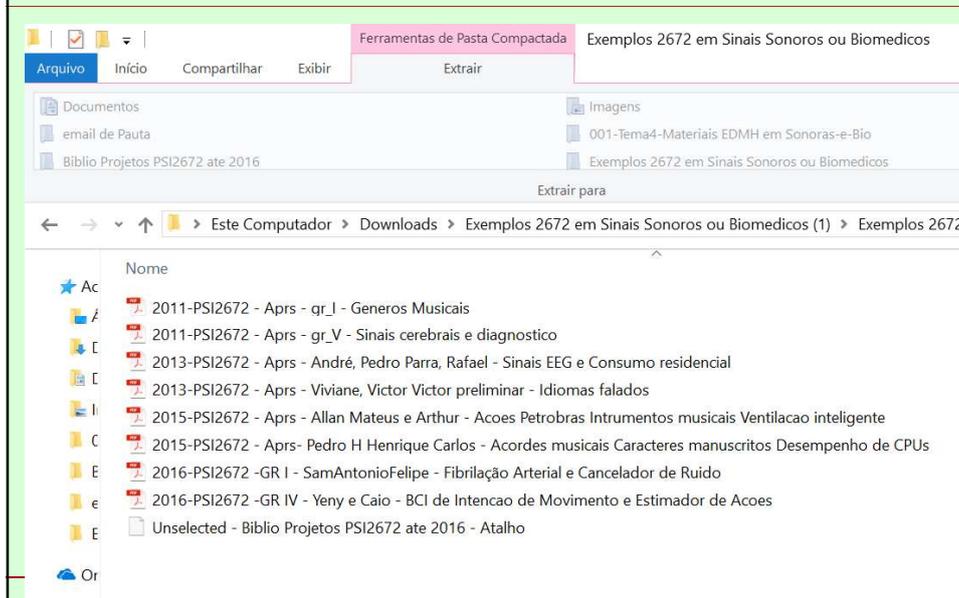
A) Atividades em sala com entregas em papel + B) Atividades com e-entregas - Módulo de sistemas multissensores e fusão de informação

- 11 de setembro - Atividade em sala com entrega
- Pré-enunciado - Elementos importantes para o relatório individual de atividades em multissensores PSI3472-2018
- 02 de outubro - Atividade em sala com entrega
- Entrega STOA - para 15 de outubro - de relatório individual em Sistemas Multissensores - Prof Emilio (Enunciado Definitivo - resumo focado do pré-enunciado inicialmente disponibilizado)

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

38

Pinçando alguns projetos de PSI2672 que se relacionam com sinais de tempo sonoros ou biomédicos (vide STOA PSI-3472)



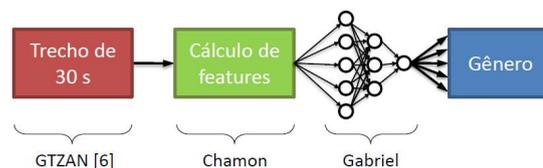
PSI2672 – Classificação de gêneros musicais

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

PSI2672 – Classificação de gêneros musicais

42

2011-PSI2672 - Aprs - gr_1 - Generos Musicais.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2011-PSI2672 - Apr... x Fazer login

5 / 32 72,1%

Introdução Features RNA Resultados

FEATURES

20 MFCCs [2]
Muito usado em reconhecimento de voz. É uma medida de variações no tom.
$$MFCC = | \mathcal{F} \{ \log[mel(|S(f)|^2)] \} |^2$$

RMS [2]
Usado como medida da energia média da música.
$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s^2(t) dt}$$

Spectral Centroid [2]
Uma espécie de centro de massa do espectro, determina uma relação entre altas e baixas frequências.
$$C = \frac{\sum_{f=0}^M f \cdot |S(f)|^2}{\sum_{f=0}^M |S(f)|^2}$$

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

42

PSI2672 – Classificação de gêneros musicais

43

2011-PSI2672 - Aprs - gr_1 - Generos Musicais.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2011-PSI2672 - Apr... x Fazer login

6 / 32 72,1%

Introdução Features RNA Resultados

FEATURES

Spectral bandwidth [2]
Mede a variação do espectro em torno da centróide espectral.
$$B^2 = \frac{\sum_{f=0}^M (f - C)^2 |S(f)|^2}{\sum_{f=0}^M |S(f)|^2}$$

Zero-crossing [2]
Representa uma medida do "ruído" de fundo em uma música. Trata-se simplesmente do número de cruzamentos por zero no domínio do tempo.

Band energy ratio [2]
Razão da energia no primeiro quarto do espectro com relação ao espectro todo.
$$BER = \frac{\sum_{f=0}^{M/4} |S(f)|^2}{\sum_{f=0}^M |S(f)|^2}$$

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

43

PSI2672 – Classificação de gêneros musicais

44

2011-PSI2672 - Aprs - gr_1 - Generos Musicais.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2011-PSI2672 - Apr... x Fazer login

7 / 32 72,1%

Introdução Features RNA Resultados

FEATURES

Octave spectral contrast [3]
Medida da diferença entre espectros em bandas de oitava.

$$Valley_k = \log \left(\frac{1}{\alpha N} \sum_{f=0}^{\alpha N} |S(f)| \right), \quad Peak_k = \log \left(\frac{1}{\alpha N} \sum_{f=0}^{\alpha N} |S(N - f + 1)| \right),$$
$$SC_k = Peak_k - Valley_k.$$

Loudness [4]
Modelo psicoacústico de sensação sonora ("intensidade" percebida).

Sharpness [4]
Medida de conteúdo espectral de altas frequências. Avaliação psicoacústica do quão "afiado", "agudo" um som é.

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

44

PSI2672 - Gabriel, Maria Luisa e Ricardo - EEG

45

2011-PSI2672 - Aprs - gr_V - Sinais cerebrais e diagnostico.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2011-PSI2672 - Apr... x Fazer login

7 / 26 72,1%

O EEG

Eletroencefalograma

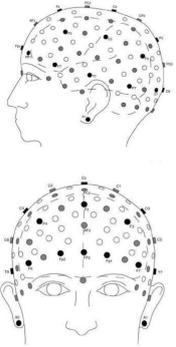
Potenciais elétricos (μV)

64 sensores

↓

Taxa de amostragem 256Hz/canal

16384 amostras/s



Fonte: http://bindcenter.eu/?page_id=12 | Reconhecedor de Alcoolismo | 7

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

45

PSI2672 - Gabriel, Maria Luisa e Ricardo - EEG

46

2011-PSI2672 - Aprs - gr_V - Sinais cerebrais e diagnostico.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2011-PSI2672 - Apr... x Fazer login

10 / 26 72,1%

Pré-processamento

```
graph TD; A[Eliminação de ruídos oculares e musculares] --> B[Obtenção da FFT dos sinais temporais]; B --> C[Obtenção dos centróides]; C --> D[Normalização da matriz centróides];
```

Reconhecedor de Alcoolismo | 10

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

46

PSI2672 – André, Pedro, Rafael - EEG

47

2013-PSI2672 - Aprs - André, Pedro Parra, Rafael - Sinais EEG e Consumo residencial.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2013-PSI2672 - Apr... x Fazer login

9 / 28 72,1%

Introdução Features RNA Resultados 9/28

Features

Média do desvio-padrão das amplitudes

$$m_j^a = \frac{1}{N^a} \sum_{i=1}^{N^a} |x_i - \bar{x}| \quad (1)$$

Flutuação do desvio-padrão das amplitudes

$$F^a = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |m_j^a - \bar{m}^a| \quad (2)$$

Média do desvio-padrão do centro de frequência

$$m_j^w = \frac{2}{N^w} \sum_{i=1}^{N^w/2} \frac{\omega_i S(\omega_i)}{S(\omega_i)} \quad (3)$$

Flutuação do desvio-padrão das amplitudes

$$F^w = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |m_j^w - \bar{m}^w| \quad (4)$$

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

47

PSI2672 – Victor, Victor, Viviane – Idiomas falados

2013-PSI2672 - Aprs - Viviane, Victor Victor preliminar - Idiomas falados.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2013-PSI2672 - Apr... x 72,1%

EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS

- Primeiro conjunto de características:
 - RMS[1]: usado como energia média do sinal

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s^2(t) dt}$$

- Spectral Centroid[1]: análogo ao centro de massa para o espectro

$$C = \frac{\sum_{f=0}^M f \cdot |S(f)|^2}{\sum_{f=0}^M |S(f)|^2}$$

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

PSI2672 – Allan, Mateus, Arthur – Instrumentos musicais

2015-PSI2672 - Aprs - Allan Mateus e Arthur - Acoes Petrobras Instrumentos musicais Ventilacao inteligente.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2013-PSI2672 - Apr... 2015-PSI2672 - Apr... x 72,1%

O que é o Cepstrum?

- Eu não sei!
- Definição formal:
$$\left| F^{-1} \{ \log_{10} (| F \{ f(t) \} |^2) \} \right|^2$$
- “O módulo ao quadrado da transformada inversa de Fourier calculada sobre logaritmo de base 10 calculada sobre módulo ao quadrado da transformada de Fourier do sinal f(t)!”

27 Escola Politécnica da USP

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

PSI2672 – Carlos, Henrique e Pedro - Acordes

50

2015-PSI2672 - Aprs- Pedro H Henrique Carlos - Acordes musicais Caracteres manuscritos Desempenho de CPUs.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2015-PSI2672 - Apr... x Fazer login

Reconhecimento de Acordes

1ª Iteração: Pré-processamento

Fonte: J. de Jesus Guerrero-Turrubiates, S. Gonzalez-Reyna, S. Ledesma-Orozco e J. Avina-Cervantes

© Copyright 2015 - cmori, hogawa, phayashi PSI2672 - Apresentação final e demonstração de resultados 49/53

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

PSI2672 – António, Sam e Felipe - ECG

51

2016-PSI2672 - GR I - SamAntonioFelipe - Fibrilação Arterial e Cancelador de Ruído.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2016-PSI2672 - Apr... 2016-PSI2672 - GR I... x Fazer login

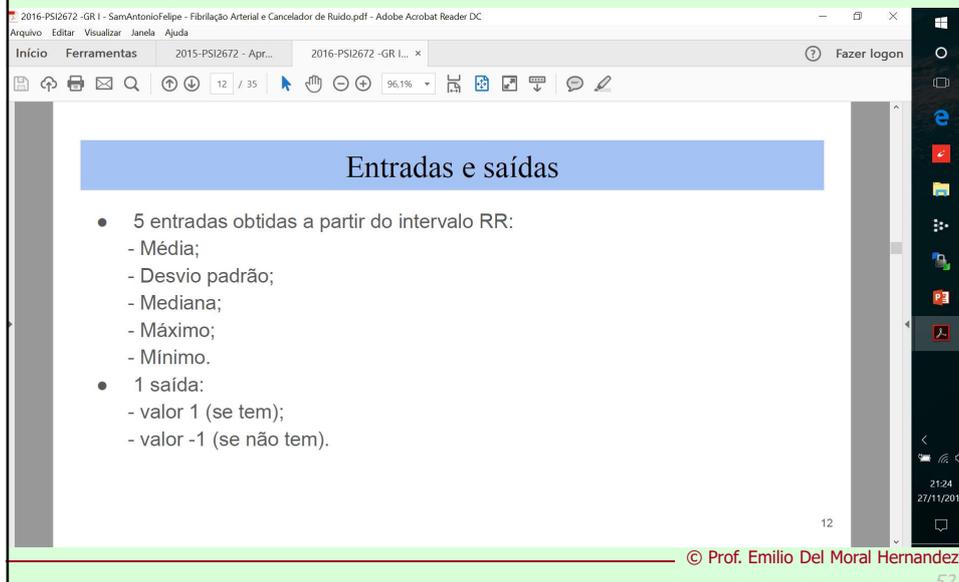
Intervalos RR

10

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

PSI2672 – António, Sam e Felipe - ECG

52



2016-PSI2672 -GR I - SamAntonioFelipe - Fibrilação Arterial e Cancelador de Ruído.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 2015-PSI2672 - Apr... 2016-PSI2672 -GR I... x Fazer login

Entradas e saídas

- 5 entradas obtidas a partir do intervalo RR:
 - Média;
 - Desvio padrão;
 - Mediana;
 - Máximo;
 - Mínimo.
- 1 saída:
 - valor 1 (se tem);
 - valor -1 (se não tem).

12

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

21:24
27/11/2017

52

53

53

*E será que os Fourier
 “puro sangue” e seus derivados mais diretos
 (espectro do sinal e harmônicas mais energéticas,
 centróide de espectro e espalhamento de espectro
 por ex.) resolvem tudo em problemas com sinais
 de tempo?*

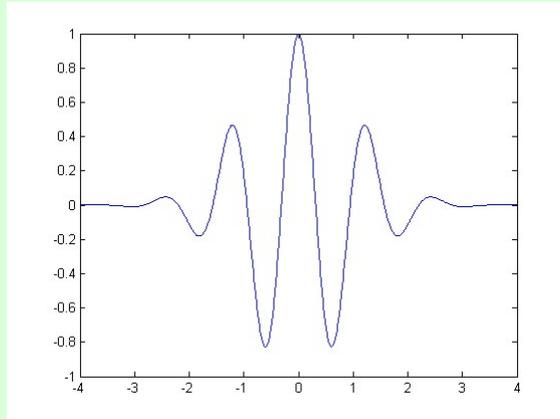
O conceito de wavelets -

The screenshot displays a collage of four main elements:

- Top Left:** A slide titled "Multiresolution Analysis Wavelets" by Jesús Manuel de la Cruz García, Matilde Santos Peña, from the Department of Computer Science and Automation at Complutense University of Madrid. It includes contact information and a date of October 2010 in São Paulo, Brazil.
- Top Right:** A screenshot of the Wikipedia article "Wavelet transform", showing its definition and a 2D discrete wavelet transform example.
- Bottom Left:** Logos for USP (Universidade de São Paulo) and CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).
- Bottom Right:** A slide for the "Curso Inteligência Computacional para Sensores e Biosensores" (Computational Intelligence Course for Sensors and Biosensors), scheduled for October 20, 21, 25, and 27, 2010, at USP. The course is led by Prof. Jesús Manuel de la Cruz García and covers topics like Support Vector Machines, Fuzzy, Genetic Algorithms, and Wavelets.

O conceito de wavelets / ondículas / “ondinhas” / ondas localizadas

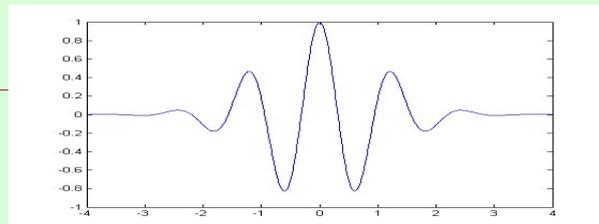
56



Uma onda matriz típica

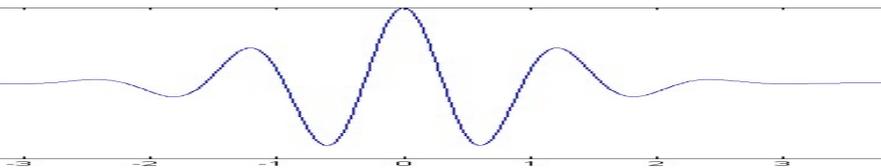
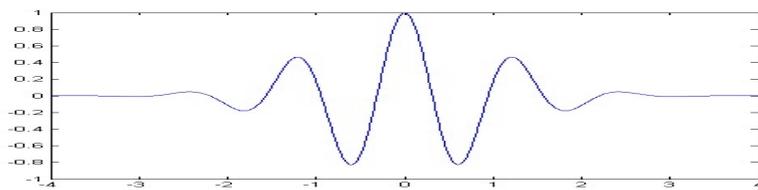
© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

56



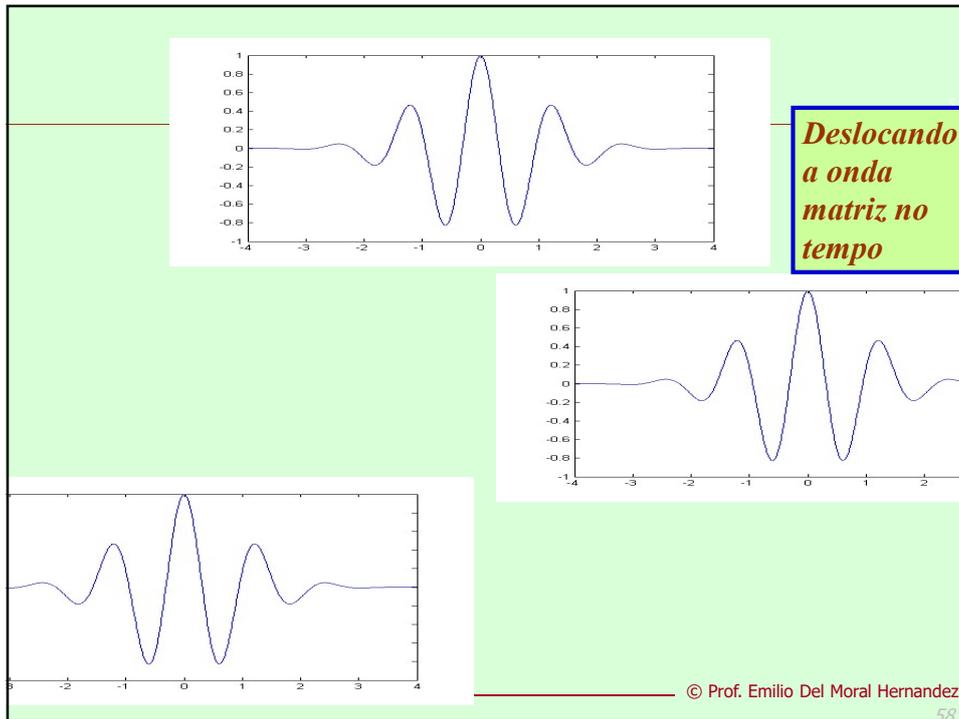
57

**Escalando a
onda matriz
em tempo**



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

57



A análise em wavelets

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi^* \left(\frac{t - b}{a} \right) dt.$$

$$f(t) = \frac{1}{C} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|a|^2} W(a, b) \psi_{a,b}(t) da db,$$

+ detalhes em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Wavelet>

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

A análise em wavelets

60

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi^* \left(\frac{t - b}{a} \right) dt.$$

Desloca-
mento

$$f(t) = \frac{1}{C} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|a|^2} W(a, b) \psi_{a,b}(t) da db,$$

Escala-
mento

+ detalhes em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Wavelet>

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

60