

Trabalho computacional sobre otimização por enxame de partículas *(particle swarm optimization, PSO)*

Prof. Leandro dos Santos Coelho



Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUCPR
Grupo Produtrônica, Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS)
Laboratório de Automação e Sistemas, Rua Imaculada Conceição, 1155
CEP 80215-901, Curitiba, PR, Brasil — e-mail: leandro.coelho@pucpr.br

Possibilidade 1

Robótica móvel

Introdução: Splines

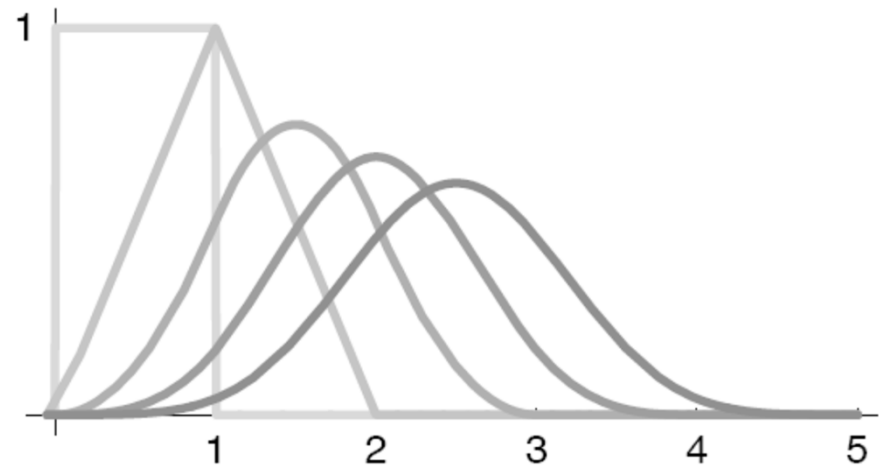
- **Definição:** uma função $s(x)$ é um polinômio spline de ordem n com nós x_k , se satisfizer as seguintes propriedades:
 - $s(x)$ é um polinômio contínuo por partes de grau n dentro de cada intervalo $[x_k, x_{k+1}]$.
 - Derivadas até ordem $n-1$ contínuas nos pontos x_k .
- Graus de liberdade por segmento: 1

$n+1$	$-$	n	$=$	1
(coeficientes liberdade)		(restrições de cont até ordem $n-1$)		(grau de

- Exemplo: Polinômio de terceira ordem. $f(x) = ax^3+bx^2+cx+d$
 - Ordem: $3 \rightarrow n$,
 - Coeficientes (a,b,c,d) : $4 \rightarrow n+1$,
 - Restrição de suavidade (derivada no ponto): $3 \rightarrow n \{s(x_k), s'(x_k), s''(x_k)\}$

Introdução: B-Splines

$$\beta_0(x) = \begin{cases} 1, & |x| < \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2}, & |x| = \frac{1}{2} \\ 0, & c.c. \end{cases}$$



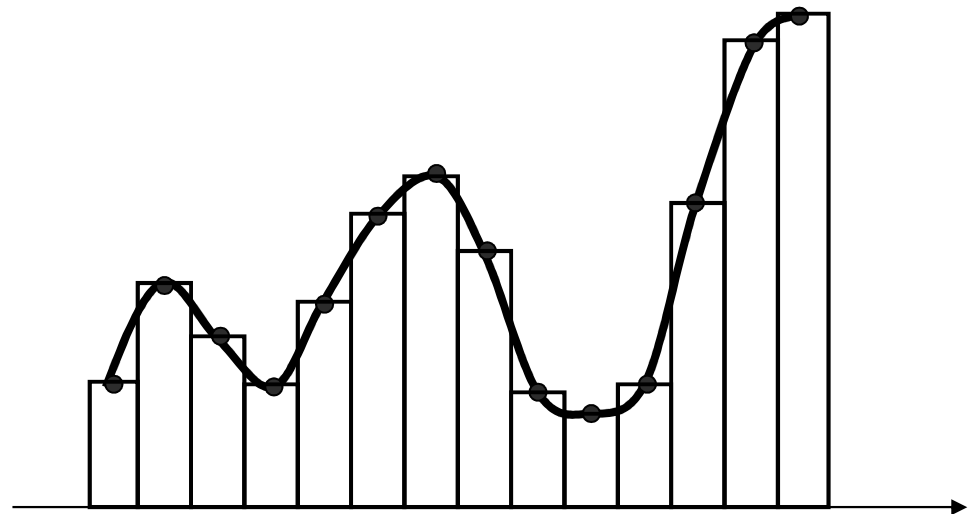
B-Spline de ordem $n \rightarrow$ Convolução $(n+1)$ vezes da B-Spline de ordem Zero

$$\beta_+^n(x) = \underbrace{\beta_+^0 * \beta_+^0 * \cdots * \beta_+^0}_{(n+1) \text{ times}}(x)$$

Introdução: Representação B-Splines

- Schoenberg, 1946
- Representação **única** por expansão na base de B-splines
(combinação linear de coeficientes $c(k)$ única, ver definições de produto interno e base deste espaço de funções)

$$s(x) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} c(k) \beta^n(x - k)$$



Trabalho computacional: Robótica móvel

- CreateModel.m
- CreateRandomSolution.m
- license.txt
- MyCost.m
- ParseSolution.m
- PlotSolution.m
- pso.m

Projetar um algoritmo PSO de planejamento de caminhos com desvio de obstáculos para um robô



Optimal Robot Path Planning using PSO in
MATLAB

Código original

<http://yarpiz.com/403/ypap115-path-planning>

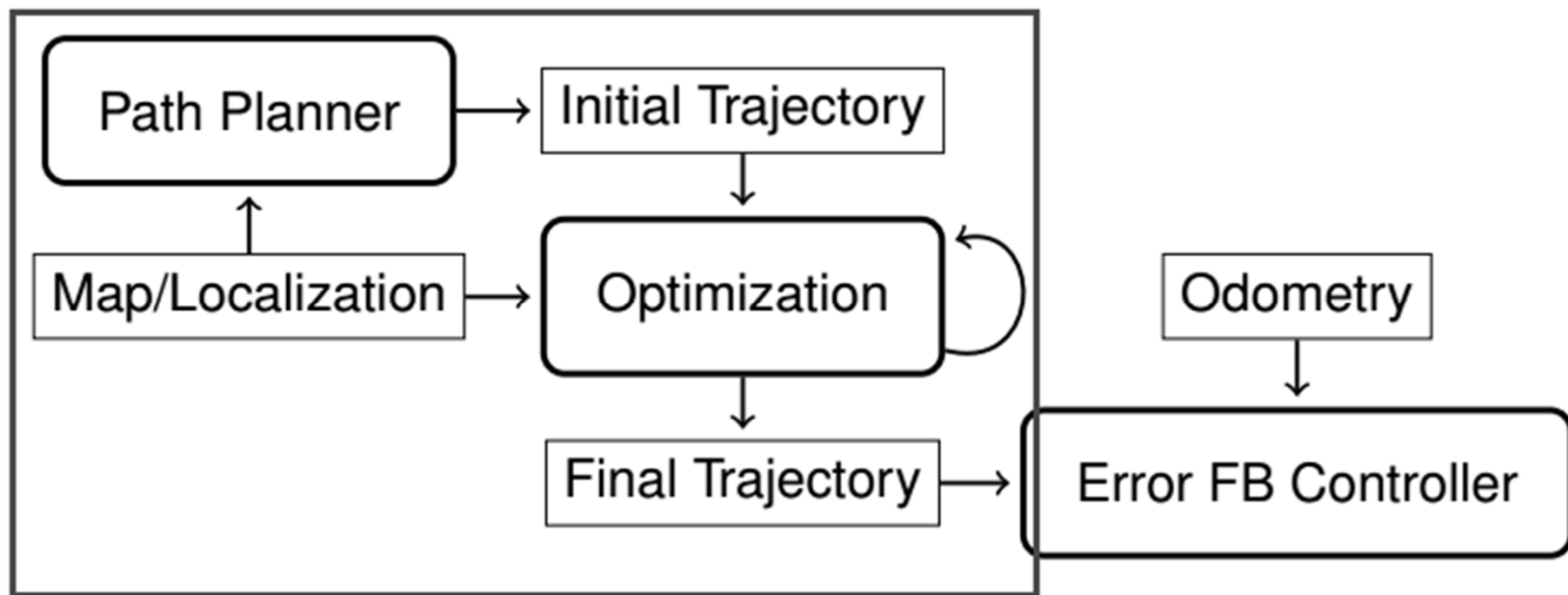


Implementation of Optimal Path Planning of mobile robot using Particle Swarm Optimization (PSO) in MATLAB

Download

Trabalho computacional: Robótica móvel

Projetar um algoritmo de planejamento de caminhos com desvio de obstáculos para um robô móvel.



Código original

<http://yarpiz.com/403/ypap115-path-planning>

Trabalho computacional: Robótica móvel

CreateModel.m
CreateRandomSolution.m
license.txt
MyCost.m
ParseSolution.m
PlotSolution.m
pso.m

Rodar o exemplo:

>> pso

Iteration 1: Best Cost = 14.7141 *
Iteration 2: Best Cost = 14.7141 *
Iteration 3: Best Cost = 13.3312 *
Iteration 4: Best Cost = 11.172, Violation = 0.00057065
Iteration 5: Best Cost = 10.4367, Violation = 4.3901e-05
Iteration 6: Best Cost = 10.4048 *
Iteration 7: Best Cost = 10.0383 *
Iteration 8: Best Cost = 10.0383 *

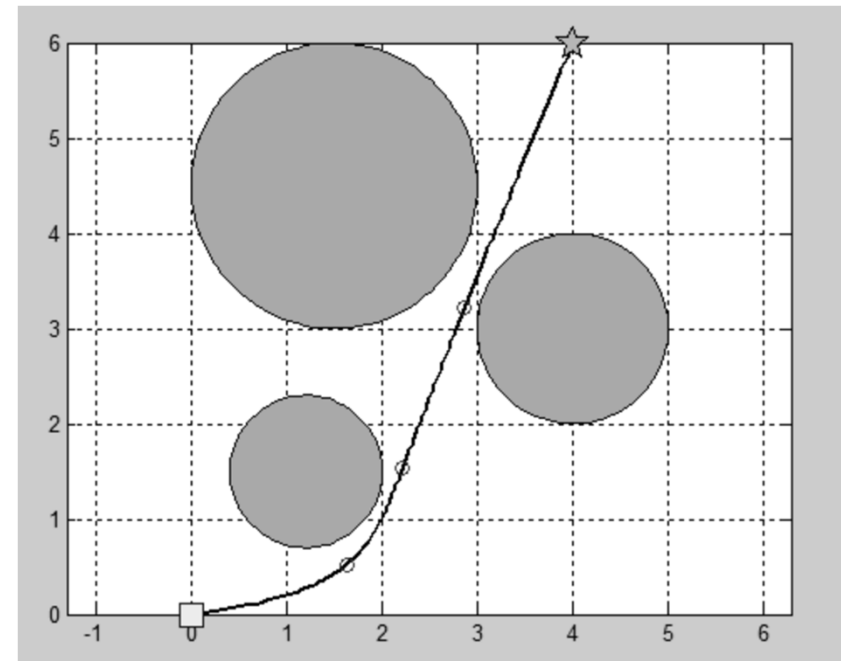
...

Uso de splines (ParseSolution.m)

– linhas 32 a 34

```
tt=linspace(0,1,100);  
xx=spline(TS,XS,tt);  
yy=spline(TS,YS,tt);
```

Dentro do círculo



Trabalho computacional: Robótica móvel - Parte 1

Construir 4 mapas para o planejamento de caminhos, ou seja, modificar o arquivo **CreateModel.m** (linhas 16 a 34) que envolvam também retângulos além de círculos

% Source Origem

xs=0;

ys=0;

% Target (Destination) Destino

xt=4;

yt=6;

xobs = [1.5 4.0 1.2]; Círculos (x, y, raio)

yobs = [4.5 3.0 1.5];

robs = [1.5 1.0 0.8];

n=3;

Número de nós

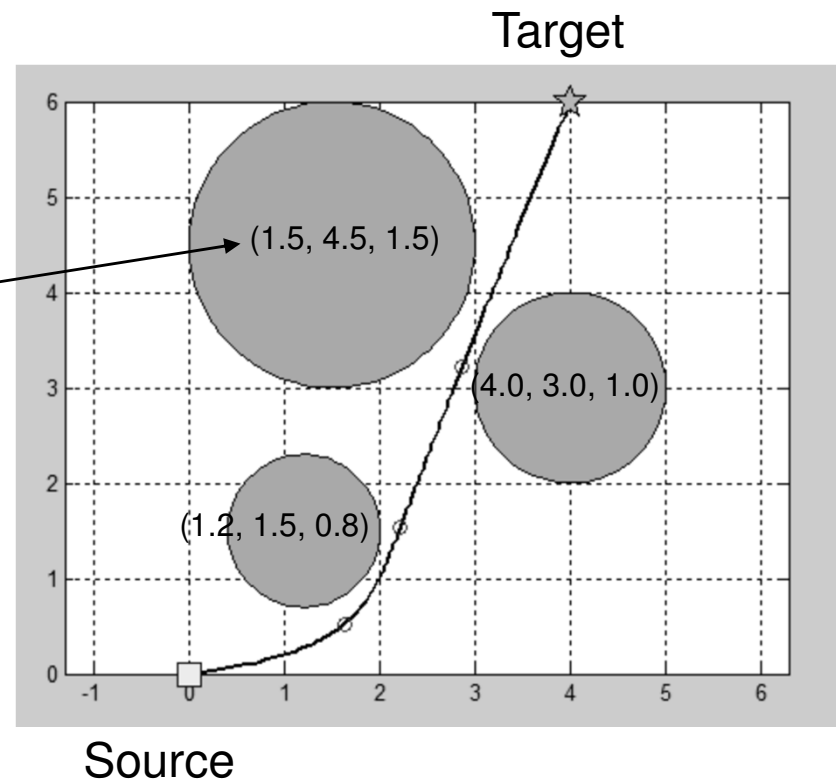
xmin=-10;

Espaço de trabalho (ambiente)

xmax= 10;

ymin=-10;

ymax= 10;



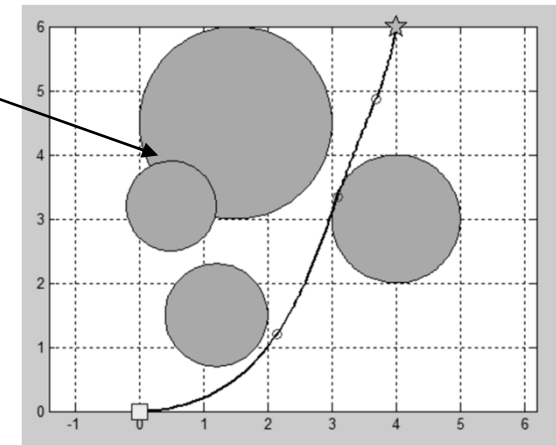
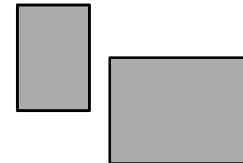
Trabalho computacional: Robótica móvel - Parte 1

Os mapas não podem ter círculos sobrepostos. Por exemplo:

Inclusão de retângulos como obstáculos e novas restrições

Linhas 41-47: ParseSolution.m (modificar)

```
nobs = numel(xobs); % Number of Obstacles
Violation = 0;
for k=1:nobs
    d=sqrt((xx-xobs(k)).^2+(yy-yobs(k)).^2);
    v=max(1-d/robs(k),0);
    Violation=Violation+mean(v);
end
```



Sugestão de mapas:

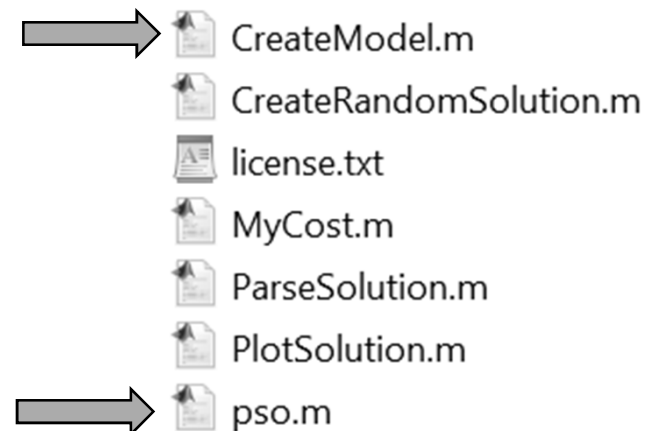
- 1) 4 círculos e 3 retângulos de tamanhos diferentes
- 2) 6 círculos e 2 retângulos de tamanhos diferentes
- 3) 10 círculos e 5 retângulos de tamanhos diferentes
- 4) 15 círculos e 2 retângulos de tamanhos diferentes

Trabalho computacional: Robótica móvel - Parte 1

Os mapas são chamados no **pso.m** (linha 20).

Linha 20: Model = CreateModel();

Assim sugiro fazerem uma estrutura *switch-case* para chamar os mapas número 1, 2, 3 ou 4.



Trabalho computacional: Robótica móvel - Parte 2

Avaliar (modificar o **pso.m**) os 4 mapas para:

Linha 22: model.n=3; % number of Handle Points

Testar para n=4, 5 e 6 pontos

Linha 38-45:

MaxIt=500;	% Maximum Number of Iterations
nPop=150;	% Population Size (Swarm Size)
w=1;	% Inertia Weight
wdamp=0.98;	% Inertia Weight Damping Ratio
c1=1.5;	% Personal Learning Coefficient
c2=1.5;	% Global Learning Coefficient

Testar diferentes valores para c1 e c2.

Código original

<http://yarpiz.com/403/ypap115-path-planning>

Trabalho computacional: Robótica móvel - Parte 2

Continuação

Avaliar (modificar o **pso.m**) os 4 mapas para:


Linha 126-129: model.n=3; % number of Handle Points

% Update Velocity

```
particle(i).Velocity.x = w*particle(i).Velocity.x ...  
+ c1*rand(VarSize).*(particle(i).Best.Position.x-particle(i).Position.x) ...  
+ c2*rand(VarSize).*(GlobalBest.Position.x-particle(i).Position.x);
```

Testar diferentes equações de velocidade
(Gaussiana, Cauchy, etc).

Inspiração



Particle Swarm Optimization Research Toolbox

by George Evers
24 Jul 2010 (Updated 15 May 2011)

Gbest PSO, Lbest PSO, RegPSO, GCP SO, MPSO, OPSO, Cauchy mutation, and hybrid combinations

4.2 / 12 ratings
Rate this file

346 Downloads (last 30 days)
File Size: 125 KB
File ID: #28291
Version: 1.22

Description The Particle Swarm Optimization Research Toolbox was written to assist with thesis research combating the premature convergence problem of particle swarm optimization (PSO). The control panel offers ample flexibility to accommodate various research directions; after specifying your intentions, the toolbox will automate several tasks to free up time for conceptual planning.

EXAMPLE FEATURES

- + Choose from Gbest PSO, Lbest PSO, RegPSO, GCP SO, MPSO, OPSO, Cauchy mutation of global best, and hybrid combinations.

Código original

<http://yarpiz.com/403/ypap115-path-planning>

Trabalho computacional: Robótica móvel - Parte 2

Continuação

Avaliar (modificar o **pso.m**) os 4 mapas para:

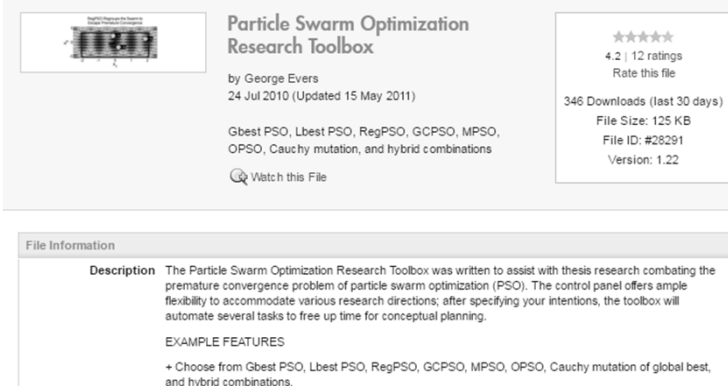
Linha 126-129: model.n=3; % number of Handle Points

% Update Velocity

```
particle(i).Velocity.x = w*particle(i).Velocity.x ...  
+ c1*rand(VarSize).*(particle(i).Best.Position.x-particle(i).Position.x) ...  
+ c2*rand(VarSize).*(GlobalBest.Position.x-particle(i).Position.x);
```

Testar diferentes equações de velocidade
(Gaussiana, Cauchy, etc).

Inspiração



The screenshot shows the MATLAB Central page for the 'Particle Swarm Optimization Research Toolbox'. It includes a file icon, the title 'Particle Swarm Optimization Research Toolbox', the author 'by George Evers', the date '24 Jul 2010 (Updated 15 May 2011)', a list of supported algorithms (Gbest PSO, Lbest PSO, RegPSO, GCP SO, MPSO, OPSO, Cauchy mutation, and hybrid combinations), a 'Watch this File' button, a star rating of 4.2/5, 12 ratings, 346 downloads, a file size of 125 KB, file ID #28291, and version 1.22. The 'File Information' section contains a description of the toolbox's purpose and a list of example features.

Particle Swarm Optimization Research Toolbox
by George Evers
24 Jul 2010 (Updated 15 May 2011)
Gbest PSO, Lbest PSO, RegPSO, GCP SO, MPSO, OPSO, Cauchy mutation, and hybrid combinations
Watch this File
4.2 / 12 ratings
Rate this file
346 Downloads (last 30 days)
File Size: 125 KB
File ID: #28291
Version: 1.22

File Information
Description The Particle Swarm Optimization Research Toolbox was written to assist with thesis research combating the premature convergence problem of particle swarm optimization (PSO). The control panel offers ample flexibility to accommodate various research directions; after specifying your intentions, the toolbox will automate several tasks to free up time for conceptual planning.
EXAMPLE FEATURES
+ Choose from Gbest PSO, Lbest PSO, RegPSO, GCP SO, MPSO, OPSO, Cauchy mutation of global best, and hybrid combinations.

Possibilidade 2

Processamento de imagens

Introdução: Segmentação

Para separar os objetos que desejamos analisar da imagem inicial, utilizamos técnicas de binarização ou limiarização.

A binarização é o método mais simples de segmentação de imagens.

Resumidamente consiste em separar uma imagem, em regiões de interesse e não interesse através da escolha de um ponto de corte.

Essas regiões podem ser representadas por *pixels* pretos e brancos.

Os métodos mais simples de limiarização utilizam um único ponto de corte também conhecido por *threshold* (limiar).

Introdução: Segmentação

Efeitos da escolha do Limiar



Imagem Original



Imagem segmentada por
Thresholding



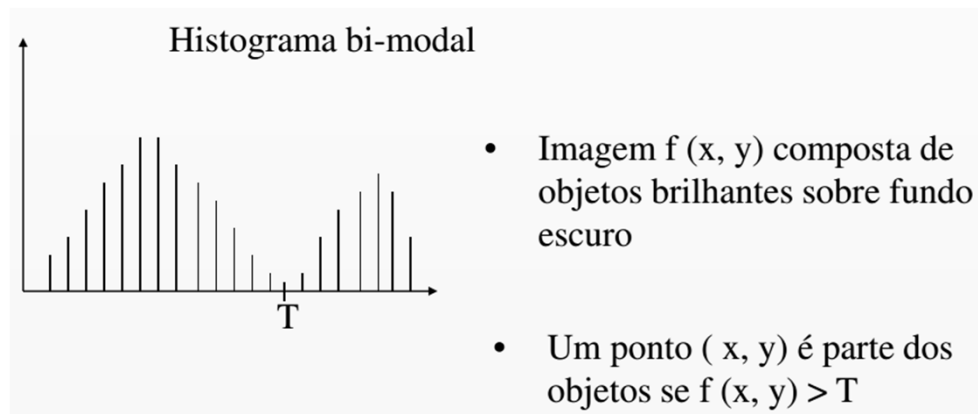
Thresholding Baixo



Thresholding Alto

Introdução: Método Otsu (1979)

Baseado na análise de discriminante. Técnica que determina um limiar ótimo considerando uma imagem f , que apresenta melhor funcionamento em imagens cujos histogramas são **bimodais**. A ideia é aproximar o histograma de uma imagem por duas funções Gaussianas e escolher o limiar de forma a minimizar a variância intra-classes. Cada classe possui suas próprias características, ou seja, sua média e desvio-padrão.



<https://www.dcc.ufmg.br/pos/cursos/defesas/868M.PDF>

Códigos:

<http://clickdamage.com/sourcecode/index.php>

<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/11184-thresholding-images/content/ThresGUI/ThresGUI.m>

[otsuThreshold.m](#)
[kapurThreshold.m](#)
[rosinThreshold.m](#)
[dootsuthreshold.m](#)
[dokapurthreshold.m](#)
[dorosinthreshold.m](#)

Introdução: Método Kapur (1985)

Método de binarização utilizando o cálculo da entropia da imagem considerando que os *pixels* da imagem poderiam ser classificados como pertencentes ao objeto ou ao fundo.

Ao definir duas classes estatisticamente independentes (objeto e fundo) como componentes de um sistema único (imagem), o método considera que as características de luminância dos pixels que compõem as classes objeto e fundo são independentes entre si.

Kapur, J.N.; Sahoo, P.K.; Wong, K.C. A New Method for Gray Level Picture Thresholding using the Entropy of the Histogram, Computer Vision, Graphics and Image Processing, p. 29, 1985.

<http://pequan.lip6.fr/~bereziate/pima/2011/seuillage/kapur85.pdf>

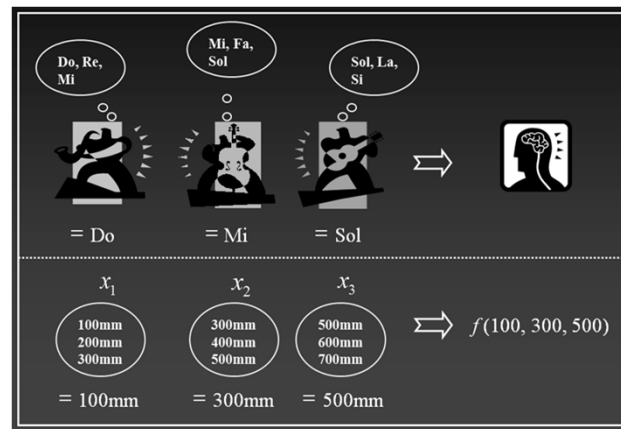
Introdução: Busca harmônica (1991)

Metaheurística baseada no processo de desempenho musical que acontece quando um músico procura atingir um melhor estado da harmonia, assim como durante uma improvisação do jazz.

Na improvisação musical, cada músico toca um som qualquer do seu instrumento dentro de uma extensão possível, produzindo junto um vetor de harmonia. Se todos os sons produzirem uma boa solução, esta experiência é armazenada em cada memória de variável e a possibilidade de produzir uma boa solução é aumentada na próxima vez.



Zong Woo Geem



- Musical Inst. → Decision Var.
- Pitch Range → Value Range
- Harmony → Solution Vector
- Aesthetics → Objective Function
- Practice → Iteration
- Experience → Memory Matrix

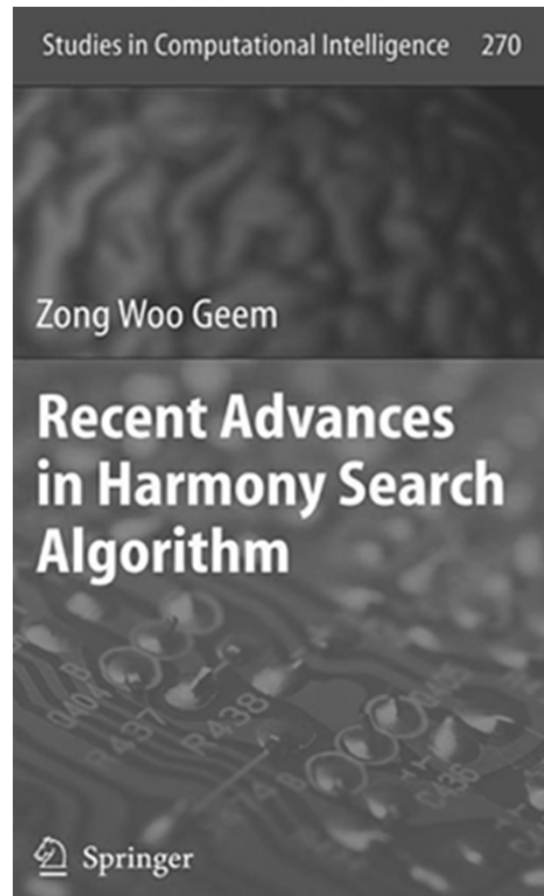
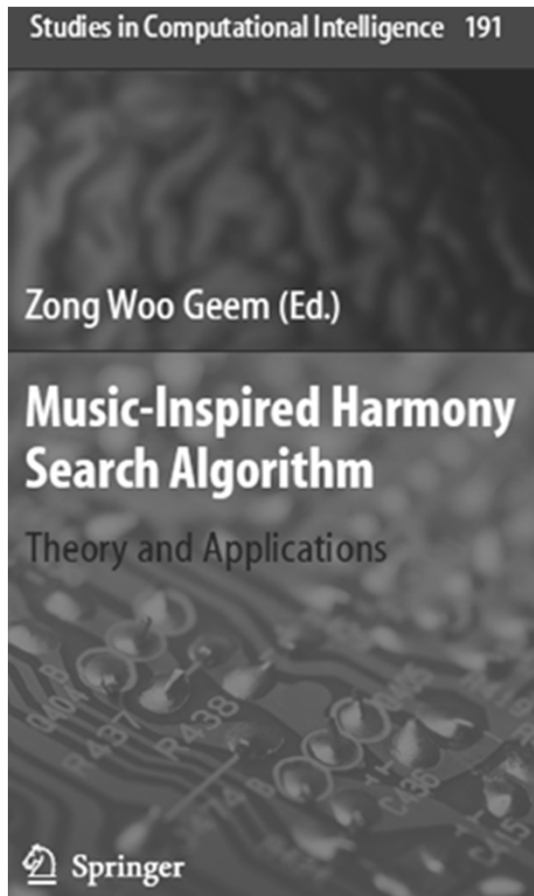
Geem, Z.W.; Kim, J.H. and Loganathan, G.V. (2001). A new heuristic optimization algorithm: harmony search, Simulation, Vol. 76, No. 2, pp. 60–68.

Fundamentos da HS

Osama Moh'd Alia, Rajeswari Mandava, The variants of the harmony search algorithm: an overview, Artificial Intelligence Review, Volume 36, Issue 1, pp 49-68, 2011.

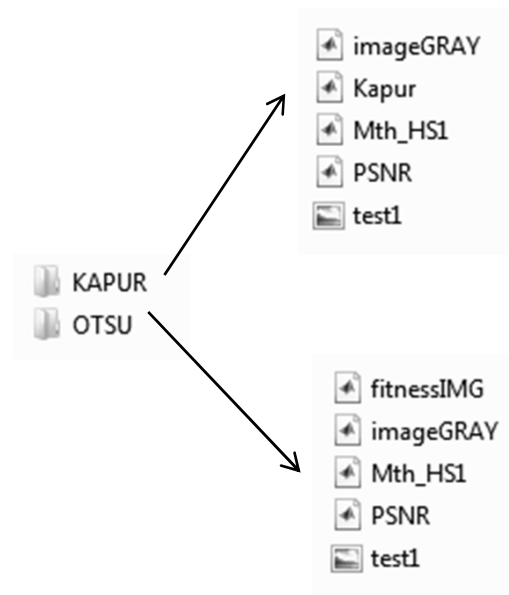
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10462-010-9201-y>

Introdução: Busca harmônica (HS)



Trabalho computacional: Processamento de imagens

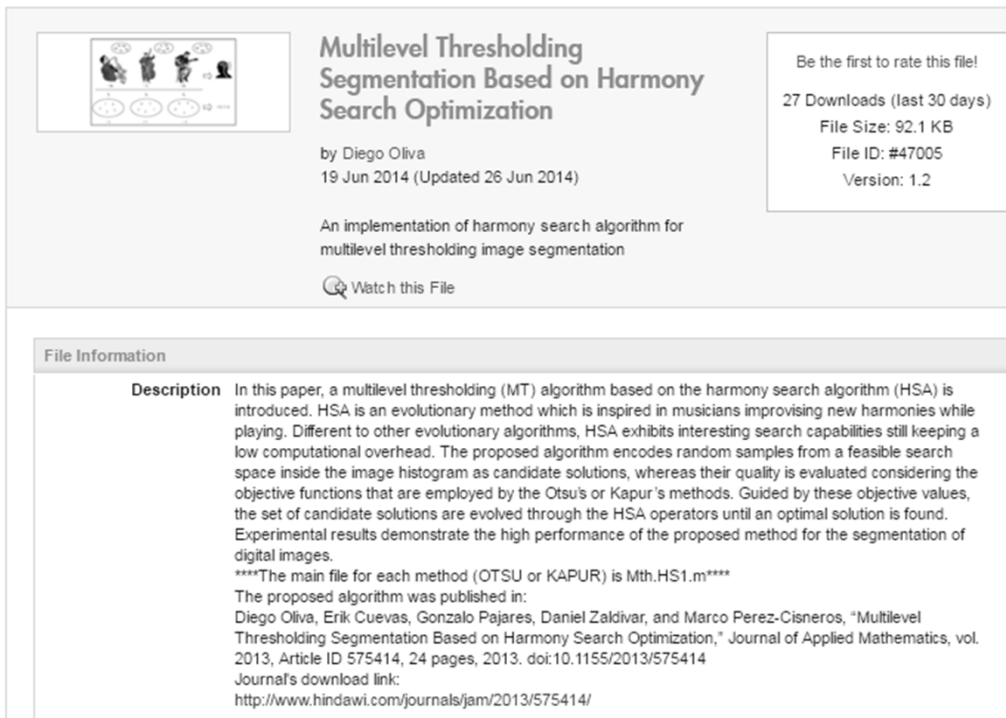
Projetar um algoritmo PSO para segmentação (métodos: Otsu e Kapur) de imagens em tons de cinza (*gray level*).



Código original

<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/47005-multilevel-thresholding-segmentation-based-on-harmony-search-optimization>

Trabalho computacional: Processamento de imagens - Parte 1



The screenshot shows the MATLAB Central file exchange page for the file "Multilevel Thresholding Segmentation Based on Harmony Search Optimization" by Diego Oliva. The page includes a thumbnail image of a segmented image, the file's title, author information, download statistics, and a detailed description of the algorithm. The description explains that the algorithm is based on the harmony search algorithm (HSA) and is used for multilevel thresholding image segmentation. It also provides a link to the journal article where the algorithm was published.

Multilevel Thresholding Segmentation Based on Harmony Search Optimization

by Diego Oliva
19 Jun 2014 (Updated 26 Jun 2014)

An implementation of harmony search algorithm for multilevel thresholding image segmentation

Be the first to rate this file!
27 Downloads (last 30 days)
File Size: 92.1 KB
File ID: #47005
Version: 1.2

Watch this File

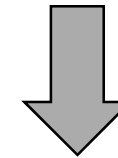
File Information

Description In this paper, a multilevel thresholding (MT) algorithm based on the harmony search algorithm (HSA) is introduced. HSA is an evolutionary method which is inspired in musicians improvising new harmonies while playing. Different to other evolutionary algorithms, HSA exhibits interesting search capabilities still keeping a low computational overhead. The proposed algorithm encodes random samples from a feasible search space inside the image histogram as candidate solutions, whereas their quality is evaluated considering the objective functions that are employed by the Otsu's or Kapur's methods. Guided by these objective values, the set of candidate solutions are evolved through the HSA operators until an optimal solution is found. Experimental results demonstrate the high performance of the proposed method for the segmentation of digital images.

****The main file for each method (OTSU or KAPUR) is Mth.HS1.m****

The proposed algorithm was published in:
Diego Oliva, Erik Cuevas, Gonzalo Pajares, Daniel Zaldivar, and Marco Perez-Cisneros, "Multilevel Thresholding Segmentation Based on Harmony Search Optimization," Journal of Applied Mathematics, vol. 2013, Article ID 575414, 24 pages, 2013. doi:10.1155/2013/575414
Journal's download link:
<http://www.hindawi.com/journals/jam/2013/575414/>

Harmony Search (HS)



Particle swarm optimization (PSO)

LER: Diego Oliva, Erik Cuevas, Gonzalo Pajares, Daniel Zaldivar, and Marco Perez-Cisneros, Multilevel Thresholding Segmentation Based on Harmony Search Optimization, Journal of Applied Mathematics, vol. 2013, ID 575414, 2013.

<http://www.hindawi.com/journals/jam/2013/575414/>

Código original

<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/47005-multilevel-thresholding-segmentation-based-on-harmony-search-optimization>

Trabalho computacional:

Processamento de imagens - Parte 2

Rodar o exemplo:

```
>> Mth_HS1
```

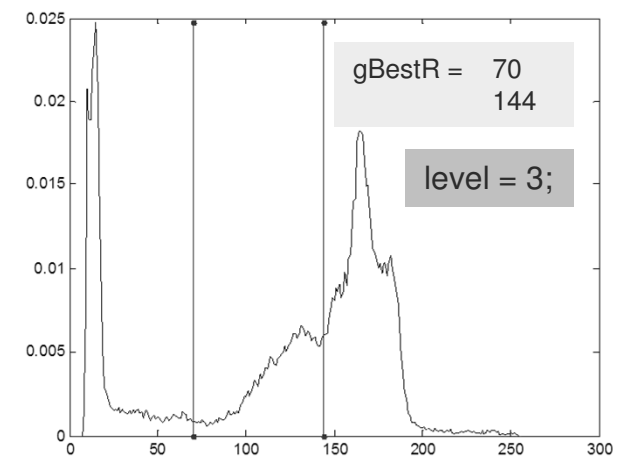
```
Best estimates: =72 140 fmin=3648.7235 Iteration=1
```

```
Best estimates: =73 145 fmin=3651.3298 Iteration=87
```

```
Best estimates: =72 145 fmin=3651.6131 Iteration=128
```

```
Best estimates: =72 145 fmin=3651.6131 Iteration=129
```

Linha 22: `I = imread('test1.jpg');`



Trabalho computacional:

Processamento de imagens - Parte 2

Modificar o algoritmo PSO de forma a usar o estudo de caso de segmentação do Mth_HS1.m

Testar diferentes valores de **levels** (mínimo de 3 níveis) para 4 imagens em tons de cinza.

Testar diferentes equações de velocidade (Gaussiana, Cauchy, etc).

Testar diferentes valores de c1 e c2 no PSO com máximo número de gerações igual a 25000 e tamanho de população de 50. Pois no HS:

```
MaxAttempt = 25000; % Max number of Attempt
% Initial parameter setting
HS_size = 50;      %Length of solution vector
```

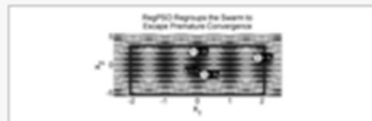
rgb2gray

Convert RGB image or colormap to grayscale

<http://www.mathworks.com/help/matlab/ref/rgb2gray.html>

Comparar os resultados do PSO com os do Harmony Search (HS) em termos de valores de função objetivo (**PROBLEMA DE MAXIMIZAÇÃO**).

Inspiração para modificar o PSO clássico



Particle Swarm Optimization Research Toolbox

by George Evers

24 Jul 2010 (Updated 15 May 2011)

Gbest PSO, Lbest PSO, RegPSO, GCPSO, MPSO, OPSO, Cauchy mutation, and hybrid combinations

 Watch this File

★★★★★

4.2 | 12 ratings

Rate this file

346 Downloads (last 30 days)

File Size: 125 KB

File ID: #28291

Version: 1.22

File Information

Description The Particle Swarm Optimization Research Toolbox was written to assist with thesis research combating the premature convergence problem of particle swarm optimization (PSO). The control panel offers ample flexibility to accommodate various research directions; after specifying your intentions, the toolbox will automate several tasks to free up time for conceptual planning.

EXAMPLE FEATURES

+ Choose from Gbest PSO, Lbest PSO, RegPSO, GCPSO, MPSO, OPSO, Cauchy mutation of global best, and hybrid combinations.