

Uma Heurística de Sintonização de Parâmetros Denominada Robust Parameter Searcher

Apresentação SORAI

Dr. André Rodrigues da Cruz

dacruz@cefetmg.br

9 de Julho de 2021

1. Introdução
2. Definição do Problema de Sintonização
3. Robust Parameter Searcher
4. Estudo de Caso
5. Trabalhos Futuros

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

- Sintonização de algoritmo:
 - Procedimento de metaotimização: *Otimiza o otimizador*
 - Regula valores de parâmetros: *Real, inteiro, discreto não ordenável*
 - Aprimora função de utilidade
 - *Avalia amostra de execuções*
 - *Estatística de interesse*
 - *Mono ou multiobjetivo*
 - *Comparação amostral ou via teste estatístico*
 - Alto custo computacional
- Sintonizador ideal: *Melhores parâmetros com menos meta-avaliações*
- Especialista versus Generalizada
- Aplicação:
 - Aprimorar resultados
 - Comparação justa de heurísticas
- Referência inicial indicada: Montero et al. (2014)

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

- Considere:
 - \mathcal{A} : algoritmo
 - $\Lambda(\boldsymbol{\pi}, f, \zeta, \kappa)$: instância de \mathcal{A}
 - $\boldsymbol{\pi} = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m) \in \Pi$: vetor de m parâmetros (parâmetros de decisão)
 - $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}, f \in \mathcal{F}$: função-objetivo a ser minimizada por Λ
 \hookrightarrow Determinar $\mathbf{x} = \mathbf{x}^* \in \mathcal{S} \subseteq \mathbb{R}^n$
 - $\zeta \in \mathbb{N}$: semente para o gerador de números aleatórios de Λ
 - $\kappa \in \mathbb{N}^*$: orçamento computacional (avaliações de f)
 - $\Omega \subseteq \Pi \times \mathcal{F} \times \mathbb{N} \times \mathbb{N}^*$: espaço de possíveis entradas para Λ
 - $\forall \omega \in \Omega \rightarrow \exists! \gamma \in \mathbb{R}; \gamma = \Lambda(\omega) = f(\mathbf{x}^b); \mathbf{x}^b \in \mathcal{S}$
 - A execução de $\Lambda(\omega)$ determina um único melhor valor de função-objetivo encontrado $\gamma = f(\mathbf{x}^b)$ associado à melhor solução encontrada $\mathbf{x}^b \in \mathcal{S}$.

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

■ Problema:

- Determinar $\pi = \pi^* \in \Pi$ para \mathcal{A}
- Objetivos de treinamento: $\forall f_i \in \mathcal{F} = \{f_1, f_2, \dots, f_t\}$
- Orçamento fixo de execução de Λ : κ
- Função de utilidade: ν

■ Modelagem:

- Seja $f_i \in \mathcal{F}$ e $\zeta_j \in \{\zeta_1, \dots, \zeta_{e_i}\}$ para $e_i \in \mathbb{N}^*$
- Defina: $\gamma_{i,j}(\pi) = \Lambda(\pi, f_i, \zeta_j, \kappa)$
- Estimador da esperança de $\gamma_{i,j}(\pi)$ sobre os ζ_j : $\hat{\gamma}_i = \left(\sum_{j=1}^{e_i} \gamma_{i,j} \right) / e_i$
- *Mean Best Fitness* (MBF): $\nu(\hat{\gamma}_1, \hat{\gamma}_2, \dots, \hat{\gamma}_t) = \left(\sum_{i=1}^t \hat{\gamma}_i \right) / t$

■ Modelo sintonizador de parâmetros:

$$\pi^* = \arg \min_{\pi} \nu(\hat{\gamma}_1, \hat{\gamma}_2, \dots, \hat{\gamma}_t)$$

■ Problema computacionalmente caro, ruidoso e multimodal

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

- Baseado no Nelder Mead Simplex (Nelder and Mead, 1965)
- Restrições de limite de variáveis
- Operador de comparação baseado em confiança
- Reavaliação de soluções do simplex
 - Número máximo cresce linearmente com avaliação global até limite
 - $e = 1 + (e_{\max} - 1) \lfloor \frac{e+0,5}{e} \rfloor$
- Parâmetros:
 - $\delta_e \in [1, 1; 3, 0]$: coeficiente de expansão
 - $\delta_c \in [0, 1; 0, 9]$: coeficiente de contração
 - $\delta_s \in [0, 1; 0, 9]$: coeficiente de encolhimento do simplex
 - $f_p \in [0, 001; 0, 100]$: fração para determinar o raio inicial do simplex
 - $\varepsilon \in [1, 0; 0, 001]$: distância permitida entre a melhor e a pior solução
 - $e_{\max} \in \{2; \dots; 10\}$: máximo de reavaliações de uma única solução ao final
 - $p_\alpha \in [0, 05; 0, 5]$: nível de significância para comparar pares de soluções

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

**Robust Parameter
Searcher**

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

- Não se avalia inactiváveis
- Comparação de soluções:
 - 1 Dois inviáveis \rightarrow menos violado (soma)
 - 2 **Factível** e inviável
 - 3 Dois viáveis: teste-t nível de significância p_α ($<$)
 - a Se há diferença \rightarrow comparação concluída
 - b C.c., reavalia solução com maior desvio na utilidade (e não atingido)
 \hookrightarrow Se limitação atingida, avalia outra, caso puder.
 - c Repete-se até ambas atingirem e sem detectar diferença

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Heurísticas Comparadas:

- Random Search (RS)
- Parameter Iterated Local Search (ParamILS) (Hutter et al., 2009)
- Algoritmo Genético (mGA)
- Relevance Estimation and Value Calibration (Revac) (Nannen and Eiben, 2007)
- Bounded Nelder Mead (bNM)
- Robust Parameter Searcher (RPS)

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Experimento Computacional:

- Sintonização da Evolução Diferencial (Das and Suganthan, 2011)
 - $de_1 \in \{4; \dots; 200\}$: tamanho da população de soluções
 - $de_2 \in [0; 2]$: fator de mutação
 - $de_3 \in [0, 1; 0, 9]$: taxa de cruzamento
 - $de_4 \in \{\text{Rand}/1/\text{Bin}, \text{Best}/1/\text{Bin}, \text{Mean}/1/\text{Bin}, \text{Rand}/1/\text{Exp}, \text{Best}/1/\text{Exp}, \text{Mean}/1/\text{Exp}\}$
- \mathcal{F} composto por 12 funções-objetivo
 - Elliptic, Bent Cigar, Discus, Rosenbrock, Ackley, Weierstrass, Griewank, Rastrigin, Schwefel, Katsuura, HappyCat, HGBat
 - Dimensão $n = 10$
 - Sintonia generalizada

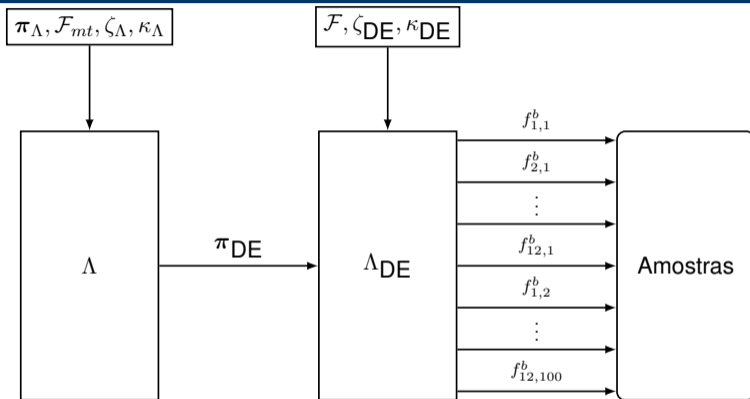


Figura 4.1: Processo de extração da amostra de melhores objetivos induzido pelo parâmetro π_{DE} , obtido pela heurística \mathcal{A}_{mt} , e 100 execuções da DE para cada função-objetivo.

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Experimento Computacional:

- Cinco baterias por avaliações de utilidade
 - 500, 2000, 3000, 5000 e 10000 meta-avaliações
 - $\kappa_S = 500$ (sintonia) e $\kappa_T = 1000$ (teste)
 - 50 sintonias por heurística, 100 execuções de teste pelos 12 objetivos
↪ 60.000 amostras de melhor avaliação de objetivo por sintonizador
 - H_0 : medianas de melhores objetivos retornados pela DE, com parâmetros induzidos por RS, ParamILS, mGA, Revac, bNM e RPS, são iguais
 - Teste de Quade e procedimento de Holm (García et al., 2010)
 - Nível de confiança: 0,95
- Implementação em C++
- Duas semanas de execução

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 1: Estatísticas para o $\log(f(x) + 1)$ dos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 500 avaliações.

Estatística	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM	RPS
Mínimo	0,0525	0,0542	0,0859	0,0664	0,0391	0,0469
1º Quartil	1,1862	1,5352	1,4102	1,2333	1,2640	1,2499
Mediana	3,1219	3,4668	3,5863	3,3082	3,4358	3,4389
3º Quartil	7,5122	7,6058	7,6085	7,5649	7,5419	7,5515
Máximo	24,1011	23,9249	23,6441	23,5626	23,6939	23,4321

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 2: Valores-p geral e das comparações pareadas entre os algoritmos pelo teste de Quade em relação aos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 500 avaliações.

	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM
ParamILS	0,000000	–	–	–	–
mGA	0,000000	0,284832	–	–	–
Revac	0,001182	0,000000	0,000000	–	–
bNM	0,000058	0,000000	0,000000	0,453717	–
RPS	0,000000	0,000000	0,000000	0,005450	0,042473
Valor-p do Teste: 0,000000					

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 3: Estatísticas para o $\log(f(x) + 1)$ dos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 2000 avaliações.

Estatística	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM	RPS
Mínimo	0,0895	0,0101	0,0690	0,0233	0,0306	0,0072
1 ^o Quartil	1,2841	1,4643	1,2869	1,1411	1,1906	1,0713
Mediana	3,2985	3,3912	3,3387	3,0846	3,1852	3,1374
3 ^o Quartil	7,5921	7,6143	7,5811	7,5574	7,4790	7,5235
Máximo	24,0375	24,7112	23,1487	22,7412	23,9821	23,5301

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 4: Valores-p geral e das comparações pareadas entre os algoritmos pelo teste de Quade em relação aos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 2000 avaliações.

	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM
ParamILS	0,000000	–	–	–	–
mGA	0,583943	0,000000	–	–	–
Revac	0,000000	0,000000	0,000000	–	–
bNM	0,000000	0,000000	0,000000	0,000833	–
RPS	0,000000	0,000000	0,000000	0,000042	0,000000
Valor-p do Teste: 0,000000					

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 5: Estatísticas para o $\log(f(x) + 1)$ dos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 3000 avaliações.

Estatística	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM	RPS
Mínimo	0,0302	0,0186	0,0730	0,0134	0,0364	0,0221
1º Quartil	1,3092	1,4283	1,3925	1,1824	1,3301	1,0815
Mediana	3,2889	3,3413	3,3472	3,1385	3,3410	3,1318
3º Quartil	7,6016	7,6704	7,5564	7,5869	7,4845	7,5434
Máximo	24,3977	23,9069	22,8206	23,0040	24,0531	23,5500

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 6: Valores-p geral e das comparações pareadas entre os algoritmos pelo teste de Quade em relação aos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 3000 avaliações.

	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM
ParamILS	0,000000	–	–	–	–
mGA	0,001178	0,000000	–	–	–
Revac	0,000000	0,000000	0,000000	–	–
bNM	0,000000	0,000000	0,000000	0,001178	–
RPS	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Valor-p do Teste: 0,000000					

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 7: Estatísticas para o $\log(f(x) + 1)$ dos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 5000 avaliações.

Estatística	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM	RPS
Mínimo	0,0618	0,0218	0,0137	0,0486	0,0436	0,0180
1º Quartil	1,3280	1,4207	1,3615	1,1435	1,3059	1,0936
Mediana	3,3138	3,3927	3,3336	3,1772	3,3115	3,0877
3º Quartil	7,5153	7,4779	7,5594	7,5773	7,4838	7,4995
Máximo	24,4259	23,8751	23,2131	23,4544	23,7194	23,0285

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 8: Valores-p geral e das comparações pareadas entre os algoritmos pelo teste de Quade em relação aos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 5000 avaliações.

	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM
ParamILS	0,000000	–	–	–	–
mGA	0,000000	0,000427	–	–	–
Revac	0,000427	0,000000	0,000000	–	–
bNM	0,053744	0,000004	0,000000	0,000000	–
RPS	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Valor-p do Teste: 0,000000					

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 9: Estatísticas para o $\log(f(x) + 1)$ dos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 10000 avaliações.

Estatística	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM	RPS
Mínimo	0,0459	0,0622	0,0821	0,0336	0,0183	0,0286
1 ^o Quartil	1,2617	1,5212	1,4059	1,0945	1,3245	1,0404
Mediana	3,3073	3,4053	3,3657	3,0904	3,2741	3,0843
3 ^o Quartil	7,5976	7,5244	7,5462	7,5509	7,4653	7,5444
Máximo	23,5934	23,8075	23,4828	22,8276	23,9309	22,8703

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Resultados:

Tabela 10: Valores-p geral e das comparações pareadas entre os algoritmos pelo teste de Quade em relação aos melhores valores de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização de parâmetros com 10000 avaliações.

	RS	ParamILS	mGA	Revac	bNM
ParamILS	0,000000	–	–	–	–
mGA	0,000000	0,000336	–	–	–
Revac	0,000000	0,000000	0,000000	–	–
bNM	0,000241	0,000000	0,000000	0,000000	–
RPS	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Valor-p do Teste: 0,000000					

Resultados:

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

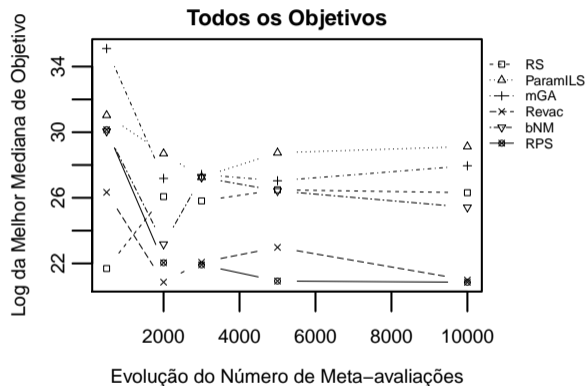


Figura 4.2: Evolução das medianas do $\log(f(x) + 1)$ para o melhor valor de objetivo retornados pela DE, induzidos pelos conjuntos de parâmetros ajustados pelas heurísticas de sintonização.

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

- Incluir i-Race na parada do movimento experimental
- Experimentar sintonia especializada
- Experimentar em outros algoritmos
- Publicar

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Das, S. and Suganthan, P. N. (2011). Differential evolution: a survey of the state-of-the-art. *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on*, 15(1):4–31.

García, S., Fernández, A., Luengo, J., and Herrera, F. (2010). Advanced nonparametric tests for multiple comparisons in the design of experiments in computational intelligence and data mining: Experimental analysis of power. *Information Sciences*, 180(10):2044–2064.

Hutter, F., Hoos, H. H., Leyton-Brown, K., and Stützle, T. (2009). ParamILS: an automatic algorithm configuration framework. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 36(1):267–306.

Montero, E., Riff, M.-C., and Neveu, B. (2014). A beginner's guide to tuning methods. *Applied Soft Computing*, 17:39–51.

Introdução

Definição do
Problema de
Sintonização

Robust Parameter
Searcher

Estudo de Caso

Trabalhos Futuros

Referências

Nannen, V. and Eiben, A. (2007). Efficient relevance estimation and value calibration of evolutionary algorithm parameters. In *Evolutionary Computation, 2007. CEC 2007. IEEE Congress on*, pages 103–110. IEEE.

Nelder, J. A. and Mead, R. (1965). A simplex method for function minimization. *The Computer Journal*, 7(4):308–313.

Thank You!



Dr. da Cruz, A. R.
dacruz@cefetmg.br