
Inteligência Computacional

Docente

Inês Dominguês
Carlos Pereira

Alunos

Paulo Henrique Figueira Pestana de Gouveia - a2020121705
Nuno Alexandre Almeida Santos - a2019110035

January 9, 2023

Índice

1	Descrição do Problema	1
2	Descrição das Metodologias	1
2.1	Metodologias Comum em ambas as fases	1
2.2	Metodologias Manual	1
2.3	Metodologia GridSearch	2
2.4	Metodologia Pso	3
3	Diagrama	5
4	Implementação dos Algoritmo	6
4.1	Manual	6
4.2	PSO	6
5	Análise dos Resultados	7
5.1	Parte Manual	7
5.1.1	Deep Network	7
5.1.2	CNN 1D	9
5.2	GridSearch	11
5.3	PSO	12
6	Conclusão	13
7	Referências	13

1 Descrição do Problema

Enfrentamos um problema de regressão em que nosso objetivo é treinar uma rede densa e uma rede de convolução de uma dimensão para estimar o valor do Bitcoin a cada minuto.

Sabemos que não será possível estimar o valor exato do Bitcoin, pois existem fatores externos que não podemos controlar ou prever (como Elon Musk e outros influenciadores), mas nosso objetivo é ficar o mais próximo possível.

Dado que nossa rede será treinada com exemplos de 1/01/2021 a 12/05/2021, após o treinamento da rede, compararemos nossos valores obtidos com os valores reais nos dias após o último dia em que a rede foi treinada.

Inicialmente, a escolha dos hiperparâmetros é feita manualmente, realizamos vários testes com diferentes variações, analisando o impacto de cada um na performance.

Em seguida, utilizaremos a técnica de "GridSearch" para escolher os melhores valores para os hiperparâmetros e o algoritmo PSO para explorar iterativamente o espaço de pesquisa e encontrar a solução ótima, otimizando também os hiperparâmetros.

Compararemos ambas as metodologias fazendo uma análise das suas diferenças e qual teve a melhor performance.

2 Descrição das Metodologias

2.1 Metodologias Comum em ambas as fases

O ficheiro CSV "main.csv" é lido e armazenado em um conjunto de dados, que é dividido em um conjunto de treinamento que contém 80% dos dados e um conjunto de teste com o resto.

O conjunto de dados é pré-processado usando o MinMaxScaler para garantir que todas as colunas tenham valores entre 0 e 1.

2.2 Metodologias Manual

Uma rede neural é criada usando o TensorFlow. A rede é composta por uma camada de entrada, seguida por camadas ocultas de neurônios e uma camada de saída.

A quantidade de camadas, neurônios, as funções de ativação usadas variavam conforme eram variados os testes.

Em seguida, o modelo é compilado usando um otimizador com um "learning rate" que também era variado, e uma função de perda "binary_crossentropy", pois estamos lidando com um problema de classificação binária (prever se o valor do Bitcoin aumentará ou diminuirá).

Após compilar o modelo, ele é treinado usando o método `fit()` do TensorFlow. O conjunto de treinamento e as etiquetas de treinamento são passados como argumentos para o método. Algumas configurações adicionais também são especificadas, como o número de épocas (iterações através do conjunto de treinamento) e o tamanho do batch (quantas amostras são usadas em cada atualização dos pesos da rede).

Durante o treinamento, o modelo ajusta seus pesos e biases para minimizar a função de perda. Isso é feito usando o algoritmo de otimização Adam, que atualiza os pesos da rede a cada lote usando uma combinação de gradiente descendente estocástico e momentum.

Após o treinamento, o modelo é avaliado usando o conjunto de teste e as etiquetas de teste correspondentes. O método `evaluate()` do TensorFlow é usado para calcular a precisão do modelo. A precisão é medida como a percentagem de previsões corretas feitas pelo modelo.

Finalmente, as previsões são feitas usando o método `predict()` do TensorFlow. O conjunto de teste é passado como argumento para o método e as previsões são armazenadas em uma variável.

Por fim, o modelo é salvo em um arquivo para que possa ser usado posteriormente. Isso é feito usando o método `save()` do TensorFlow.

2.3 Metodologia GridSearch

Esta é uma implementação de procura em grelha (grid search) para otimizar os hiperparâmetros de um modelo de regressão de redes neurais (MLPRegressor). A procura em grelha é uma técnica que consiste em testar todas as combinações possíveis de valores de hiperparâmetros especificados num dicionário de parâmetros (parameters).

O dicionário de parâmetros em causa inclui duas chaves:

- `'hidden_layer_sizes'`
- `'activation'`

A chave `'hidden_layer_sizes'` especifica uma lista de tuplos, onde cada tuplo representa uma configuração de tamanho de camadas escondidas para testar. A chave `'activation'` especifica uma lista de funções de ativação para testar.

O objeto `GridSearchCV` é inicializado com um modelo `MLPRegressor` e os parâmetros especificados no dicionário `'parameters'`, além de outros parâmetros. O parâmetro `'scoring'` especifica a métrica usada para avaliar os modelos durante a procura em grelha. O parâmetro `'n_jobs'` especifica o número de processadores a serem usados na procura em grelha (-1 significa usar todos os processadores disponíveis). O parâmetro `'cv'` especifica o número de dobras para usar na validação cruzada.

Por fim, o método `'fit'` é usado para treinar o modelo com o conjunto de treino `'normed_train_dataset'` e as etiquetas de treino `'train_labels'`. Isso executa a procura em grelha e treina e avalia modelos para cada combinação de hiperparâmetros especificados. O modelo com os melhores hiperparâmetros é armazenado internamente no objeto `GridSearchCV`.

2.4 Metodologia Pso

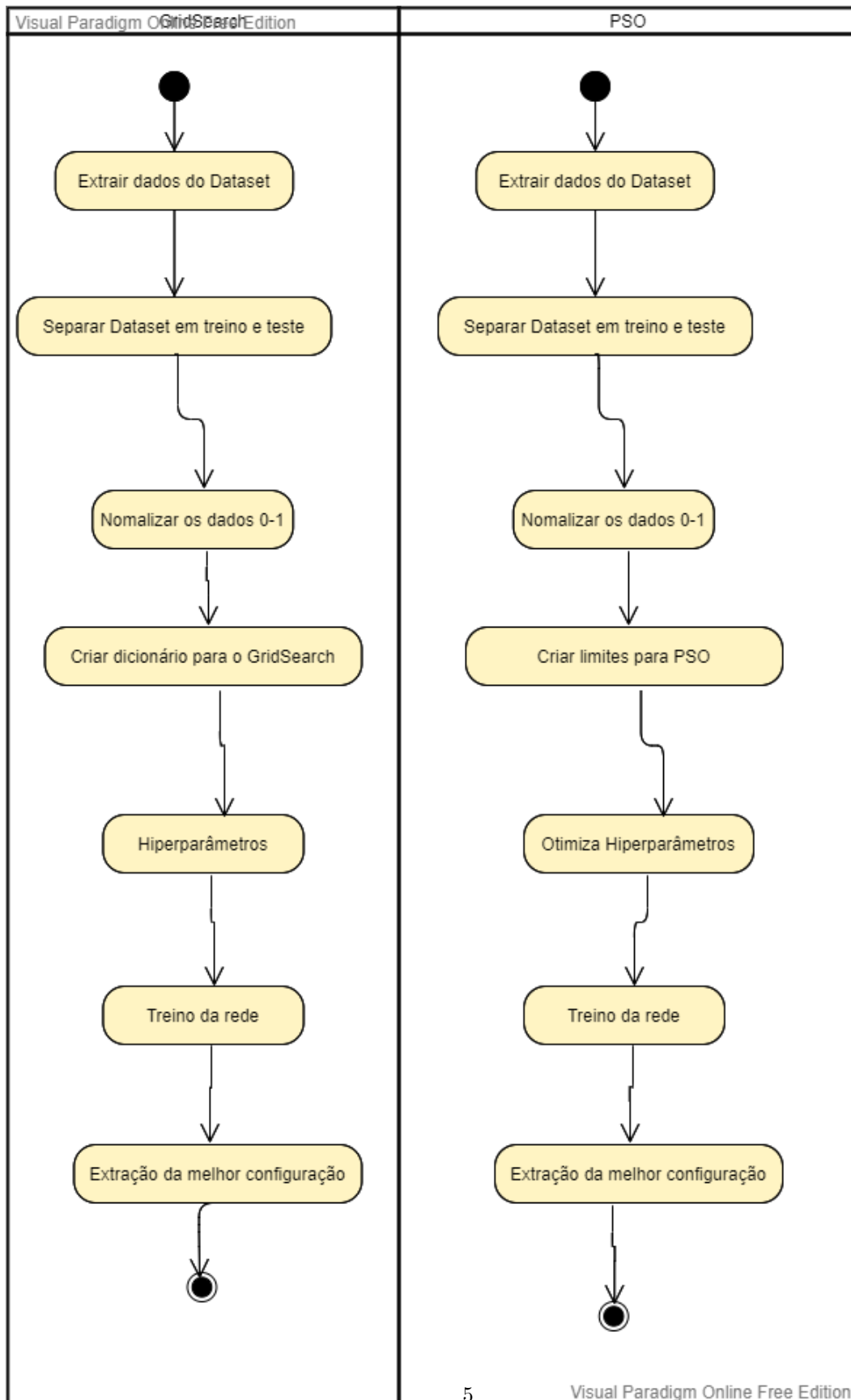
Nesta função, a metodologia usada é a Otimização por Enxame de Partículas (Particle Swarm Optimization, PSO). O objetivo é encontrar os parâmetros ótimos de um modelo de redes neurais (definido na função "objective") através do uso de uma abordagem de otimização baseada em metaheurísticas.

O algoritmo de PSO é inicializado com uma função "optimizer" que define alguns parâmetros de configuração, como o número de partículas (n_particles), o número de dimensões (dimensions) e os coeficientes c1 e c2. Também é especificado um conjunto de limites (bounds) para os parâmetros a serem otimizados.

A função "f" é usada como a função objetivo para otimizar. Ela itera sobre um conjunto de entradas (x) e avalia a função "objective" para cada uma dessas entradas. A função "objective" constrói um modelo de redes neurais com base nos parâmetros de entrada e, em seguida, treina esse modelo com os dados de treinamento e retorna uma medida de perda (loss). A função "f" retorna um vetor de perdas para cada uma das entradas.

O algoritmo de PSO é então executado por um número especificado de iterações (iters) usando a função "optimize", com o objetivo de minimizar a função "f". No final, são retornados os parâmetros ótimos (xopt) e o valor mínimo da função (fopt).

3 Diagrama



4 Implementação dos Algoritmo

4.1 Manual

O código configura um modelo de rede neural utilizando a biblioteca Keras. O modelo é do tipo sequencial, ou seja, é uma pilha linear de camadas. Ele é composto por uma camada Conv1D, seguida por uma camada MaxPooling1D, uma camada Flatten e uma camada Dense. A camada Conv1D aplica uma convolução 1D nos dados de entrada, com tamanho de kernel 3. A camada MaxPooling1D aplica um max pooling com tamanho de pool 2. A camada Flatten aplanar a saída da camada anterior num array 1D e a camada Dense tem uma única unidade de saída e usa a função de ativação `act_out`.

Também pode ser configurado como uma sequência de camadas Dense, cada uma com um número de neurônios especificado e usando a função de ativação `act_h`. A primeira camada tem uma forma de entrada de [8], o que significa que ela espera receber 8 features de entrada. A última camada tem uma única unidade de saída e usa a função de ativação `act_out`.

O modelo é compilado com o otimizador Adam e a função de perda MSE (erro quadrático médio). Ele também irá acompanhar o erro absoluto médio (MAE) e o MSE como métricas durante o treino.

4.2 PSO

O algoritmo de Otimização por Enxame de Partículas (Particle Swarm Optimization, PSO) é uma técnica de otimização baseada em metaheurísticas que imita o comportamento de um enxame de partículas em movimento. É usado para encontrar o mínimo ou máximo de uma função objetivo em um conjunto de parâmetros.

A implementação neste código começa com a definição de duas funções, "f" e "objective". A função "f" é usada como a função objetivo para o algoritmo de PSO. Ela itera sobre um conjunto de entradas (x) e avalia a função "objective" para cada uma dessas entradas. A função "objective" extrai os hiperparâmetros das entradas (`hidden_layer_sizes`) e usa esses hiperparâmetros para construir um modelo de redes neurais usando o framework Keras. Em seguida, o modelo é compilado e treinado com os dados de treinamento e uma medida de perda (loss) é calculada como a média da perda ao longo de todas as épocas de treinamento. Essa perda é então retornada pela função "objective". A função "f" retorna um vetor de perdas para cada uma das entradas.

Em seguida, é criado o otimizador de PSO com alguns parâmetros de configuração, incluindo o número de partículas (`n_particles`), o número de dimensões (`dimensions`) e os coeficientes `c1` e `c2`. Também é especificado um conjunto de limites (`bounds`) para os parâmetros a serem otimizados.

Por fim, o algoritmo de PSO é executado por um número especificado de iterações (iters) usando a função "optimize", com o objetivo de minimizar a função "f". No final, são retornados os parâmetros ótimos (xopt) e o valor mínimo da função (fopt).

Além disso, há também uma variável global "best_model" que é atualizada com o modelo de redes neurais que obteve a menor perda ao longo do processo de otimização. Além disso, há uma variável global "best_score" que armazena o valor da menor perda encontrada até o momento. Essas variáveis podem ser usadas para acessar o modelo e o resultado final da otimização após o término do processo.

5 Análise dos Resultados

5.1 Parte Manual

5.1.1 Deep Network

Uma rede densa é uma rede neural em que todos os neurônios em uma camada são conectados a todos os neurônios na camada seguinte. Ou seja, as camadas da rede são completamente "densas", ou seja, não há nenhum neurônio "desconectado" ou sem saída.

Iniciamos a análise dos resultados obtidos com as redes densas do Keras, onde os parâmetros eram ajustados manualmente após cada teste.

Como rede base para comparação temos:

	Número de camadas escondidas	Número de neurônios	Funções de ativação	Learning Rate		MAE	MSE
Configuração por defeito	2	256	relu	0.001		30.7257	1623.7426

Figure 1: Rede Densa Default

Os primeiros parâmetros que foram alterados foram a quantidade de camadas e de neurônios em cada camada. A quantidade de camadas e de neurônios em cada camada de uma rede neural é um hiperparâmetro importante que pode afetar a capacidade da rede de aprender padrões nos dados de treinamento.

O número e dimensão das camadas escondidas influencia o desempenho?						
Conf1	1	256	relu	0.001		48753.6758 2473905664
Conf2	2	32	relu	0.001		35.9961 2085.9121
Conf3	4	32	relu	0.001		25.136 1298.822
Conf4	6	32	relu	0.001		62.2333 5943.29
Conf4	6	256	relu	0.001		28.5328 1465.2587

Figure 2: Rede Densa com Camadas e Neurônios alterados

Analisando esta tabela, observamos que a rede obteve melhores resultados com 4 camadas e 32 neurônios em cada uma delas. Isso faz sentido, pois essa configuração não é tão elevada a ponto de correr o risco de overfitting, mas também não é tão baixa que a rede teria dificuldade em detectar padrões.

Proximo parametro a ser alterado é o learning rate, é um parâmetro utilizado em algoritmos de aprendizado de máquina que determina a velocidade com que os pesos da rede são atualizados durante o treinamento.

O learning rate influencia o desempenho?						
Conf1	4	32	relu	0.0001		32.1617 1893.3207
Conf2	4	32	relu	0.01		26.3452 1420.1068
Conf3	4	32	relu	0.1		129.586 19426.127
Conf4	4	32	relu	1		48753.6758 2473905664
Conf5	4	32	relu	2		48753.6758 2473905664

Figure 3: Rede Densa com Learning Rate alterado

Como podemos concluir, o learning rate ideal continua a ser 0.001, se o learning rate for muito pequeno, o treinamento pode levar muito tempo para convergir, enquanto um learning rate muito alto pode fazer com que o treinamento não converja ou oscile em torno do ótimo.

Por último variamos as funções de ativação da rede, algumas funções de ativação podem ser mais adequadas para certos tipos de problemas ou dados, enquanto outras podem ser menos eficientes. Além disso, a escolha da função de ativação pode afetar a velocidade do treinamento e a capacidade da rede de generalizar para novos dados.

As funções de ativação influenciam o desempenho?						
Conf1	4	32	tanh	0.001		48752.668 2473807104
Conf4	4	32	sigmoid	0.001		48752.668 2473807104

Figure 4: Rede Densa com funções de ativação alteradas

Conforme podemos observar, os resultados foram os mesmos independentemente da função de ativação utilizada, o que indica que a rede não aprendeu nada com elas. Isso foi inesperado, pois os dados estavam normalizados entre 0 e 1 e esperávamos que a sigmóide produzisse bons resultados, mas isso não ocorreu.

A sigmóide pode estar sofrendo do problema do "gradiente desaparecimento", onde o gradiente da função torna-se muito pequeno, o que dificulta o treinamento da rede. Isso pode ser corrigido utilizando outra função de ativação ou ajustando o learning rate.

5.1.2 CNN 1D

Uma CNN (rede neural convolucional) 1D é uma rede neural utilizada para processar sinais unidimensionais, como séries temporais ou áudio. Ela é semelhante às redes densas, mas possui camadas de filtros que são aplicadas de forma deslizando (convolucional) ao sinal de entrada.

As camadas de filtros da CNN 1D são compostas por filtros que são aplicados a janelas do sinal de entrada e são treinados para extrair características relevantes do sinal. Essas características são então passadas para camadas densas para a classificação ou a predição final.

Iniciamos a análise dos resultados obtidos com as redes CNN 1D do Keras, onde os parâmetros eram ajustados manualmente após cada teste.

Como rede base para comparação temos:

	Número de camadas escondidas	Número de neurónios	Funções de ativação	Learning Rate		MAE	MSE
Configuração por defeito	1	256	relu	0.001		42.4221	8208.0459

Figure 5: Rede CNN 1D Default

Os primeiros parâmetros que foram alterados foram a quantidade de camadas e de neurônios em cada camada.

O número e dimensão das camadas escondidas influencia o desempenho?						
Conf1	1	32	relu	0.001		32.8007 4505.3271

Figure 6: Rede CNN 1D neurônios alterados

Reparamos que aconteceu algo semelhante nas redes densas, que menos neurônios resultou num erro menor. As CNNs 1D podem se beneficiar de um número menor de neurônios em algumas situações, mas isso depende do problema específico e da estrutura da rede. Em geral, uma rede com menos neurônios pode ser mais fácil de treinar e ter menor risco de overfitting, pois há menos parâmetros para ajustar.

Proxímo parametro a ser alterado é o learning rate, é um parâmetro utilizado em algoritmos de aprendizado de máquina que determina a velocidade com que os pesos da rede são atualizados durante o treinamento.

O learning rate influencia o desempenho?						
Conf1	4	32	relu	0.0001		502.6097 881962.875
Conf2	4	32	relu	0.01		48753.6758 2473905408
Conf3	4	32	relu	0.1		55.7842 4161.8584

Figure 7: Rede CNN 1D Learning Rate Alterado

Neste caso, observamos que a rede de convolução 1D se beneficiou de um learning rate mais alto, o que significa que ajudou a convergir mais rapidamente para a solução ótima durante o ajuste dos pesos.

Por último variamos as funções de ativação da rede, algumas funções de ativação podem ser mais adequadas para certos tipos de problemas ou dados, enquanto outras podem ser menos eficientes.

As funções de ativação influenciam o desempenho?						
Conf1	4	32	tanh	0.001		48752.668 2473807104
Conf4	4	32	sigmoid	0.001		48752.668 2473807104

Figure 8: Rede CNN 1D Learning Rate Alterado

Da mesma forma que ocorreu nas redes densas, as funções de ativação testadas aqui não conseguiram convergir para a solução ótima.

5.2 GridSearch

Como antes referido, o GridSearch é uma técnica que consiste em testar todas as combinações possíveis de valores de hiperparâmetros especificados num dicionário de parâmetros.

Decidimos variar os hiperparâmetros camadas, neurônios e funções de ativação:

```

bounds = [(32, 128), (1, 4)]
parameters = {
    'hidden_layer_sizes': [(128,), (32,), (32,32), (128,128)],
    'activation': ['tanh','relu','softmax'],
}

```

Figure 9: Code block

O modelo de aprendizagem usado foi MLPRegressor(), pois este é um problema de regressão. Foi utilizado 5 folds na validação cruzada e a melhor combinação foi encontrada com o seu respectivo erro:

	Número de camadas escondidas	Número de neurónios	Funções de ativação	Learning Rate		Position	MSE
Configuração Encontrada Grid	2	128	relu	0.001			1572.3

Figure 10: Melhor rede dada pelos GridSearch

O resultado obtido foi pior do que redes anteriores, como a rede densa de 4 camadas e 32 neurónios em cada uma. Isso é esperado, pois devido ao GridSearch levar muito tempo para testar as combinações de hiperparâmetros, decidimos não incluir muitas opções para não exceder o limite do nosso hardware e do tempo disponível. Além disso, o código não utiliza uma GPU para acelerar o treinamento da rede.

5.3 PSO

Utilizamos a mesma abordagem para o PSO, fornecendo limites de busca (bounds) para o algoritmo, especificando o número de partículas a serem utilizadas, definindo a dimensão do espaço de busca e fornecendo um dicionário de opções para o PSO:

```

bounds = [(32, 128), (1, 4)]
# Create the PSO optimizer
options = {'c1': 0.5, 'c2': 0.3, 'w': 1.5}
optimizer = ps.single.GlobalBestPSO(n_particles=5, dimensions=2, options=options, bounds=bounds)

```

Figure 11: Code block

Em seguida, utilizamos as funções criadas para otimizar os hiperparâmetros e obtivemos a seguinte configuração:

Configuração Encontrada PSO	2	128	relu	0.001		[5.30420396 77.60524548]	1842.4
------------------------------------	---	-----	------	-------	--	------------------------------	--------

Figure 12: Melhor rede do PSO

O mesmo se verifica no PSO, mas pela mesma razão foram efetuadas poucas épocas, pois os testes eram pesados, e a configuração pode não estar correta, pois não conseguimos extrair os parâmetros usados.

6 Conclusão

Neste trabalho, aprendemos sobre o que são redes densas e redes de convulsão, e como elas diferem quando criamos uma rede. Também percebemos o quão trabalhoso é otimizar manualmente e variar os hiperparâmetros para obter o menor erro possível.

O PSO, um algoritmo de otimização metaheurístico que imita o comportamento de um enxame de partículas em busca do ótimo global de uma função. Utiliza uma estratégia de busca heurística e faz suposições sobre a estrutura da função que está sendo otimizada.

Por outro lado, o GridSearch é um algoritmo de busca exaustiva que pesquisa extensivamente um espaço de parâmetros especificado em busca da melhor combinação de valores de hiperparâmetros. Ele não utiliza nenhuma heurística ou faz suposições sobre a estrutura da função, e é garantido que encontrará o ótimo global se o espaço de pesquisa for suficientemente pequeno e o tempo de computação for suficiente. Em contraste, o PSO não garante encontrar o ótimo global, mas pode muitas vezes encontrar soluções boas rapidamente e com relativamente poucas avaliações da função.

Ambos os algoritmos são úteis para criar e treinar redes para encontrar os melhores hiperparâmetros, tudo depende do hardware disponível e do objetivo do problema.

7 Referências

Código das aulas.