

Universidade de São Paulo – USP
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC
Departamento de Ciências de Computação – SCC

Professor Gustavo Batista
gbatista@icmc.usp.br

Projeto – Programação Dinâmica
Data de entrega: 23/11

O objetivo deste projeto é implementar um algoritmo de classificação de séries temporais utilizando a distância *Dynamic Time Warping* (DTW) e dados obtidos a partir de acelerômetros.

Este projeto possui duas partes descritas a seguir:

Parte I – Implementação (40% da nota final)

Nesta parte será implementado o algoritmo DTW que utiliza a programação dinâmica para estimar a distância entre duas séries temporais. Esse algoritmo é muito aplicado quando os dados possuem variações não-lineares no tempo, como no caso de rastreamento de movimentos. O algoritmo DTW calcula a distância entre duas sequências encontrando um mapeamento ótimo entre as observações respeitando algumas restrições. A Figura 1 apresenta um exemplo de mapeamento fornecido por DTW.

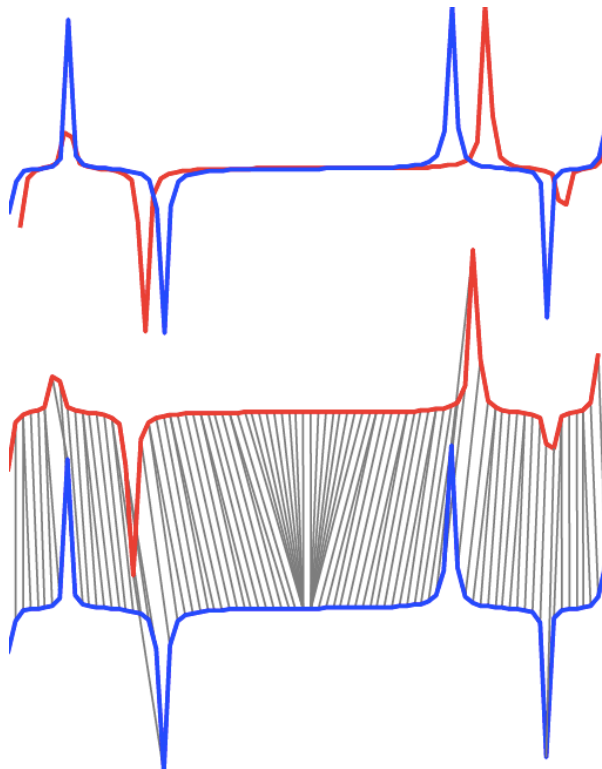


Figura 1: (Acima) Duas séries temporais a serem comparadas. (Abaixo) O casamento fornecido por DTW mostrado graficamente com as duas séries dispostas lado-a-lado

A distância DTW entre duas séries temporais A e B é definida pela seguinte relação de recorrência [1]:

$$DTW(A_i, B_j) = \|A_i - B_j\| + \min \begin{cases} DTW(A_{i-1}, B_{j-1}) \\ DTW(A_i, B_{j-1}) \\ DTW(A_{i-1}, B_j) \end{cases}$$

na qual $\|A_i - B_j\|$ é tipicamente $(A_i - B_j)^2$

Parte II – Avaliação de Funcionamento (60% da nota final)

Para avaliar o funcionamento do algoritmo DTW para classificação de séries temporais, vamos utilizar uma base de dados coletada por [2]. Essa base consiste de movimentos realizados com um controle do videogame Wii.

Nessa base, existem 12 movimentos diferentes, tais como direita, esquerda, cima, baixo, quadrado, movimento em Z, etc. O arquivo rotulos.txt possui uma breve descrição dos movimentos.

As séries temporais estão armazenadas nos arquivos treino.txt e teste.txt. No total existem 1200 séries temporais nesses dois arquivos. Cada classe (movimento) é representada por 100 séries que são resultados de um voluntário executando o mesmo movimento 100 vezes.

O formato dos dados tanto no arquivo treino.txt quanto no teste.txt é o mesmo. Cada linha corresponde a uma série temporal. O primeiro valor de cada linha corresponde à classe da série temporal. Esse valor é um número de 1 a 12 correspondente aos rótulos armazenados no arquivo rotulos.txt. Até o final da linha ('\n'), segue uma quantidade variável de valores numéricos reais que são os valores obtidos do acelerômetro do controle do Wii.

Para classificar as séries temporais nós vamos utilizar um classificador bastante simples, conhecido como 1-vizinho mais próximo. Esse classificador consiste em dada uma série temporal Q , verificar qual séries S no arquivo treino.txt é a mais similar a ela. Para a série Q é atribuída a classe de S .

Uma pergunta importante é quão efetivo é esse classificador. Por exemplo, podemos pensar em um jogo real, que dada uma série temporal resultante de um movimento realizado por um jogador, precisamos classificar a série para que o personagem faça alguma ação. O classificador precisa ser preciso para que o jogo interprete corretamente as ações do jogador.

Nós podemos estimar o desempenho desse classificador utilizando o arquivo teste.txt. Nesse arquivo estão armazenadas séries temporais que serão utilizadas apenas para medir a qualidade de classificação. O procedimento é o seguinte:

Para cada série temporal Q do arquivo de teste, procure pela série temporal S mais similar a ela utilizando a distância DTW no arquivo de treino. Se a classe de S for igual à classe de Q , então contabilizamos um acerto. Se forem diferentes, contabilizamos um erro. A medida final de desempenho é a taxa de acerto, ou seja, o número de acertos dividido pelo número total de séries temporais de teste.

Faça um curto relatório (1 a 2 páginas) explicando a sua implementação e os resultados obtidos na Parte II.

[1] Dynamic Time Warping. https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_time_warping.

Extensão 1 – 0,5 ponto na média final

A primeira extensão visa melhorar o desempenho da medida DTW tanto em termos de tempo de execução quanto em termos de desempenho de classificação. O uso da matriz completa da DTW pode levar a alguns casamentos espúrios. Isso porque os pontos da matriz distantes da diagonal ascendente representam casamentos entre observações distantes das séries em comparação. Uma solução para esse problema é implementar uma banda de restrição, como a banda de Sakoe-Chiba. Essa banda restringe os pontos que podem ser casados para uma distância máxima da diagonal, como ilustrado na Figura 2.

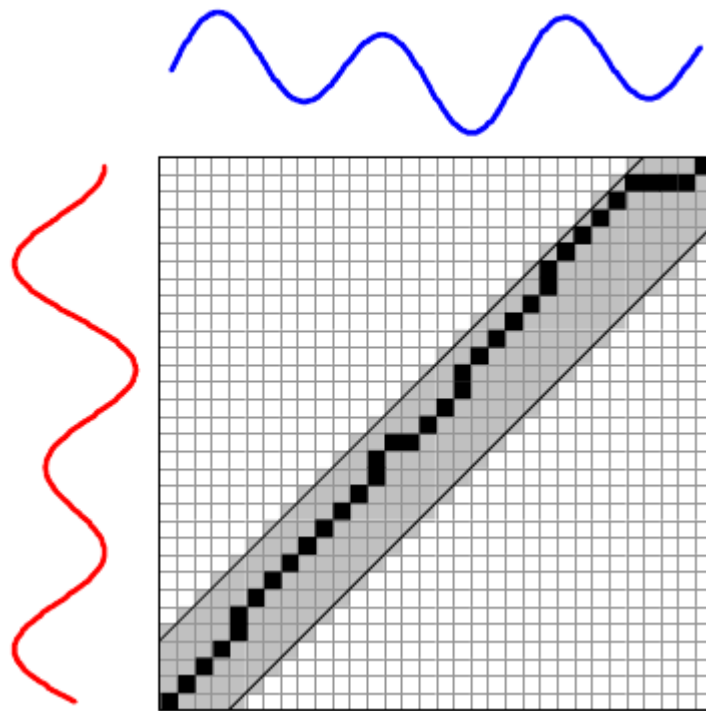


Figura 2: Comparação de duas séries temporais sob restrição de uma banda Sakoe-Chiba

Observe que apenas os pontos dentro da banda precisam ser calculados, e isso implica que o cálculo da medida DTW deve ser mais rápido.

A primeira extensão requer que você implemente a banda de Sakoe-Chiba para a distância DTW e faça experimentos de tempo e acurácia de classificação. Em particular, indique o desempenho da medida para bandas de 0% (que equivale a distância euclidiana), 1%, 5%, 10%, 20%, 50% e 100%. Reporte também as acurácias de classificação para essas bandas.

Extensão 2 – 0,5 ponto na media final

Os dados originalmente cedidos pelos autores do artigo [2] foram coletados com três acelerômetros, cada um direcionado a uma dimensão diferente do espaço. O formato dos dados segue o padrão $x_0, y_0, z_0, x_1, y_1, z_1, \dots, x_n, y_n, z_n$. Sendo n o número total de leituras dos 3 sensores.

Esta extensão requer que você utilize as informações dos três eixos para calcular a similaridade entre os movimentos. Nesse caso, será necessário estender, de alguma maneira, a medida DTW, que foi originalmente proposta para trabalhar com séries temporais unidimensionais. Duas extensões simples podem ser encontradas em [3].

No relatório, discuta como você realizou a extensão da DTW e os resultados obtidos. Compare os resultados de classificação com relação aos resultados obtidos com os valores do primeiro conjunto de dados, no qual as três leituras foram agregadas.

Discuta também a complexidade da sua solução e o impacto dos cálculos de distância no tempo de execução do algoritmo.

[3] Mohammad Shokoohi-Yekta, Jun Wang and Eamonn Keogh. *On the Non-Trivial Generalization of Dynamic Time Warping to the Multi-Dimensional Case*. SDM 2015.