

SIMILARIDADE ENTRE SINAIS

MATHEUS MORAES PEREIRA SALES DE AZEVEDO - 99892
matheus.m.sales@ufv.br

Resumo: Este relatório fundamenta-se em realizar um estudo de comandos, funções e aplicações, utilizando o software interativo MATLAB, com enfoque nas operações de cuja finalidade consiste no estudo introdutório acerca da correlação cruzada e da operação em duas dimensões, especificamente no processo de identificação de similaridade entre sinais e filtragem dos mesmos.

Palavras-chave: MATLAB, correlação, similaridade, filtragem.

Introdução

A correlação cruzada consiste em uma operador matemático, capaz de realizar a soma de produtos deslizantes, de dois termos de entrada, gerando um sinal de saída [1]. Desta maneira, pode-se estender tal ferramenta para trabalhos envolvendo sinais descritos por funções muito utilizadas no meio acadêmico, como as senoídes, com a finalidade de identificar o quão um sinal se parece com o outro.

Um grande número de filtros usa a ferramenta de convolução internamente [2]. Sendo assim, é possível utilizar este operador matemático em conjunto com a correlação, com o intuito de analisar qual a similaridade entre o sinal original e o filtrado, possibilitando assim, examinar a eficácia do filtro.

Ademais, pode-se se estender o conceito de correlação envolvendo sinais em duas dimensões, haja visto que este operador matemático é capaz de perceber qual a similaridade entre matrizes, possibilitando a identificação de semelhança entre imagens.

Materiais e métodos

Função de correlação cruzada: a correlação cruzada é dado como uma medida de similaridade entre dois sinais em função de um atraso aplicado a um deles. Também é conhecida como produto interno deslizante. A relação cruzada é frequentemente utilizada quando se deseja encontrar um sinal de curta duração que esteja inserido em um sinal mais longo. Ela também encontra aplicações em reconhecimento de padrões, análise de partícula única, criptoanálise e neurofisiologia [3]. Para os sinais $x[n]$ e $y[n]$ a correlação cruzada pode ser definida como mostra a equação 1.

$$R_{xy}(k) = \frac{1}{N-k} \sum_{n=1}^{N-k} x[n]y[n+k] \quad (1)$$

Dessa forma, com o intuito de realizar a correlação cruzada entre dois sinais, foi utilizada a função *xcorr*, a qual fez-se o *download* através do *Pvanet*.

Por conseguinte, foi aplicado tal comando nos respectivos sinais: senoidais e cossenoidais ambos com 8

Hz; dois ruídos aleatórios distintos e uma senoíde pura juntamente com uma senoíde contaminada por um ruído.

Filtragem: Como já demonstrado em práticas anteriores, podemos realizar a filtragem de um sinal se efetuarmos a convolução do mesmo, para tal é usado o comando *conv*. Dessa forma, é possível realizar a comparação entre um sinal original e um sinal filtrado e verificar a eficácia do filtro.

Sendo assim, uma vez definido o sinal senoidal com ruído, foi realizado a convolução do mesmo com o filtro proposto ($F=5$). Dessarte, fez-se a correlação cruzada, mediante o comando *xcorr*, entre o sinal senoidal sem ruído e o sinal com ruído após o processo de filtragem.

Promedição: Utilizando a média como ponto de partida, dividindo-se um determinado sinal em janelas, a promedição é um processo de filtragem aplicável em alguns tipos de sinais.

Sendo assim, foi criado um ciclo *for*, para percorrer o vetor Xp com a finalidade de aplicar tal filtro utilizando tal vetor como sinal de entrada. Em seguida, utilizou-se a correlação para quantificar a similaridade entre os sinais antes e após a aplicação do filtro.

Correlação com imagens: Dentre as diversas aplicações da correlação cruzada, temos no processamento de imagens a possibilidade de identificar a similaridade de uma imagem com outra. Nesta prática em questão, foram comparadas digitais.

Primeiramente, foram realizados os *downloads* das imagens fornecidas no *Pvanet*, denominadas como suspeitos e uma denominada como alvo.

Por conseguinte, com o intuito de identificar o meliante entre os suspeitos, foram realizadas correlações entre cada digital com a do alvo e, assim, a que obtiver a maior similaridade será dado como o suspeito principal.

Para tal, foi utilizado o comando *max*, para retornar a maior amplitude entre as correlações e identificar entre os suspeitos, o meliante.

Autocorrelação: A autocorrelação é a correlação cruzada de um sinal com o ele próprio. É uma ferramenta matemática para encontrar padrões de repetição, tal como a presença de um sinal periódico obscurecidos pelo ruído, ou para identificar a frequência fundamental em falta num sinal implícita pelas suas frequências harmônicas.

Dessa forma, foi criada uma função *degrau*, como mostra a equação 2. Para tal, foi utilizado os comandos *zeros* e *while*. Uma vez gerado o sinal, foi executado o comando *xcorr* para realizar a correlação do sinal com ele mesmo. Ademais, foram usados os seguintes valores para a variável a : $a=1$, $a=0.5$, $a=0.8$.

$$y = a_n * u(n) \quad (2)$$

Gráfico senoidal ruidoso: Por fim, trabalhou-se com dois sinais de entrada senoidais, no qual aplicou-se um ruído de cuja amplitude foi variada através de um ciclo *for*, efetuando-se a correlação cruzada entre os sinais e plotando a correlação em função da amplitude do ruído.

Resultados

Atendendo aos requerimentos da primeira parte do roteiro, realizou-se três tipos de correlação cruzada utilizando-se o comando *xcorr*. Sendo assim, primeiramente plotou-se o gráfico referente a tal operação envolvendo as funções *seno* e *cosseno*, ambas com uma frequência de 8Hz. É necessário destacar que esta correlação obteve uma amplitude consideravelmente alta, como mostra a figura 1.

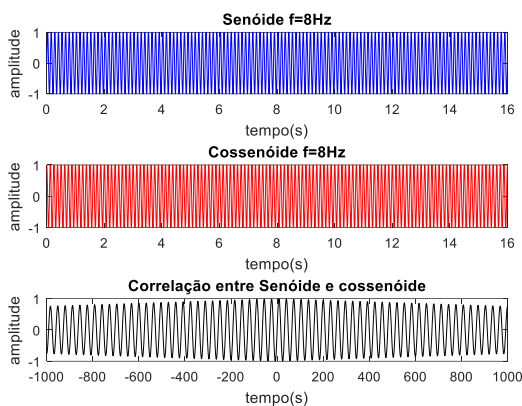


Figura 1: correlação entre Seno e Cosseno

Estendendo os estudos acerca da correlação cruzada, foram gerados dois ruídos aleatórios e aplicou-se tal ferramenta matemática envolvendo os dois sinais como entrada, após executar tal parte do código, observou-se que a amplitude do sinal de saída foi muito baixo, evidenciando a baixa similaridade entre os ruídos, como mostra a figura 2.

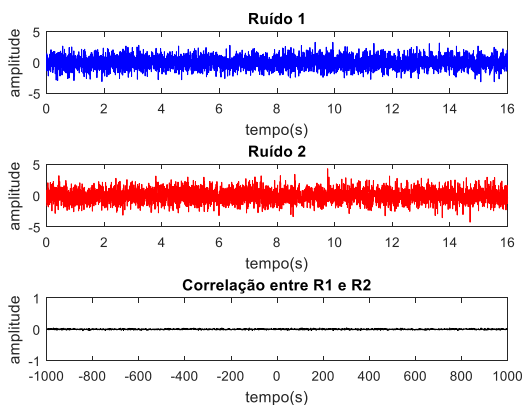


Figura 2: Correlação entre ruídos.

Em face às operações matemáticas supracitadas, realizou-se a correlação entre um sinal senoidal com ruído e outro sem o ruído, plotando o gráfico desta parte do roteiro, observou-se uma amplitude muito alta na saída, todavia isto ocorre devido a periodicidade dos sinais. Quando aumentamos a relação sinal-ruído observamos que a amplitude diminuiu, como mostram as figura 3 e 4.

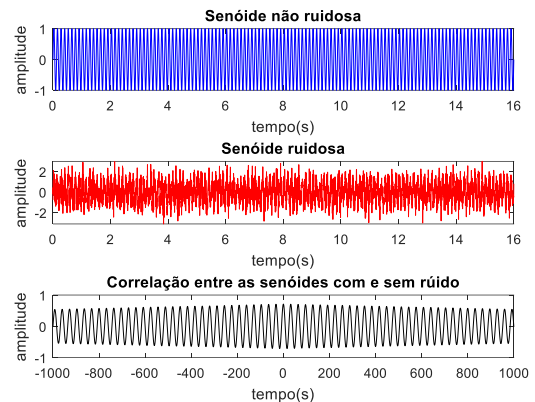


Figura 3: Correlação entre Senóide com e sem ruído com relação $r=0.5$.

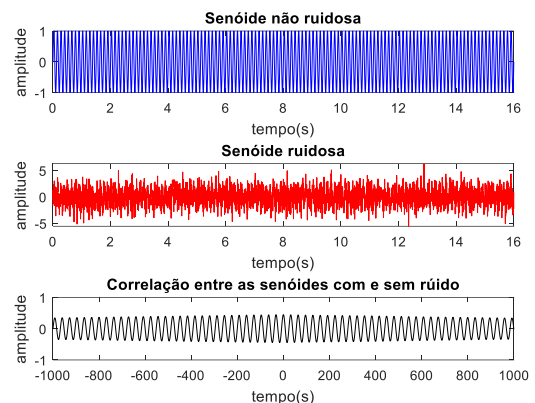


Figura 4: Correlação entre Senóide com e sem ruído com relação $r=2$.

Nesta parte do roteiro, implementou-se um código que realiza a filtragem de um sinal X_n , aplicando a ferramenta de convolução.

Para termos uma comparação coerente, plotou-se o sinal original e a correlação envolvendo os sinais antes e após a aplicação do filtro, de maneira que a segunda foi centralizada para facilitar a observação, como mostra a figura 5.

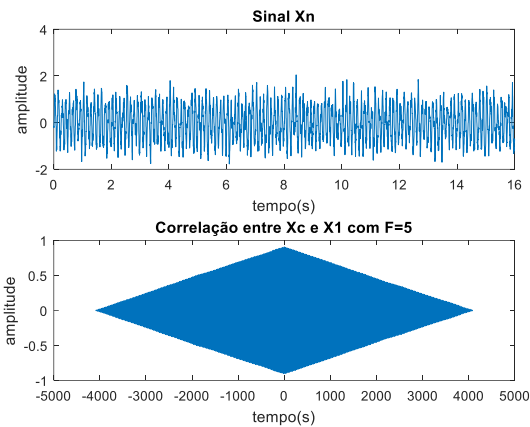


Figura5: filtragem do sinal X_n com $F=5$.

Além disso, é possível destacar que ao variar-se a variável F com valores muito grandes notou-se algumas distorções na saída, alterando a amplitude, como mostra a figura 6.

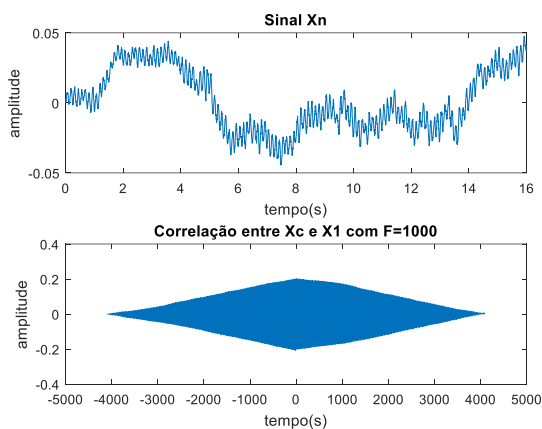


Figura 6: filtragem do sinal X_n com $F=1000$.

Uma outra técnica de filtragem aplicada neste relatório foi a promedição, na qual plotou-se um sinal ruidoso denominado X_p , juntamente com a aplicação do filtro, que utiliza uma média do sinal, dividindo o mesmo em janelas, como mostra a figura 7.

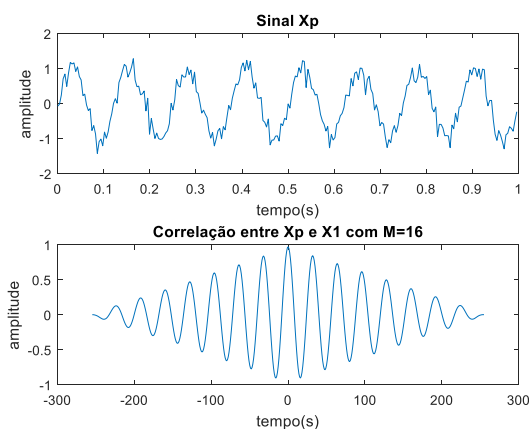


Figura 7: Aplicação da promedição em X_p com $M=16$.

Pode-se ressaltar que variando o valor da variável M , o filtro não consegue filtrar os ruídos com tanta eficácia, como mostra a figura 8.

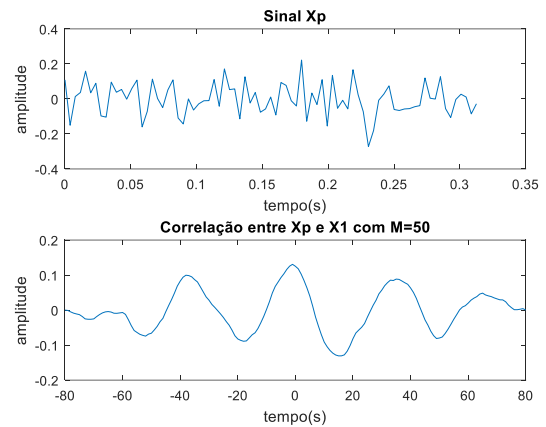


Figura 8: Aplicação da promedição em X_p com $M=50$.

Dando continuidade, foi realizada a correlação entre cada suspeito com a digital do alvo para identificar o meliante. Assim, através do comando `max` obteve-se que o suspeito que possui a digital mais verossimilhante a do alvo foi o 4, como mostra a tabela 1.

Suspeito	Correlação com o alvo
1	202141285
2	204530348
3	223290710
4	243405667
5	236939874
6	205902883
7	191464509
8	200695880

Tabela 1: Amplitude de cada correlação

Iniciando os exercícios propostos, foi efetuada a autocorrelação de um sinal em degrau mostrado na equação 2, variando-se a amplitude a com os valores supracitados, como mostram as figuras 9,10,11.

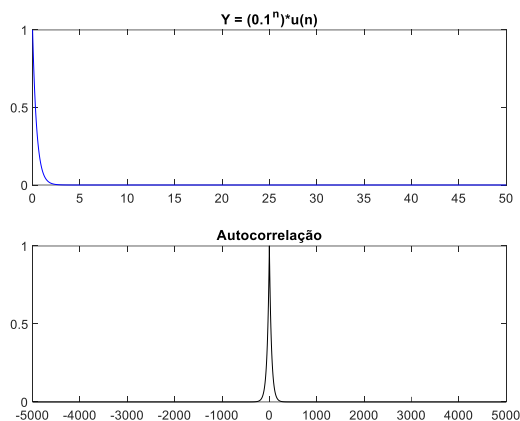


Figura 9: Autocorrelação para $a = 0.1$

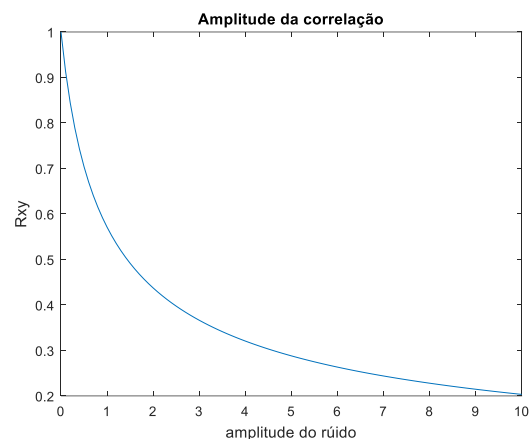


Figura 12: amplitude da correlação.

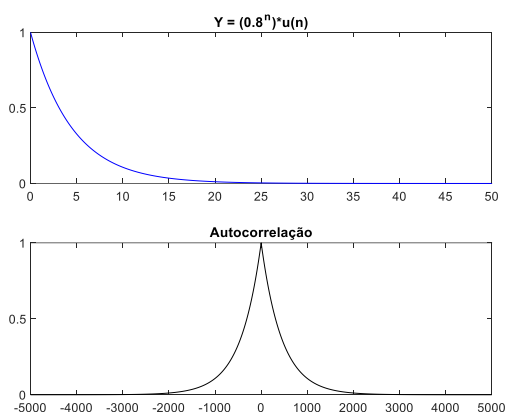


Figura 10: Autocorrelação para $a=0.8$

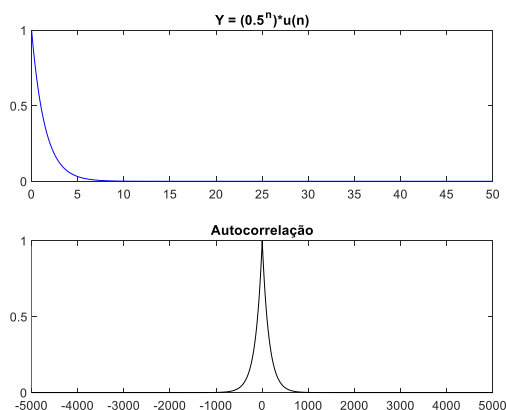


Figura 11: Autocorrelação para $a = 0.8$

Por fim, no segundo exercício proposto, foram gerados dois sinais senoidais, de modo que em um deles foi acrescentado um ruído de cuja amplitude sofreu alterações. O resultado obtido é dado pela figura 12.

Discussão

Em primeira análise, é necessário afirmar que o software se mostrou muito eficaz em aplicações envolvendo a ferramenta matemática de correlação, a qual apresenta bastante complexidade de ser realizada manualmente, possibilitando ao usuário realizar este tipo de cálculo com um tempo mais viável.

Ademais, pode-se afirmar que as correlações realizadas em uma dimensão apresentaram um nível de eficiência bastante satisfatório, uma vez que, em muitos casos, é possível observar o comportamento da operação matemática voltada para trabalhos envolvendo a similaridade de sinais senoidais e cossenodais, os quais apresentam muitas aplicações no contexto da Engenharia Elétrica.

Em face a similaridade de sinais, pode-se citar as aplicações envolvendo a correlação em 2 dimensões, as quais apresentam muitas aplicações dentro do processamento de sinais, como na identificação das coincidências entre digitais, por exemplo.

Conclusão

O software se mostrou muito eficiente em trabalhos envolvendo manipulação de sinais, haja visto que o MATLAB apresenta certa facilidade em operações abrangendo ferramentas matemáticas como a correlação em uma e duas dimensões, as quais apresentam certa complexidade de serem realizadas manualmente. Em face a esta ideia, outra ferramenta muito útil trabalhada nesta prática foi a filtragem realizada em cima de determinadas imagens, utilizando a convolução em uma dimensão e a correlação em duas dimensões, possibilitando uma melhor análise de sinais ruidosos.

Referências

- [1] B.P.LATHI, Sinais e sistemas lineares.
- [2] A.V.OPPENHEIM, Sinais e sistemas lineares
- [3] WIKIPÉDIA, Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/Rela%C3%A7%C3%A3o_cruzada
Acesso em 25 de setembro de 2019