

8. CORRELACIÓN DE SEÑALES

Conocimientos previos.

- Señales y sistemas de tiempo discreto.
- Convolución.

Competencias a desarrollar:

Meta ABET	Indicadores
Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de Ingeniería aplicando principios de Ingeniería, ciencias y matemáticas	Conocer las relaciones entre los fenómenos físicos y el modelo mediante leyes, teoremas y principios.
	Escoger los requerimientos necesarios en el planteamiento de soluciones, teniendo en cuenta las partes interesadas
Habilidad para comunicarse efectivamente ante un rango de audiencias	Expresar ideas en forma clara y concisa, mediante un lenguaje apropiado al contexto (comunicación oral y escrita)
	Aplicar una estrategia de comunicación oral y escrita para presentación de propuestas, proyectos, reportes de resultados, reportes técnicos de avances.
Capacidad de desarrollar y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas	Relacionar la información existente en las diferentes fuentes respecto a un problema

Metodología:

Revise las fuentes bibliográficas del curso para responder las preguntas teóricas, lleve sus dudas y conclusiones para ser presentadas en clase. Desarrolle los ejercicios prácticos y presente sus resultados en un informe usando la plantilla (overleaf).

PARTE TEÓRICA

Revise el siguiente enlace

<https://www.youtube.com/watch?v=L6YJqhbsuFY>

- ¿Qué significa establecer la correlación entre dos señales o variables?
- ¿Cómo se puede saber si dos variables o señales están correlacionadas?
- ¿Existen estrategias que permitan medir en cuánto se parecen dos señales?, mencionar algunas y cómo funcionan.
- ¿Para que puede llegar a ser útil saber si dos señales con orígenes aparentemente diferentes se parecen o no?, mencione aplicaciones. (ej. radar, sonar).
- ¿Es posible determinar si dos señales resultan siendo la misma pero siendo una la versión desplazada en tiempo de la otra? Y ¿Cómo puede medirse ese desplazamiento?

Investigue la definición de:

- Correlación.
- Correlación cruzada.
- Autocorrelación.

¿Qué es el coeficiente de correlación de Pearson?, ¿Cómo se calcula?, ¿Cómo se interpreta su resultado?

Observe, entienda y ejecute el siguiente ejemplo:

```
%Análisis de correlación de señales
n=0:99;
% Generando señales de prueba
xn=(0.85.^abs(n-45));
yn=(0.8.^abs(n-50));
figure('Name','señales x(n) y y(n)')
stem(n,xn)
hold on
stem(n,yn)
hold off
% Cálculos de correlación cruzada y coeficiente de correlación
[xc,lag]=xcorr(xn,yn);
figure('Name','Correlación cruzada')
stem(lag,xc)
ca=corr(xn',yn')
```

Observe los gráficos de las señales y de la correlación cruzada.

Determine en el gráfico de la correlación cruzada el punto con mayor valor, observe el desplazamiento de una señal con respecto a la otra.

Observe el valor de ca.

¿Qué puede concluir de lo observado?

EJERCICIO PRÁCTICO:

Ejercicio 1:

Teniendo en cuenta el código ejemplo, cambie los parámetros de desplazamiento, amplitudes, decaimiento de la señal yn y adicione ruido blanco con diferentes ganancias. Realice varias pruebas

- ¿Que ocurre con la gráfica de correlación?
- ¿Que ocurre con el valor ca?
- Estos cambios están relacionados, ¿Como explica dicha relación?

Modifique el ejemplo y resuelva lo siguiente:

Considere varias señales $x(n)$, $y_i(n)$ y se desea saber cual versión de $y_i(n)$ tiene mayor similitud con $x(n)$.

$$x(n) = 0.98^{(n-40)} * [3\cos(2\pi\frac{1}{10}n) - 2\sin(2\pi\frac{1}{10}n) + \cos(2\pi\frac{1}{25}n)] \text{ para } n = 0, 1, \dots, 99$$

$$y_1(n) = 0.5 * [3\cos(2\pi\frac{1}{10}(n-10)) - 2\sin(2\pi\frac{1}{10}(n-10)) + \cos(2\pi\frac{1}{25}(n-10))] \text{ para } n = 0, 1, \dots, 99$$

$$y_2(n) = 0.7^{(n-20)} * [3\cos(2\pi\frac{1}{10}n + \frac{\pi}{10}) - 2\sin(2\pi\frac{1}{10}n + \frac{\pi}{10}) + \cos(2\pi\frac{1}{25}n + \frac{\pi}{10})] \text{ para } n = 0, 1, \dots, 99$$

$$y_3(n) = 3\cos(2\pi\frac{1}{10}n + \frac{\pi}{5}) - 2\sin(2\pi\frac{1}{10}n + \frac{\pi}{5}) + \cos(2\pi\frac{1}{25}n + \frac{\pi}{4}) - \sin(2\pi\frac{1}{5}n + \frac{1}{5}) \text{ para } n = 0, 1, \dots, 99$$

Grafique las señales, analice los espectros de frecuencia, realice los gráficos de magnitud/fase y real/imaginario. Haga una inspección visual y determine para cada señal $y_i(n)$ su semejanza o no con $x(n)$.

- Calcule la correlación (xcorr) entre las señales $y_i(n)$ y $x(n)$, grafique.
- Calcule el PSNR y MSE entre $y_i(n)$ y $x(n)$.
- Calcule el coeficiente de correlación (corr) entre $y_i(n)$ y $x(n)$.

¿Qué puede concluir de los resultados obtenidos al calcular las medidas solicitadas?

¿Cual de las versiones de $y_i(n)$ es más parecida a $x(n)$?

Ahora realice los ejercicios pero agregando ruido blanco a las señales $y_i(n)$. Compare los nuevos resultados con los anteriores y determine cuál medida o estrategia es más robusta frente al ruido.

Analice los resultados y concluya.

Ejercicio 2:

Usando lo realizado en el laboratorio hasta el momento, realice lo siguiente:

- Obtenga una señal sinusoidal digitalizada con un periodo de 10 muestras por ciclo, $x_g(n)$. El número total de muestras capturadas debe ser múltiplo de 10000
- Simule en matlab la versión muestreada sin cuantificación de la misma señal $x_d(n)$, con el mismo número de muestras a la señal digitalizada
- Desarrolle un método automático para ajustar la fase de la simulación con los datos adquiridos aplicando estrategias de correlación
- Calcule la señal diferencia $dif(n) = x_d(n) - x_g(n)$, que representaría el error de cuantificación contaminado con una señal de ruido desconocida
- Analice las propiedades estadísticas de la señal $dif(n)$, ¿Qué puede concluir a partir del mencionado análisis?
- Aplique un filtro adaptativo a la señal calculada anteriormente y cuya señal de referencia es la misma señal con un atraso de 10 muestras

Observe los resultados luego de aplicar el filtro adaptativo, De acuerdo con lo aprendido hasta ahora:

- La señal de salida del filtro adaptativo, ¿a que corresponde?
- Desde lo que entendió del concepto de correlación y el funcionamiento de los filtros adaptativos, justifique su respuesta

Autoevaluación:

En este apartado debe realizar una autoevaluación del proceso desarrollado y de las habilidades adquiridas con las actividades propuestas. Para ello responda las siguientes preguntas otorgando el valor porcentual (0 - 100 %) a cada una de ellas.

1. ¿Desarrolló la totalidad de las actividades propuestas?

2. ¿La metodología le permitió construir saberes significativos que le aporten al desarrollo del tema planteado?
3. ¿Qué tanto fue su grado de dedicación durante el desarrollo de las actividades planteadas?
4. ¿Qué tanto fue su grado de interés en el tema propuesto?
5. Otorgue un valor porcentual a cada uno de los indicadores de las metas propuestas según su cumplimiento

Retroalimentación:

En esta sección se espera que a partir de lo vivido durante el desarrollo de las actividades propuestas, Ud pueda dar algunas recomendaciones o sugerencias sobre el tema y el desarrollo de las mismas. Tenga en cuenta que sus aportes enriquecen el ejercicio docente, gracias.