

APLICACION DE MATLAB A LA IDENTIFICACION DE ESPECTROS DE OLAJE.

Emiliano Moyano Pérez

Dpto. de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación. E.T.S.I.I. y T. Universidad de Cantabria, emoyano@macc.unican.es

Fco. Jesús Velasco González

Dpto. de Tecnología Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática.
Escuela Superior de la Marina Civil. Universidad de Cantabria,
velasco@teisa.unican.es

Laura Bravo Sánchez

Dpto. de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación. E.T.S.I.I. y T. Universidad de Cantabria, lbravo@macc.unican.es

Eloy López García

Dpto. de Ciencias y Técnicas de la Navegación, Máquinas y Construcciones Navales. Escuela Superior de la Marina Civil. Universidad del País Vasco, cnplogae@lg.ehu.es

Teresa M. Rueda Rodríguez

Dpto. de Tecnología Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática.
Escuela Superior de la Marina Civil. Universidad de Cantabria,
tere@teisa.unican.es

Niceto Pérez Cagigal

Dpto. de Tecnología Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática.
E.T.S.I.I. y T. Universidad de Cantabria, niceto@teisa.unican.es

Resumen

En este artículo se describe el método utilizado para hallar modelos lineales discretos de tipo ARMA que describan las perturbaciones principales (olas) que afectan a un buque. Se emplea la Toolbox System Identification de MATLAB.[3]

Se considera [5] que el espectro de Bretschneider describe adecuadamente el comportamiento unidireccional de la superficie de la mar con olas irregulares en aguas profundas. A partir de este espectro se genera una serie temporal que se utiliza como salida para identificar el modelo, considerando una entrada de ruido blanco.

Se trata de hallar modelos paramétricos para distintos estados de la mar, fuerzas 4, 5 y 6 SSN. Los modelos ARMA obtenidos tienen una estructura común para todos los estados de la mar considerados.

Palabras clave: Identificación. Identificación paramétrica. Espectros de oleaje. Modelo ARMA. Espectro de Bretschneider.

1 INTRODUCCION

Los movimientos irregulares de la superficie de la mar (oleaje), se modelan mediante espectros teóricos que describen el comportamiento estadístico de la superficie de la mar en determinadas condiciones.

Estos movimientos, constituyen las principales perturbaciones para el estudio a escala en un canal hidrodinámico del comportamiento de un buque.

Los movimientos verticales (pitch and heave) de los buques son los que influyen básicamente en el confort de los pasajeros. A altas velocidades, como las que pueden alcanzar los fast-ferries pueden aparecer problemas, al aumentar notablemente el índice de mareo. Para el diseño de sistemas de control de los estabilizadores, que disminuyan estos movimientos verticales, es necesario generar señales de perturbación que simulen adecuadamente el comportamiento de la superficie de la mar.

2 GENERACION DE LAS PERTURBACIONES

Se parte del espectro teórico de Bretschneider que es biparamétrico; los parámetros a partir de los cuales se obtiene dicho espectro son H_s , altura característica de las olas y ω_0 , frecuencia modal o de pico, siendo $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_p}$

$$S(\omega) = \frac{1.25}{4} \frac{\omega_0^4}{\omega^5} H_s^2 \exp\left(-1.25 \left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^4\right) \quad (\text{m}^2\text{s})$$

Este espectro es notablemente diferente de un estado de la mar a otro dentro de los estados considerados. En la figura 1 se representa el espectro de Bretschneider para estados de la mar extremos, el menor H_s y T_p de fuerza 4 y el mayor H_s y T_p de fuerza 4

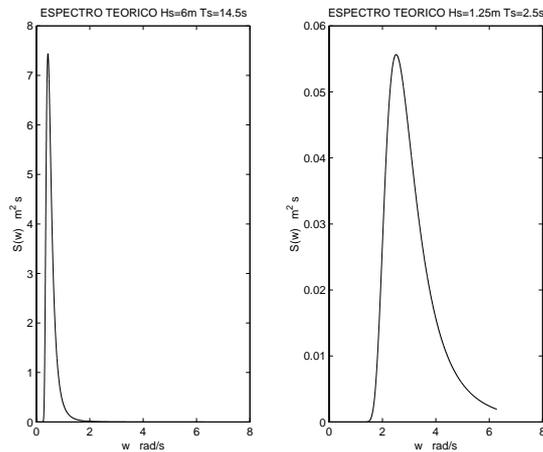


Figura 1

A partir de este espectro, se construye una serie temporal empleando la expresión [2]:

$$y(t) = \sum_{i=1}^N A_i \cos(\omega_i t + \phi_i) + \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} k_i A_i^2 \cos 2(\omega_i t + \phi_i) + O\left(A_i^3\right)$$

siendo:

ϕ_i un ángulo de fase elegido aleatoriamente con distribución uniforme e independiente del tiempo entre $-\pi$ y π

k_i para aguas profundas se reduce a ω_i^2/g

El rango de frecuencias no se puede elegir constante ya que el intervalo de frecuencias significativas varía mucho de un estado de la mar a otro. En la literatura se señala que la función $y(t)$ es muy

sensible a las colas, ya que introducen ruidos innecesarios.

Para eliminar la tendencia a repetirse de $y(t)$ al cabo de un cierto intervalo de tiempo ($\Delta t \approx 2\pi/\Delta\omega$), $S(\omega)$ evalúa en puntos aleatorios dentro de cada intervalo.

Variar la anchura del intervalo de muestreo, así como su longitud introduce inestabilidad en la frecuencia de pico de $y(t)$.

En la figura 2 se muestran las funciones $y(t)$ para dos estados diferentes.

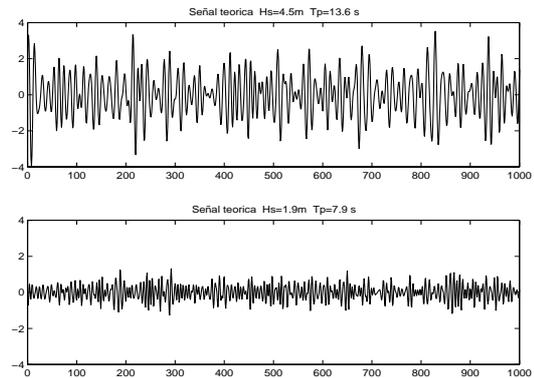


Figura 2

En la figura 3 un intervalo de las señales anteriores superpuestas

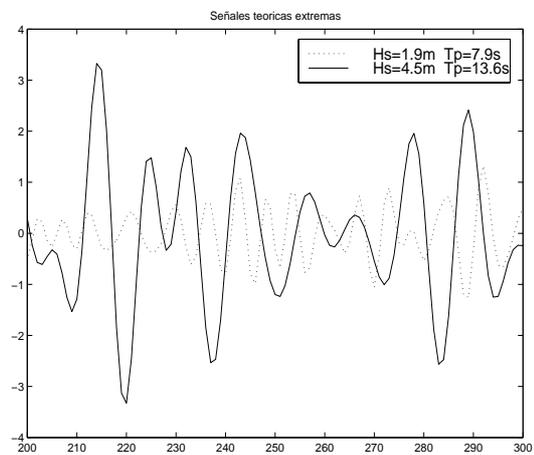


Figura 3

La figura 4 muestra el espectro de Bretschneider teórico, así como el correspondiente a la serie temporal generada para H_s 4.5 m y T_p 13.6 seg. Así mismo en la figura 5 se muestran los correspondientes a H_s 1.9 m y T_p 7.9 seg.

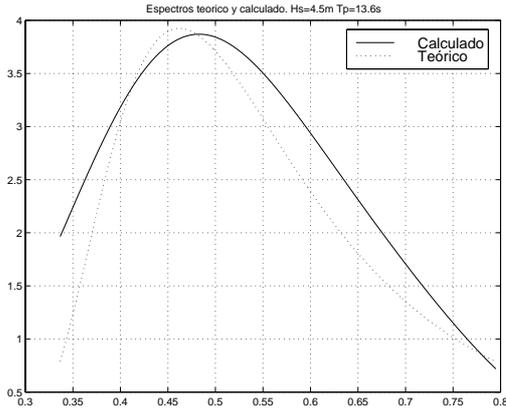


Figura 4

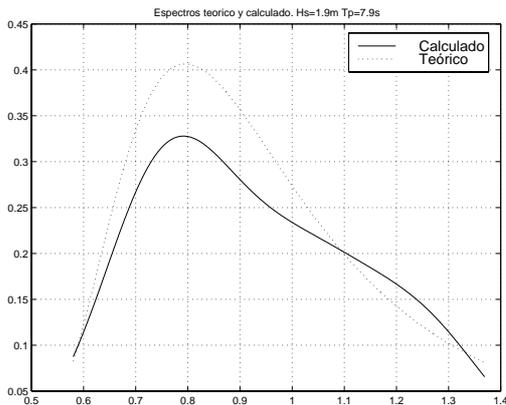


Figura 5

3 IDENTIFICACION

Se trata de resolver un problema de identificación a partir de una señal de salida conocida y de una entrada de perturbación que es una señal de ruido blanco.

Para ello se utiliza la Toolbox de System Identification de MATLAB, ya que es de gran utilidad práctica, no solo por las funciones implementadas, sino por la comodidad del entorno gráfico de trabajo .

Se han considerado modelos ARMA ya que proporcionan buenos resultados en la identificación.

Un modelo ARMA para este problema es de la forma

$$A(q) y(t) = C(q) e(t)$$

siendo

$e(t)$ la entrada, una señal estocástica de ruido blanco con media cero y varianza λ

q^{-1} el operador retardo

$y(t)$ la salida

Los polinomios $A(q)$ y $C(q)$ son:

$$A(q) = 1 + a_1 q^{-1} + \dots + a_{na} q^{-na}$$

$$C(q) = 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc}$$

Los parámetros a estimar son los $na+nc$ dados en el conjunto

$$[a_1, a_2, \dots, a_{na}, c_1, c_2, \dots, c_{nc}]^T$$

siendo

na el número de polos discretos

nc el número de ceros discretos.

Nos referiremos en adelante a los modelos con la notación (na,nc) .

Para la identificación de dicho modelo se ha utilizado la función ARMAX, en la que si se considera que no hay entrada externa, calcula un modelo ARMA como el indicado anteriormente.

Se desea obtener una estructura del modelo que sea común a los estados objeto de interés. Para ello se ha utilizado el criterio de Akaike para seleccionar el orden del modelo.

En las tablas siguientes se muestran los resultados obtenidos [1] para algunas estructuras y algunos estados de la mar.

Estado de la mar 4	Orden del modelo ARMA (na,nc)	FPE (*10 ⁻⁵ m)
Hs=1.9 m Tp=7.9 s	(6,4)	5.95
	(9,4)	3.10
	(10,3)	3.92
	(11,4)	4.01
Hs=1.9 m Tp=8.7 s	(6,4)	11.8
	(9,4)	7.78
	(10,3)	7.56
	(11,4)	8.86

Tabla 1

Estado de la mar 5	Orden del modelo ARMA (na,nc)	FPE (*10 ⁻⁵ m)
Hs=3.25 m Tp=8.7 s	(6,4)	23.9
	(9,4)	19.0
	(10,3)	7.33
	(11,4)	7.46
Hs=3.25m Tp=10.7 s	(6,4)	1.56
	(9,4)	0.97
	(10,3)	0.11
	(11,4)	0.10

Tabla 2

Estado de la mar 6	Orden del modelo ARMA (na,nc)	FPE (*10 ⁻⁵ m)
Hs=4.5 m	(6,4)	0.73
	(9,4)	0.39
Tp=11.2 s	(10,3)	0.038
	(11,4)	0.043
Hs=4.5 m	(6,4)	0.38
	(9,4)	0.37
Tp=13.6 s	(10,3)	0.011
	(11,4)	0.017

Tabla 3

A partir de estos datos se ha seleccionado la estructura (10,3) ya que es la que presenta un FPE mínimo en todos los estados, salvo para el estado 5; en este estado si bien no es el mínimo, está muy próximo a él. Las estructuras con mas de 10 polos no mejoran apreciablemente el FPE y además de complicar el modelo empiezan a presentar casos en los que se puede reducir el modelo por cancelación de ceros y polos.

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido subvencionado por la CICYT con el proyecto TAP97-0607-C03-03

Referencias

- [1] Bravo, L. Moyano, E. Velasco, F.J. (1999) Modelado de las perturbaciones. Informe interno proyecto TAP97-0607. CRIBAV/003
- [2] Fossen, T.I. (1994) Guidance and control of ocean vehicles. John Wiley and Sons
- [3] Ljung, L. (1995) System Identification Toolbox. User's guide. The Math Works. Inc
- [4] Ljung, L. (1999) System Identification: Theory for the user. Prentice Hall. USA.
- [5] Lloyd, A.R.J.M. (1989) Seakeeping: Ship behaviour in rough weather, Ellis Horwood Limited. Chichester. England