a) **Modelo Lineal**

En este caso, supondremos que se ajustará un modelo lineal suponiendo que el sistema real es lineal con ruido blanco gaussiano aditivo, es decir,

Luego, se propone un modelo lineal para llevar a cabo la predicción a 1 paso, de modo tal que:

Predicción a 1 paso:

Este modelo no considera un valor constante o bias dao el supuesto que el sistema es lineal con ruido blanco aditivo. En caso que se sospechara que existe un bias o tendencia (trend) en el sistema, se puede agregar otro vector de unos a la matriz de regresores (o matriz de información).

Para llevar a cabo la estimación de los parámetros del modelo se utilizó la técnica de mínimos cuadrados, es decir:

En que es el vector de parámetros y es la matriz de regresores con los valores de las n muestras ordenados por filas.

Los valores que se obtuvieron de los parámetros fueron los siguientes:

En las figuras siguientes (Figura 1, 2 y 3), se muestran las gráficas de la predicción a un paso en cada conjunto de datos, a saber, conjunto de entrenamiento, prueba y validación. Esto es solo a modo de comparación puesto que finalmente es lo relevante de nuestro modelo, es el comportamiento o bondad de ajuste en el conjunto de validación. Evidentemente que los datos de los parámetros usados en las predicciones, para todos los conjuntos, son aquellos obtenidos con el conjunto de entrenamiento.



Figura 1: Predicción a 1 paso en conjunto de entrenamiento



Figura 2: Predicción a 1 paso en conjunto de prueba



Figura 3: Predicción a 1 paso en conjunto de validación

A continuación, en la Tabla 1, se presentan las métricas de bondad del ajuste o errores en los diversos conjuntos de datos, a saber, conjunto de datos de entrenamiento, prueba o test y validación.

Tabla 1: Errores o Métricas de bondad de ajuste a 1 paso

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Conjunto Entrenamiento | Conjunto de Prueba | Conjunto de Validación |
| RMSE | 0,1086 | 0,1039 | 0,0968 |
| MAPE | 231.1071 | 255,2608 | 284,9286 |
| MAE | 0,9787 | 1,0111 | 0,9970 |

Es interesante notar que los ajustes del modelo, en todos los conjuntos, son bastante comparables entre sí, es decir, en general, los errores son similares en cuanto a RMSE y MAE. Esto también se puede apreciar al observar las figuras 1,2 y 3 respectivamente. Si bien, el conjunto de entrenamiento presenta el menor MAE, a su vez, el conjunto de validación, presenta el menor RMSE.

Finalmente, para efectos de apreciar la robustez de este modelo, llevaremos a cabo la predicción a 8 y 16 pasos respectivamente, en el conjunto de validación del modelo lineal, para luego compararlos con los demás modelos, a saber, modelo de Takagi y Sugeno y Modelo Neuronal para el mismo conjunto de validación.



Figura 4: Predicción a 1 paso en el conjunto de validación para el Modelo Lineal.

Figura 5: Predicción a 8 pasos en el conjunto de validación para el Modelo Lineal.



Figura 6: Predicción a 16 pasos en el conjunto de validación para el Modelo Lineal.

Esta tabla debe ir al final de la parte b)

A continuación, en la Tabla N°xx, se muestran las diversas métricas de bondad de predicción para los diferentes modelos analizados en este informe (Lineal, Takagi y Sugeno y Neuronal) usando los datos de validación.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Modelo Lineal | | | Modelo de Takagi y Sugeno | | | | Modelo Neuronal | | |
|  | 1 paso | 8 pasos | 16 pasos | 1 paso | 8 pasos | 16 pasos | 1 paso | | 8 pasos | 16 pasos |
| RMSE | 0,0968 | 0,0977 | 0,0970 |  |  |  |  | |  |  |
| MAPE | 284,9286 | 282,0252 | 286,7331 |  |  |  |  | |  |  |
| MAE | 0,9970 | 0,9900 | 0,9994 |  |  |  |  | |  |  |

Tabla xx: Errores ó Métricas de bondad de ajuste para predicción resumida en los conjuntos de validación para los tres modelos obtenidos.