

REDES DE NEURONAS
Curso 2008-09

PRÁCTICA 1

**PROBLEMA DE PREDICCIÓN DE SERIES TEMPORALES
CON LOS MODELOS ADALINE Y PERCEPTRON MULTICAPA**

Predicción de la DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA

1. Introducción

Una serie temporal se puede definir como una colección de valores de un suceso determinado a lo largo del tiempo $\{y(t)\}$, donde t representa la variable tiempo e $y(t)$ el valor de la serie en dicho instante de tiempo. La evolución temporal de la serie no depende explícitamente de la variable tiempo, es decir, $y(t)$ no depende explícitamente de t sino de los valores de la serie en los instantes anteriores $y(t-1)$, $y(t-2)$, etc.

A veces, se pueden construir modelos físicos o matemáticos que describen el comportamiento de la serie, mediante un conjunto de ecuaciones diferenciales o ecuaciones en diferencias que expresan el valor de la serie en función de sus valores anteriores. Pero en la mayoría de las series que describen fenómenos reales, no es posible construir estos modelos. Como sólo dispondremos de los datos observados, podremos utilizar redes de neuronas para construir modelos que permitan predecir el comportamiento de la serie en el futuro.

De este modo, la red permitirá predecir qué valor tomará la serie en el futuro, utilizando los datos del pasado, es decir, se considerará que se puede predecir el valor de la serie en el tiempo t , $y(t)$, en función de los valores anteriores de la serie, en los tiempos $t-1$, $t-2$, $t-3$, etc. Por tanto, se considerará una función F tal que :

$$y(t) = F(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-k))$$

De este modo, la predicción de la serie temporal se reduce a aproximar la función F .

2. Demanda eléctrica

A continuación describiremos dos problemas de predicción de series temporales relacionados con la demanda de electricidad. El más interesante desde el punto de vista práctico es el primero (demanda instantánea de potencia) y aunque lo explicamos para mostrar su importancia, no lo resolveremos en esta práctica porque no disponemos de los datos necesarios. El segundo problema (demanda mensual de energía) será el que tendremos que resolver.

2.1 Demanda instantánea de potencia eléctrica en la Península Ibérica

El mercado de la energía eléctrica es muy especial, puesto que la oferta y la demanda deben estar perfectamente ajustadas, ya que la energía eléctrica prácticamente no se

puede almacenar. Por este motivo hay que producir la energía que se está demandando en ese mismo instante. En todo momento, la energía generada en la red eléctrica peninsular debe adecuarse a la demanda, ya que en caso contrario se producen desajustes que pueden desestabilizar el sistema eléctrico.

Este es un caso de predicción de series temporales donde los intervalos de tiempo se miden en minutos. La precisión en la predicción de la demanda es crucial, puesto que hay que programar qué centrales y con qué potencia entrarán en servicio para hacer frente a la demanda.

En la página web de *Red Eléctrica de España* se muestra en tiempo real la potencia eléctrica demandada en la Península (en MW), así como la potencia prevista (<https://demanda.ree.es/demanda.html>). En la figura 1, puede verse la evolución de la demanda de potencia instantánea en tiempo real correspondiente al día 12-09-2008 a las 11:10. En ese instante se había previsto una demanda de potencia de 33723 MW y la demanda real era de 33687 MW. Como se ve, la predicción era muy exacta.

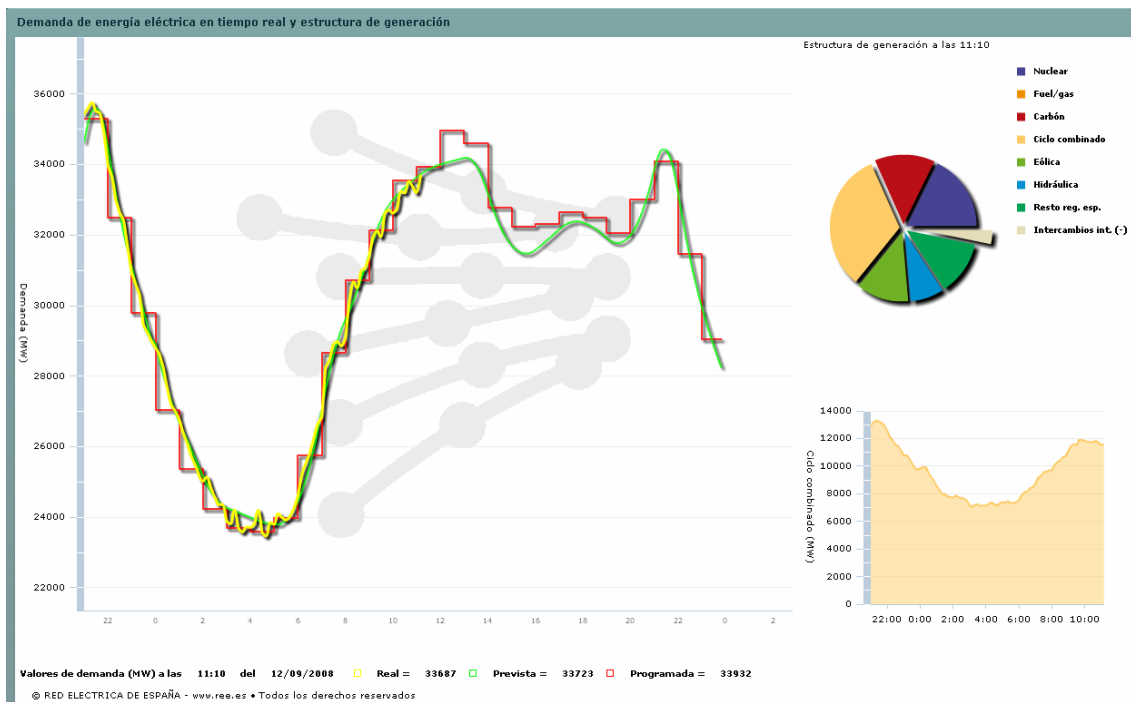


Figura 1: Demanda de potencia en tiempo real

Este problema es difícil de resolver y exige mucha precisión. Como no disponemos de los datos necesarios, trataremos de resolver un problema relacionado, con una escala de tiempo muy diferente: **la demanda de energía eléctrica mensual.**

2.2. Demanda mensual de energía eléctrica en la Península Ibérica

Descripción del problema

Disponemos de los datos correspondientes a la energía eléctrica consumida cada mes, en gigawatios-hora (GWh), desde enero de 1959 hasta mayo de 2008. Se trata de predecir, con los datos del pasado, el consumo de energía mensual en el futuro. El consumo de energía depende de factores como la actividad económica del país y la temperatura.

En la figura 2 puede verse la gráfica correspondiente a dichos datos. Se observa que esta serie

tiene algunas características especiales:

- La demanda ha ido creciendo, a medida que España se ha desarrollado económicamente.
- Existen oscilaciones estacionales, debidas principalmente a la temperatura: en los meses fríos del invierno donde el consumo eléctrico aumenta considerablemente.
- En los últimos años, los aparatos de aire acondicionado se han generalizado. Por eso, en los meses calurosos del verano el consumo también ha crecido.

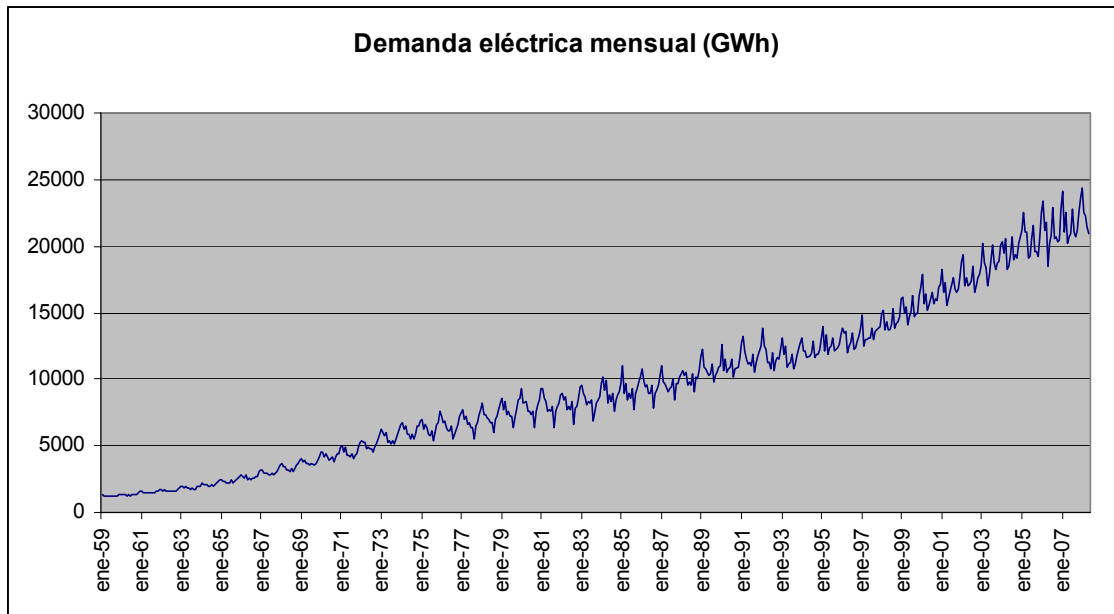


Figura 2: Energía eléctrica consumida mensualmente en España desde enero de 1959

Trabajo a realizar

La práctica consiste en utilizar **Adaline** y **Perceptron Multicapa** para predecir la demanda mensual de los dos últimos años, **desde junio de 2006 hasta mayo de 2008**. Los modelos se entrenarán con los datos de los años anteriores. Los datos de la serie se encuentran en el fichero *SerieDemandaElectrica.txt*.

Los modelos deben predecir la demanda para un valor de t concreto, $y(t)$, a partir del valor de la demanda en los 12 valores anteriores de t (demanda en los 12 meses anteriores). Para ello, las redes deben ser entrenadas con patrones (x,y) , donde el vector de entrada ' x ' corresponde a los 12 valores de instantes de tiempo anteriores, y la salida ' y ' corresponde al valor que se quiere predecir $y(t)$.

En nuestro caso, los patrones tendrían la siguiente forma, con 12 atributos de entrada y un valor de salida:

Vector de entrada	Salida
$y_1(t-12), y_1(t-11), y_1(t-10), \dots, y_1(t-2), y_1(t-1)$	$y(t)$

- Por tanto, en primer lugar, se deberá **transformar la serie temporal en un conjunto de patrones** que tengan el formato anterior.
- A continuación se **separarán los patrones de entrenamiento y de test** de la siguiente manera:
 - Los patrones cuya salida corresponde a meses anteriores a junio-2006 se incluirán en el conjunto de entrenamiento. Estos patrones deberán incluirse en el conjunto de forma aleatoria.
 - Los patrones cuya salida es igual o posterior a junio-2006 formarán parte del conjunto de test.

Construcción de los modelos:

1. Adaline

Debido a su sencillez, no se usará ningún software existente sino que este modelo lineal deberá programarse.

2. Perceptron Multicapa

Se aconseja utilizar el simulador **Simul@p** o el **SNNS** para realizar esta parte. En la página web de la asignatura puede encontrarse la información necesaria.

*Con los modelos entrenados deberá predecirse la demanda correspondiente al periodo **junio de 2006 hasta mayo de 2008** y comparar los valores estimados por los modelos con los valores reales. De esta forma podrán validarse los modelos utilizados.*

3. Entrega de la práctica

Se entregará una memoria de la práctica, así como un CD donde se hayan guardado los ficheros de datos utilizados, el programa de Adaline y los modelos entrenados.

La memoria deberá contener, al menos, un capítulo para cada uno de los modelos, donde se describe la experimentación realizada con un resumen de los resultados obtenidos (ver apartado 2 del apéndice) y un capítulo con las conclusiones obtenidas al interpretar y comparar los resultados experimentales.

El plazo de entrega finalizará el día 10 de noviembre de 2008.

Apéndice

1. Normalización de los datos

Los datos de cada atributo deberán normalizarse entre 0 y 1. Esta normalización deberá hacerse con el fichero de datos completo, antes de separarlo en los ficheros de entrenamiento y test.

Se recomienda utilizar una hoja de cálculo para normalizar estos datos. La fórmula a utilizar para normalizar un determinado atributo es:

$$x'^p = \frac{x^p - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

Siendo x'^p el valor normalizado del atributo x del patrón p , x^p el valor original del atributo x de ese patrón p , y $\min(x)$, $\max(x)$ los valores mínimo y máximo de ese atributo (es decir los valores mínimo y máximo de la columna correspondiente al atributo x).

Uno de los motivos para realizar esta normalización es que la activación de la neurona de salida del perceptrón multicapa sólo puede alcanzar valores comprendidos entre 0 y 1. Al normalizar los datos de esta manera todos los valores estarán dentro del mismo rango y los resultados obtenidos por los diferentes modelos podrán compararse directamente.

2. Resultados

Para cada modelo deberán obtenerse los siguientes resultados:

- **Error medio para el conjunto de test:**

$$E = \frac{\sum_{p=1}^m |d^p - y^p|}{m}$$

donde $|d^p - y^p|$ es el error absoluto para el patrón p , es decir el valor absoluto de la diferencia entre la salida deseada y la salida obtenida, m es el número de patrones y el sumatorio correspondería a la suma de los errores absolutos para todos los patrones.

- **Salida obtenida, salida deseada y error absoluto para cada patrón de test.** En el capítulo de experimentación deberá incluirse una tabla y una gráfica con la predicción de los datos del conjunto de test, es decir, donde se comparen los valores reales de la serie con los resultados estimados por la red, para el fichero de datos de test que no ha sido utilizado en ninguna fase del entrenamiento.

A modo de ejemplo, en la figura 3 se muestra una predicción de la demanda correspondiente a otro periodo (en nuestro caso serán 24 meses).

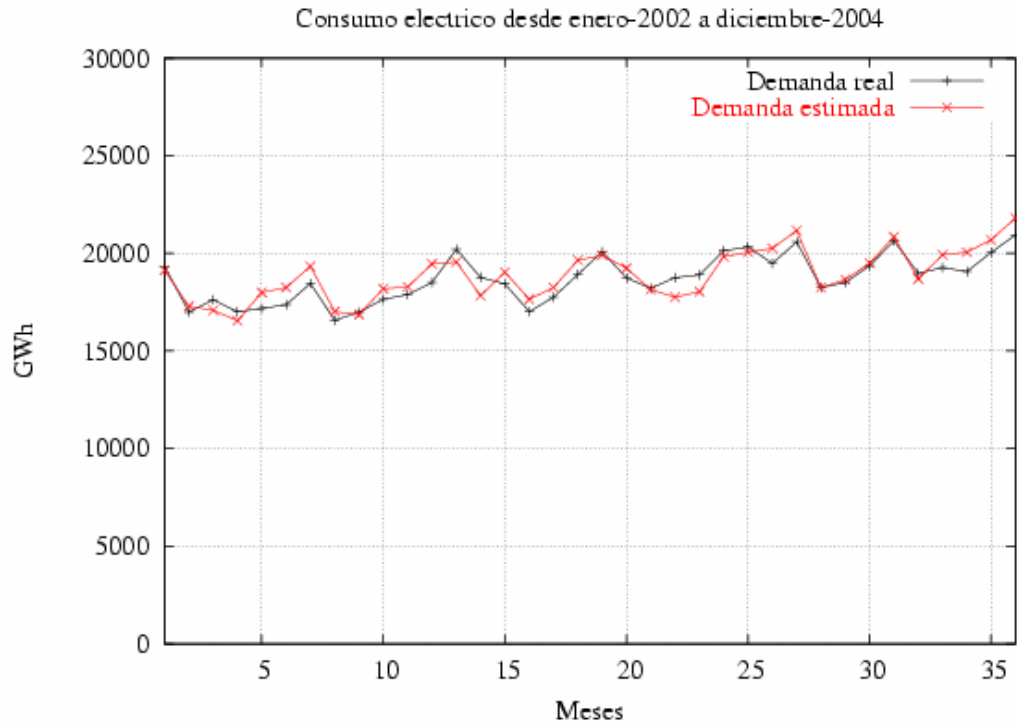


Figura 3: Valores reales y estimados de la demanda mensual

- **Gráfica donde se represente la convergencia en el entrenamiento**, es decir, el error cuadrático para los patrones de entrenamiento en función de los ciclos de aprendizaje.

