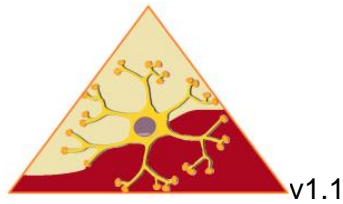
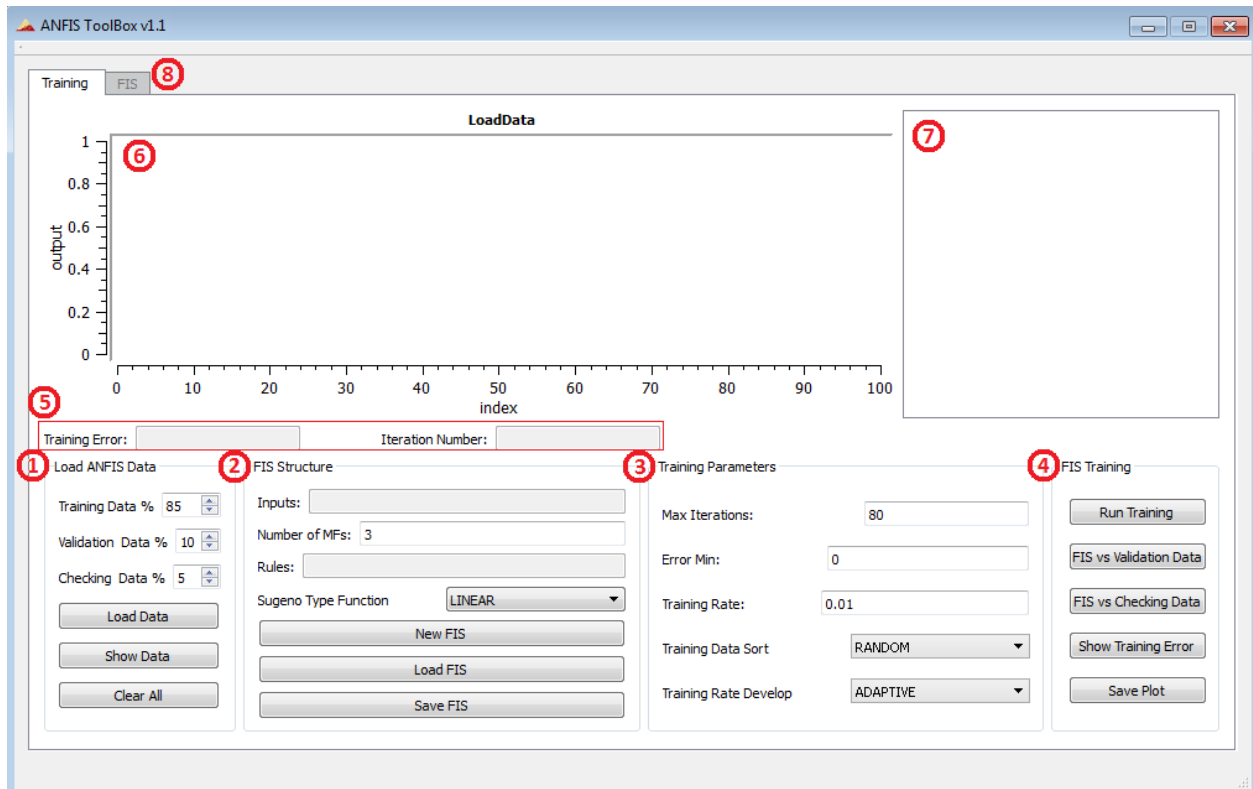


ANFISToolBox – Manual de usuario



Interfaz de usuario



1. **Load ANFIS Data:** En este menú se encuentran las opciones relacionadas con la carga de patrones de entrenamiento para el sistema.
 - Antes de cargar los patrones de entrenamiento se debe especificar qué porcentaje de estos será utilizado para entrenar, validar y chequear el sistema. Luego presione el botón “Load Data” para cargar la información.
 - Utilice el botón “Show Data” para visualizar los patrones cargados en el sistema en el momento que desee.
 - Utilice el botón “Clear All” para borrar toda la información del sistema (patrones de entrenamiento, sistema difuso almacenado, resultados, etc.).

NOTA: La suma de los porcentajes especificados para los patrones de entrenamiento no debe superar el 100%.

2. **FIS Structure:** En este menú (estructura del sistema de inferencia difusa) se encuentran las opciones relacionadas con la creación de la estructura difusa y sus parámetros de configuración.

- La etiqueta “Inputs” indica cuantas entradas tendrá el sistema difuso en base a los patrones de entrenamiento almacenados. En dicho archivo se informa la cantidad de entradas de la estructura y no puede ser modificado de otra manera.
- La etiqueta “Number of MFs” indica la cantidad de funciones de membrecía de cada entrenada. Este valor puede ser modificado por el usuario siempre que respete el formato, ingresando la cantidad de funciones de membrecía de cada entrada separado por espacio:

Number of Mfs: MF1 MF2 MF3....

- La etiqueta “Rules” indica la cantidad de reglas o funciones que contendrá la estructura en base a la cantidad de funciones de membrecía por entrada. Este valor no puede ser modificado directamente por el usuario, y se actualiza al crear/cargar una nueva estructura difusa.
 - Utilice “Sugeno Type Function” para especificar qué tipo de funciones desea que posea la estructura (función lineal tipo Sugeno o constante tipo Mamdani).
 - Utilice el botón “New FIS” para crear una nueva estructura difusa en base a los parámetros de configuración explicados.
 - Utilice el botón “Load FIS” para cargar una estructura obtenida en el pasado siempre y cuando sea compatible con los patrones de entrenamiento (siempre que sea compatible con la cantidad de entradas).
 - Utilice el botón “Save FIS” para guardar la estructura en un archivo “.txt”.
3. **Training Parameters:** En este menú se encuentran las opciones de entrenamiento del sistema.

- La etiqueta “Max Iterations” indica la cantidad de iteraciones máximas que desarrollará el sistema durante el entrenamiento (modificable por el usuario).
- La etiqueta “Error Min” indica cual es el error mínimo esperado por el sistema, que en caso de ser alcanzado antes de llegar al número de iteraciones máximas cortará el entrenamiento (modificable por el usuario).
- La etiqueta “Training Rate” indica la velocidad de convergencia del entrenamiento (modificable por el usuario). Cuanto mayor sea este valor mayor será el cambio entre iteración e iteración, más agresivo es el entrenamiento.
- Utilice “Training Data Sort” para indicarle al sistema como desea utilizar los patrones de entrenamiento. Puede elegir “DEFAULT” en el caso de que desea utilizar los patrones como hayan sido cargados directamente del archivo deseado, o “RANDOM” para utilizar los patrones mezclados de forma aleatoria durante el entrenamiento.

- Utilice “Training Rate Develop” para indicarle al sistema como quiere que se comporte el parámetro de velocidad de convergencia. Puede elegir “CONSTANT” si desea que el valor del parámetro se mantenga constante durante el entrenamiento, o “ADAPTIVE” si desea que el valor del parámetro se adapte a como se desarrollan los resultados durante el entrenamiento (ver la sesión de NOTAS para más detalles acerca de esta configuración).
4. **FIS Training:** En este menú se encuentran los diferentes tipos de ensayos a los cuales se puede someter el sistema.
 - Utilice el botón “Run Training” para empezar el entrenamiento del sistema difuso hasta el momento almacenado en base a los parámetros de configuración ya explicados. Una vez concluido el entrenamiento se sobrescribe el sistema hasta ahora almacenado por el mejor sistema difuso encontrado durante el entrenamiento.
 - Utilice el botón “FIS vs Validation Data” para ensayar el sistema difuso hasta ahora almacenado con los patrones de validación (siempre y cuando se haya cargado previamente patrones para validar).
 - Utilice el botón “FIS vs Checking Data” para ensayar el sistema difuso hasta ahora almacenado con los patrones de chequeo (siempre y cuando se haya cargado previamente patrones para chequear).
 - Utilice el botón “Show Training Error” para visualizar los resultados de entrenamiento en el momento que desee (siempre y cuando el sistema se haya sometido a entrenamiento al menos una vez).
 - Utilice el botón “Save Plot” para almacenar los datos que se encuentren en ese momento representados en la gráfica principal. Los datos se guardan en un archivo tipo .csv (valores separados por coma), por lo que tenga en cuenta la compatibilidad con su sistema operativo a la hora de generar el archivo.
 5. **Resultados del entrenamiento:** En la etiqueta “Training Error” e “Iteration Number” podrá visualizar cual es el menor error obtenido durante el entrenamiento y en que iteración se obtuvo.
 6. **Gráfica principal:** En esta se visualizan los patrones de entrenamiento almacenados y los resultados de entrenamiento o ensayo obtenidos con el sistema difuso almacenado.
 7. **Cuadro de información:** En este cuadro se visualiza información relevante de cada etapa de creación y entrenamiento del sistema difuso.
 8. **Solapas FIS:** Una vez creada una estructura difusa en esta solapa se visualizan las funciones de membresía y reglas del sistema, con la posibilidad de modificar los parámetros y ver los resultados del cambio.

Ejemplo 1: Función exponencial

Para este ejemplo entrenaremos una red para obtener un sistema difuso que responda a una función exponencial. Los patrones de entrenamiento fueron obtenidos utilizando el Excel de la siguiente función:

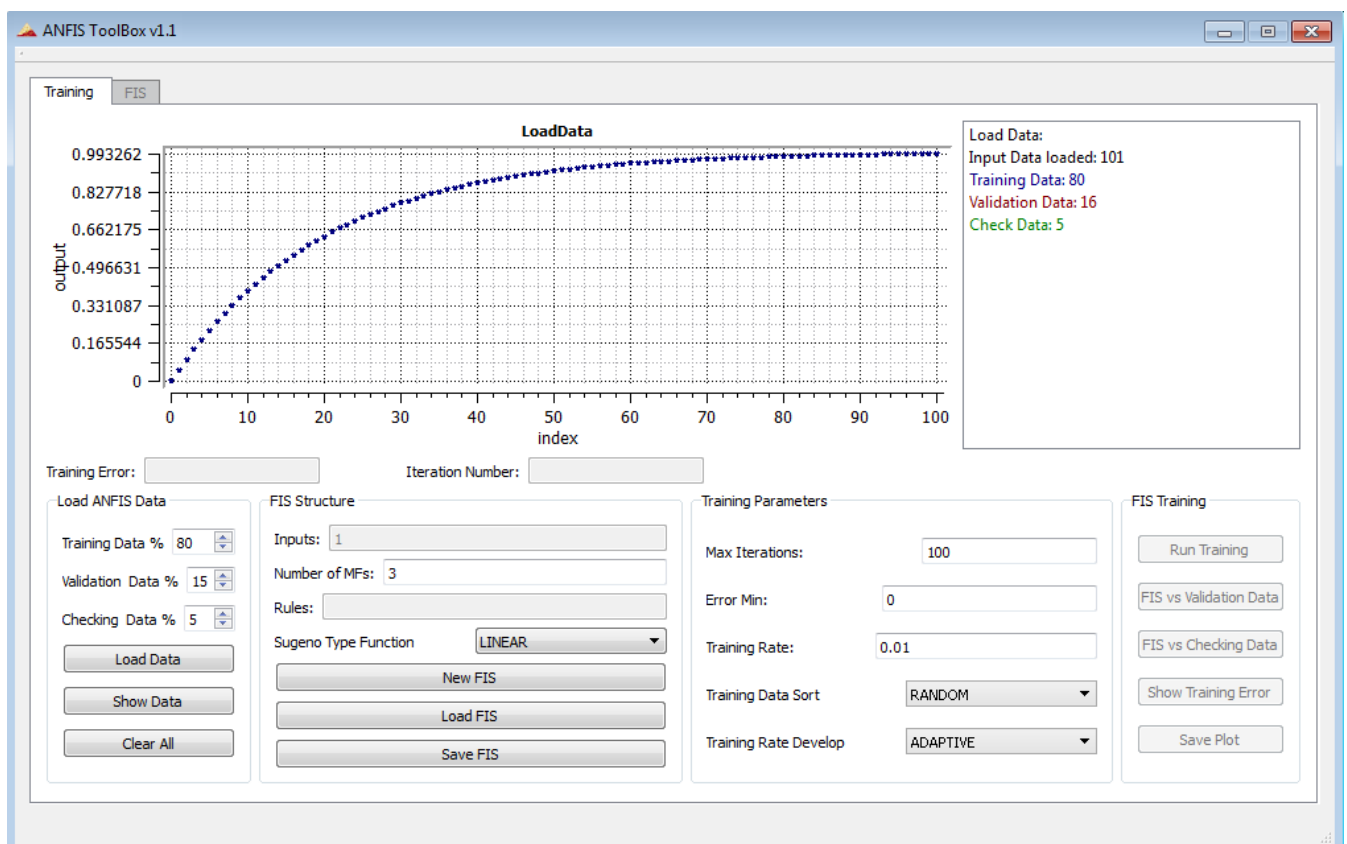
$$F(x) = (1 - e^{-t/2})$$

t: 0:0.1:10

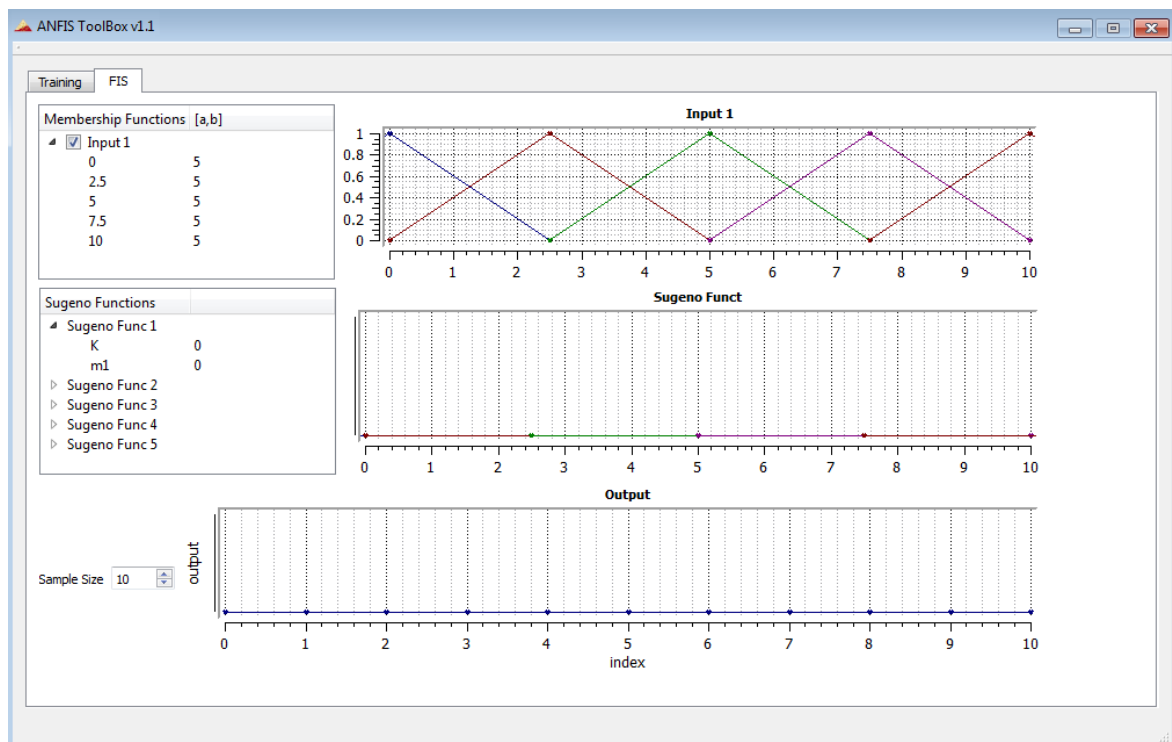
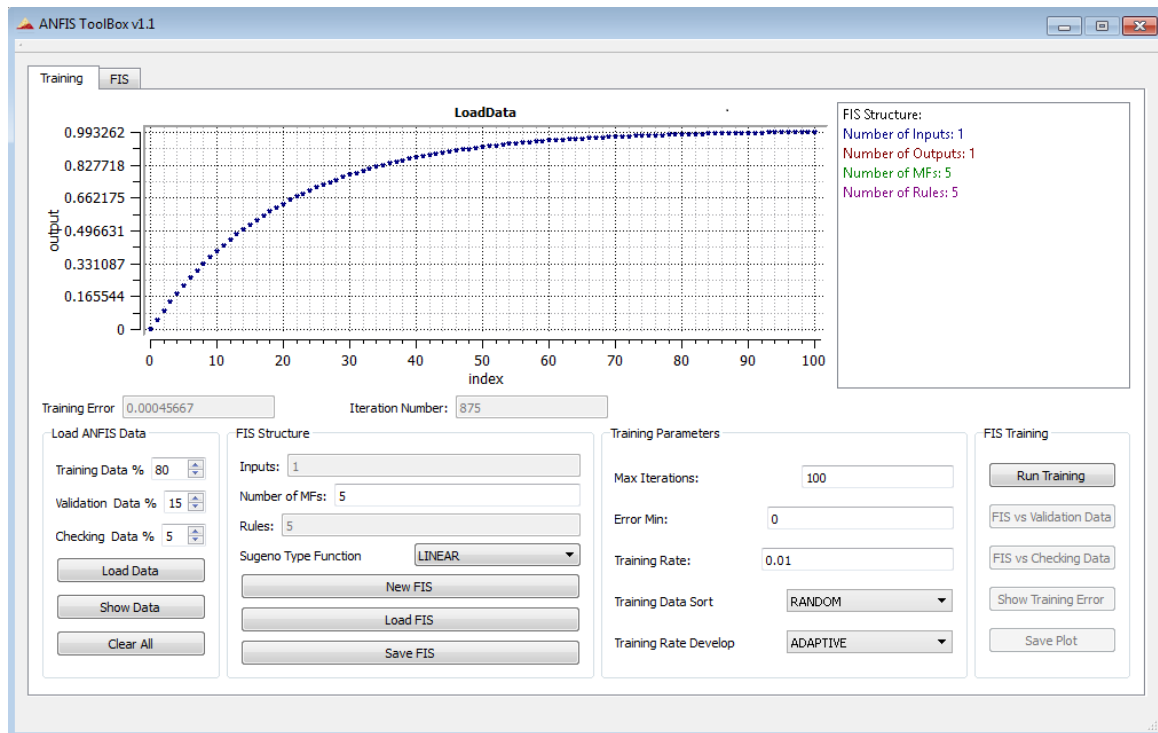
Es indistinto como se obtengan los patrones de entrenamiento siempre y cuando se respete el formato del archivo para cargar en el sistema:

CantidadEntradas,CantidadPatrones
X1,X2,X2,...,Y

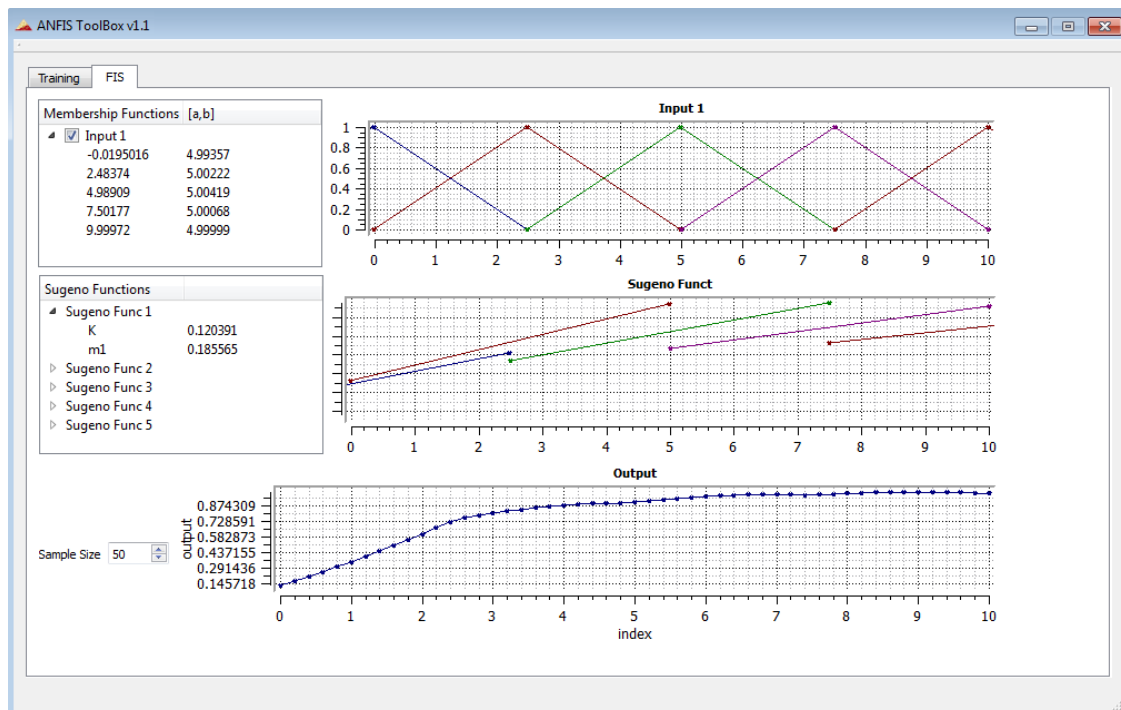
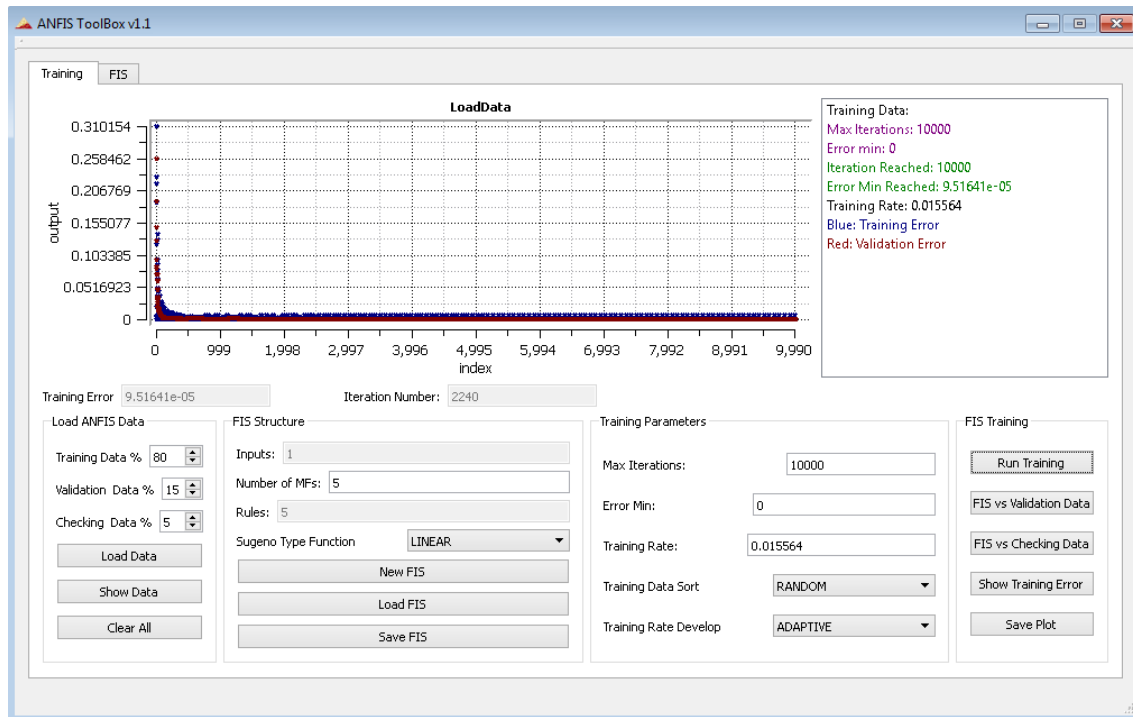
1. Se procede a cargar los patrones de entrenamiento eligiendo de estos el 80% para entrenar el sistema, el 15% para validarlo y 5% para chequear:



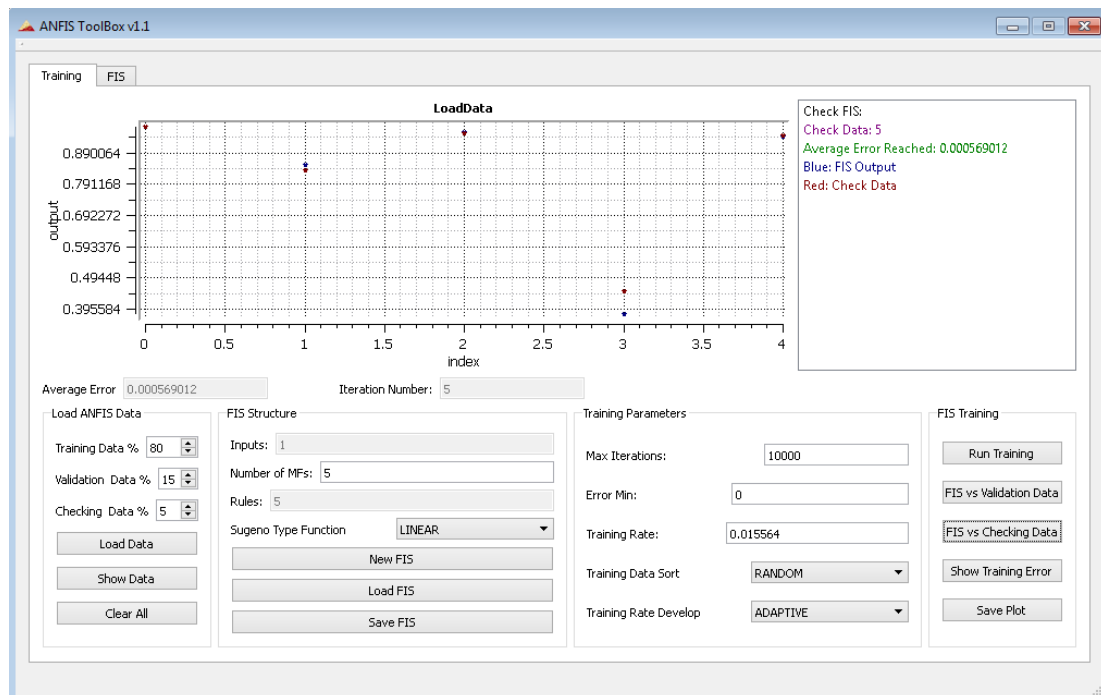
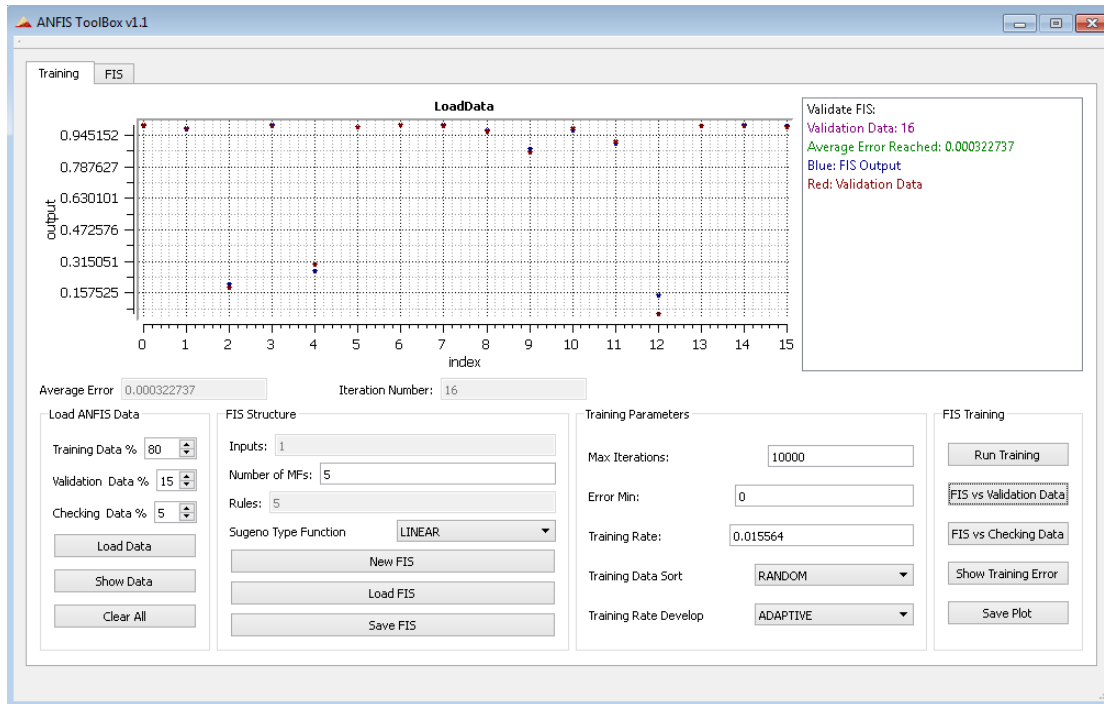
2. Para este ejemplo se adopta 5 funciones de membrecía para la entrenada y se crea la estructura difusa con reglas del tipo Sugeno (lineal). En la pestaña “FIS” se puede visualizar los primeros valores del sistema cargados por defecto:



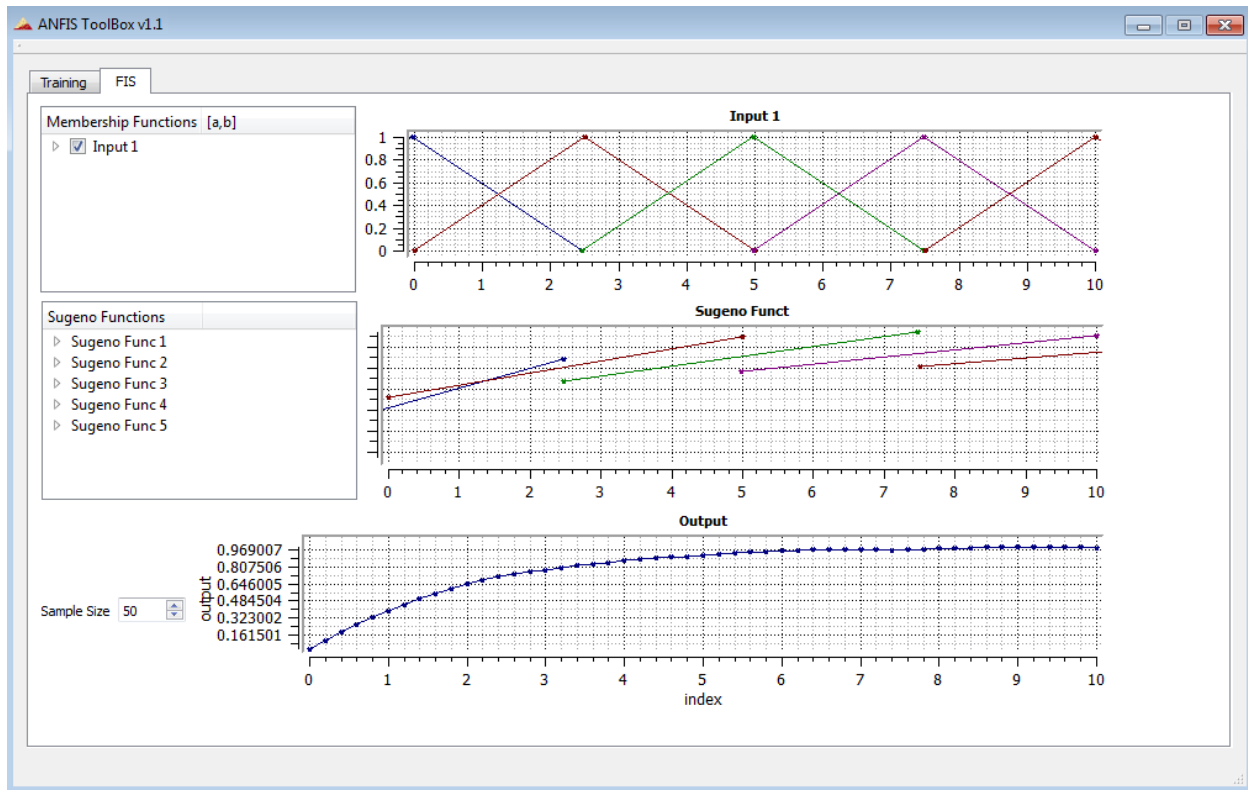
3. Para este ejemplo se adopta un error mínimo "0", 10000 iteraciones máximas de corte y una velocidad de convergencia de 0.01. Con estos valores se espera obtener un sistema difuso que siga fielmente la respuesta de la ecuación exponencial. Además se configura para que los patrones de entrenamiento sean utilizados aleatoriamente. Con esto se obtuvo el siguiente resultado (**azul** error de entrenamiento, **rojo** error de validación).



4. Ya entrenado el sistema se puede observar en la solapa "FIS" el resultado del mismo. El sistema sigue con cierto error la forma de la ecuación exponencial pero siempre se puede mejorar reentrenando la red o aumentando la cantidad de funciones de membrecía. Por última se puede ensayar el sistema con los patrones de validación y chequeo almacenados (**azul** valores del sistema, **rojo** valores de validación o chequeo):



Con solo entrenar la red algunas veces más se obtuvo un resultado casi ideal de un sistema difuso representado la ecuación exponencial deseada:



Cargar estructura difusa en MATLAB

Una vez obtenida el sistema difuso deseado se puede guardar con "Save FIS" en un archivo .txt. Luego se puede utilizar el scrip "LoadANFIS" para cargar la estructura del sistema difuso en el workspace de MATLAB, el cual podrán exportar a la herramienta "Fuzzy Logic System" de Matlab.

Como correr el scrip:

```
LoadANFIS ('nombre_del_archivo','nombre_de_la_estructura');
```


NOTAS

- El error que se estudia durante el entrenamiento es el error obtenido de validación en cada iteración al menos que no haya cargado patrones de validación, en ese caso se sigue el error de entrenamiento en cada iteración.
- La mezcla aleatoria de los patrones de entrenamiento se realiza siempre con una misma semilla que por defecto es "1".
- El parámetro de velocidad de convergencia del tipo adaptativo por defecto evoluciona según los siguientes parámetros:
 1. Si se detecta que el error disminuyó en las últimas cuatro iteraciones la velocidad de convergencia se aumenta 10%.
 2. Si se detecta que el error aumentó en las últimas diez iteraciones la velocidad de convergencia se disminuye 25%.
 3. Si se detecta que el error osciló en las últimas cuatro iteraciones la velocidad de convergencia se disminuye 10%.
 4. Si se detecta que el error incrementó demasiado (más de $10e8$) acercándose al máximo valor permitido la velocidad de convergencia se disminuye 1000%.

Al terminar el entrenamiento se almacena el último valor de velocidad de entrenamiento en el menú FIS Training para tenerlo disponible en el próximo entrenamiento.