

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра САУ

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 3
по дисциплине «Интеллектуальные системы управления»
ТЕМА: РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ АППРОКСИМАЦИИ НА ОСНОВЕ
НЕЙРОНЕЧЕТКОГО ПОДХОДА

Вариант 1

Студент гр. 9492

Викторов А.Д.

Преподаватель

Порохненко К.А.

Санкт-Петербург

2024

Цель работы: исследование возможности работы в пакете *Fuzzy Logic Toolbox* в режиме командной строки; оценка эффективности нейронечеткого подхода для формирования заданных функций.

Ход работы

С помощью скрипта, представленного в листинге 1, была сформирована функция `humps` из пакета MATLAB путем аппроксимации ее с помощью нейронечеткого подхода.

Листинг 1 – Код скрипта

```
% Initial data
clc, clear, close all
x=(-1:.005:3)';
y=humps(x);

%% anfis model
trnData = [x y];
numMFs = 30;
epoch_n = 60;
in_fismat = genfis1(trnData, numMFs, 'gauss2mf', 'linear');
out_fismat = anfis(trnData, in_fismat, epoch_n);
z1 = evalfis(out_fismat, x);
ruleview(out_fismat)

%% genfis2 model
Xin = x;
Xout = y;
fismat = genfis2(Xin, Xout, 0.01);
z2 = evalfis(fismat, x);
ruleview(fismat)

%% plot result
figure(4)
hold on
plot(x,y, '--', 'LineWidth', 2)
plot(x,z1)
plot(x,z2)
grid on
legend('Training Data', 'ANFIS Output', 'GENFIS2 Output');
rmse1 = sqrt(mean((y - z1).^2))
rmse2 = sqrt(mean((y - z2).^2))
```

Основным результатом выполнения этого скрипта стали две модели, способные с достаточной точностью аппроксимировать заданную функцию. В подтверждение вышесказанного на рисунке 1 приведен график,

демонстрирующий сходимость полученных функций, к данным на которых они обучались.

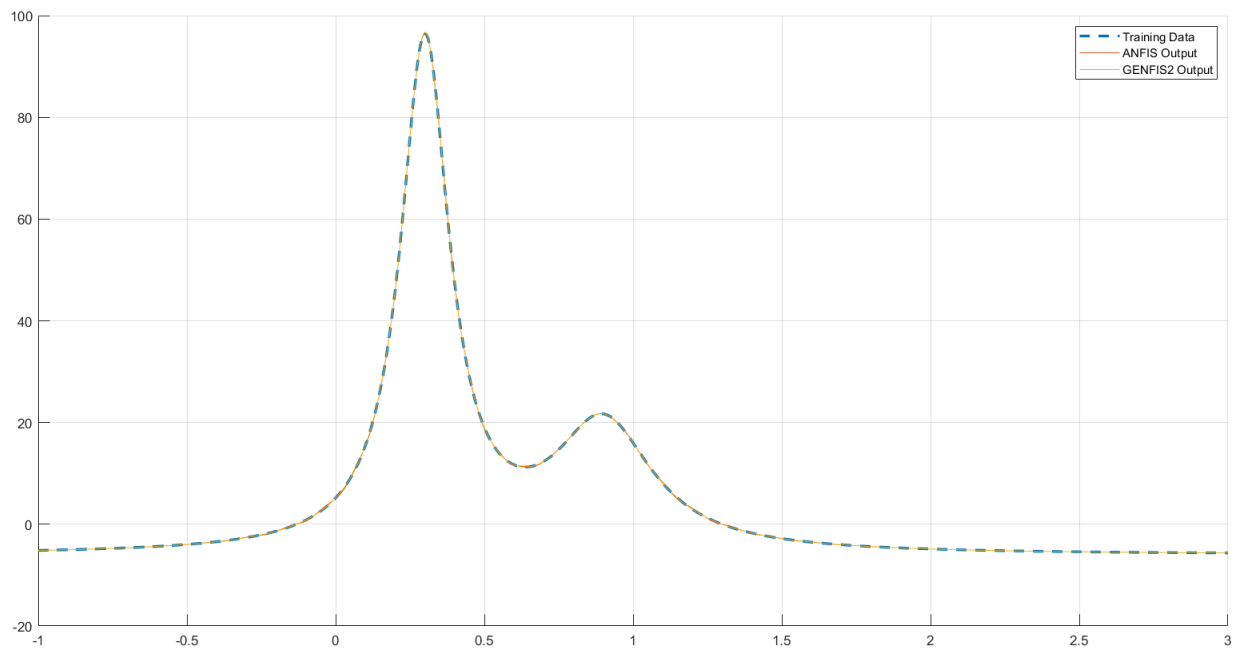


Figure 1 - Сравнение нейронечетких моделей и исходных данных

В качестве основной метрики для оценки точности результатов был использован корень среднеквадратичной ошибки. Этот показатель составил 0.0753 и 0.0510 в случае функций *anfis* и *genfis2* соответственно. Набор правил полученных функций можно увидеть на рис. 2.

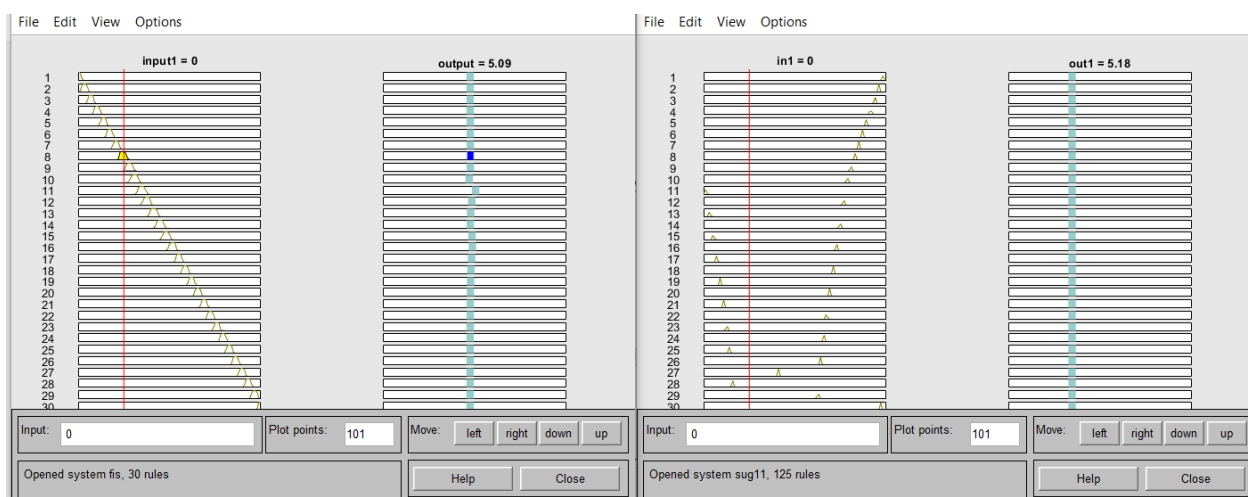


Figure 2 - Набор правил нечетких моделей

Можно заметить, что функция *genfis2* сгенерировала 125 правил, а функция *anfis* – 30 правил, при этом точность аппроксимации сопоставима.

Оценка эффективности изменений при обучении проведена следующим образом. В качестве изменяемых параметров принято:

- числа функций принадлежности;
- типа функций принадлежности;
- типа алгоритма Сугено;
- числа циклов обучения;
- величины "области влияния" для *genfis2*.

Далее приведены сравнительные графики работы моделей, позволяющие наглядно оценить влияние тех или иных параметров на точность аппроксимации.

На рисунке 3 можно увидеть зависимости точности аппроксимации от количества функций принадлежности. Увеличение их числа существенно улучшает точность, однако при числе ФП больше 20 точность растет непропорционально сложности. Важно заметить, что тип ФП – *gauss2mf*, число эпох обучения – 20 для всех экспериментов.

На рисунке 4 представлена зависимость точности аппроксимации от типа ФП. Точность аппроксимации в данном случае наилучшая у *gauss2mf*. Число эпох обучения – 20, количество ФП – 5 для всех экспериментов.

При сравнении типов алгоритма Сугено было выявлено заметное преимущество *linear* перед *constant* (см. рис 5).

На рисунках 6 и 7 показана наглядная разница в числе эпох обучения. Очевидно, что точность прямо зависит от количества итераций обучения, однако стоит отметить, что более продолжительное обучение (> 20 итераций) практически не меняет точность модели.

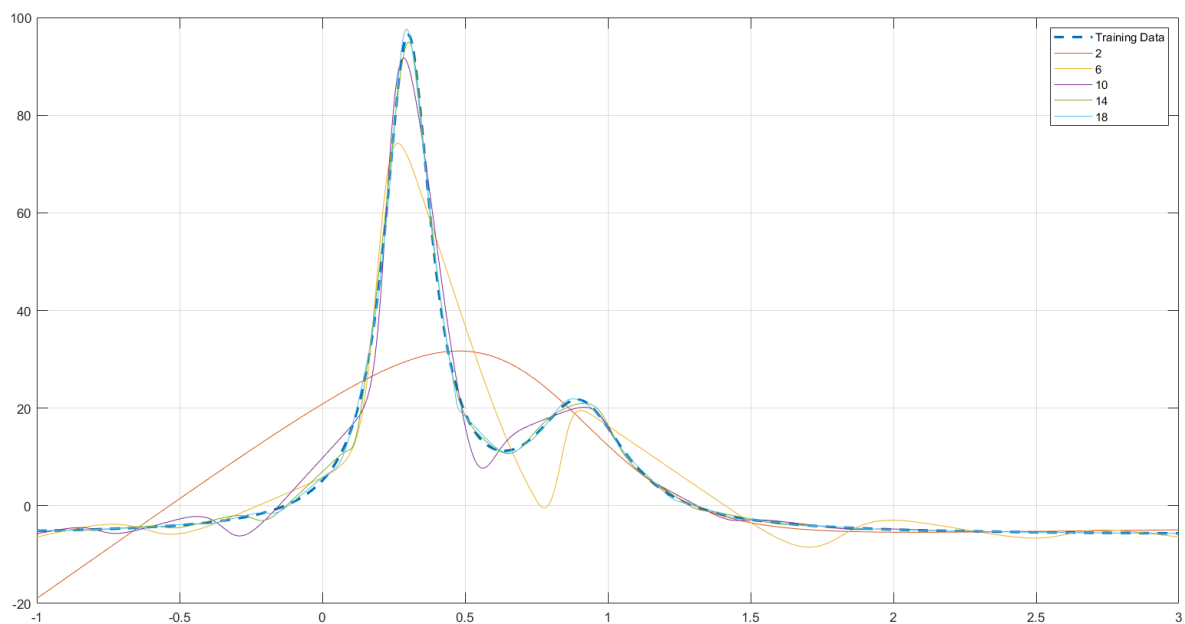


Figure 3 - График сравнения влияния числа функций принадлежности на точность аппроксимации

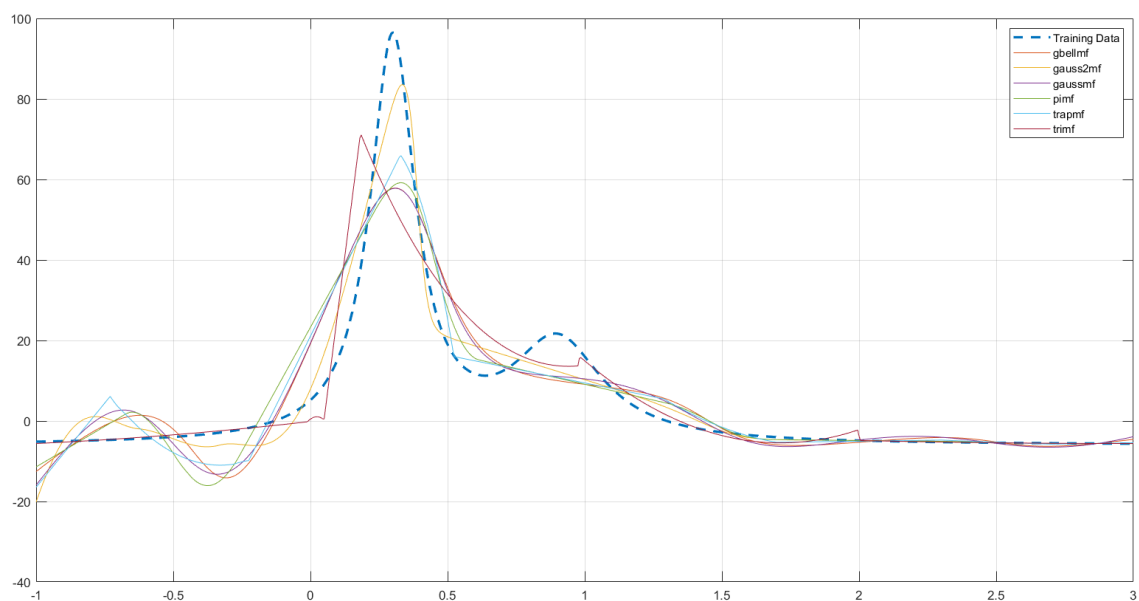


Figure 4 - График сравнения влияния типа функций принадлежности на точность аппроксимации

Рисунок 8 позволяет наглядно увидеть прямое влияние параметра «область влияния» на точность аппроксимации. Чем меньше величина параметра – тем больше точность.

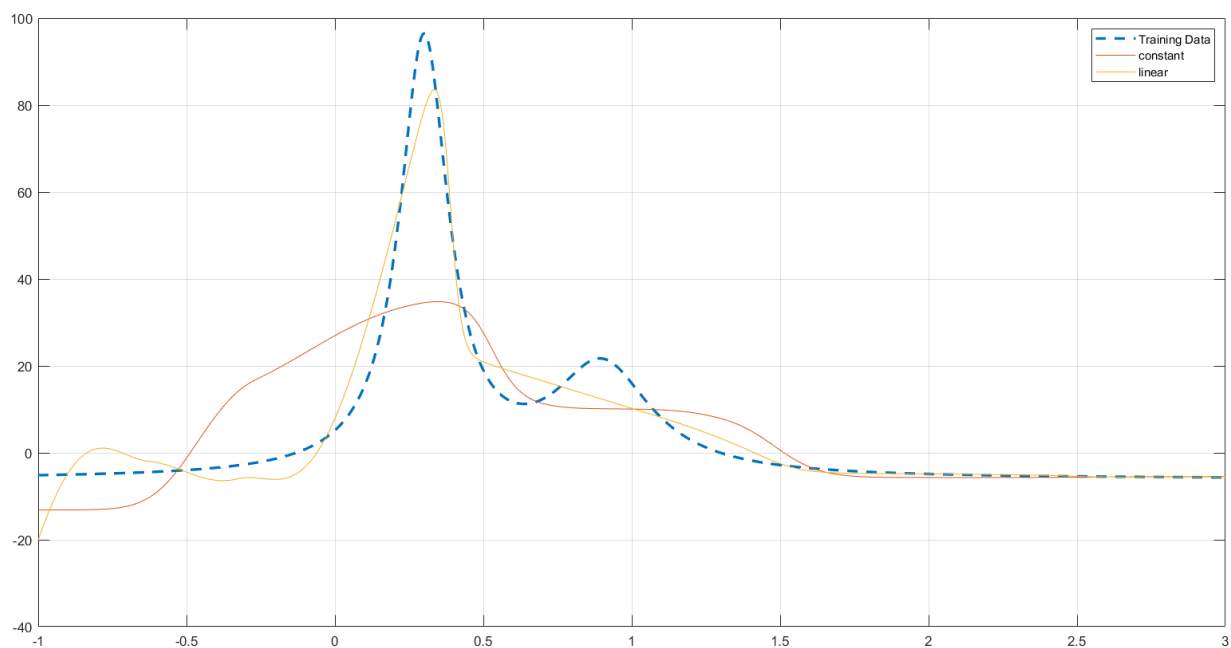


Figure 5 - График сравнения влияния типа алгоритма Сугено на точность аппроксимации

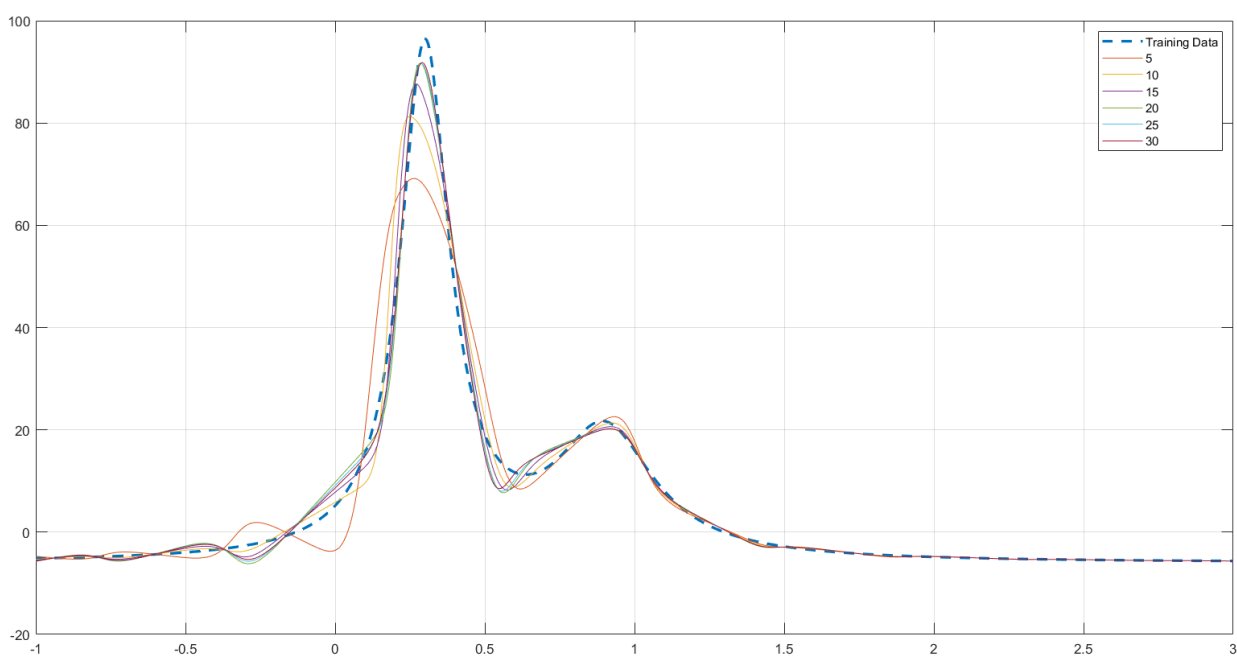


Figure 6 - График сравнения влияния количества эпох обучения на точность аппроксимации

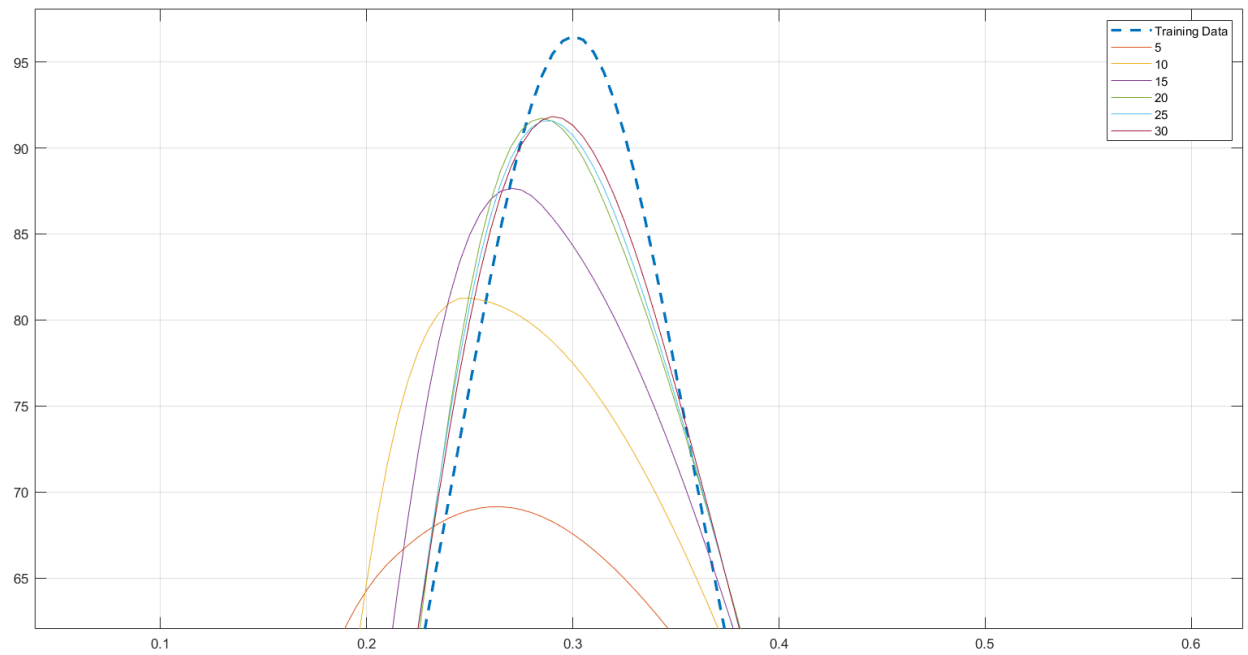


Figure 7 - График сравнения влияния количества эпох обучения на точность аппроксимации (увеличенный)

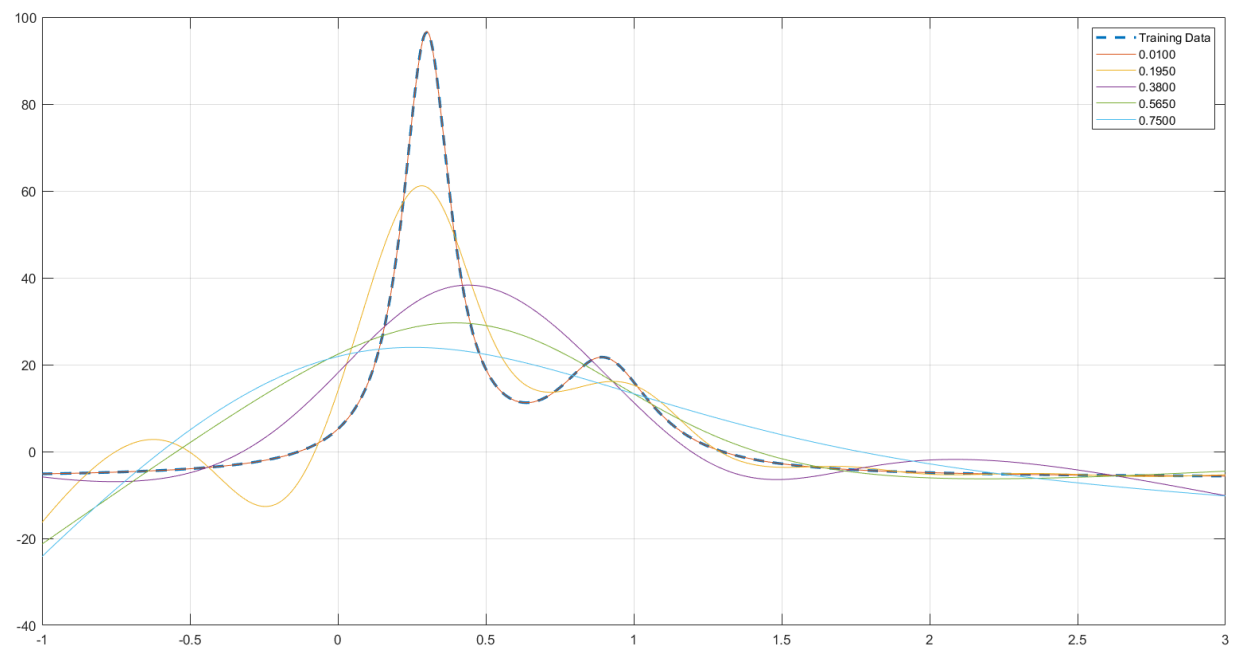


Figure 8 - График сравнения области влияния на точность аппроксимации

На рисунке 9 представлена наиболее простая модель Такаги-Сугено, содержащая всего 5 функций принадлежности и обученная на 20 эпохах. Точность такой модели не позволяет достичь высокой точности аппроксимации, однако малое количество правил позволяет ускорить расчеты,

что бывает полезным во встроенных системах малой мощности или с высокой частотой расчетов.

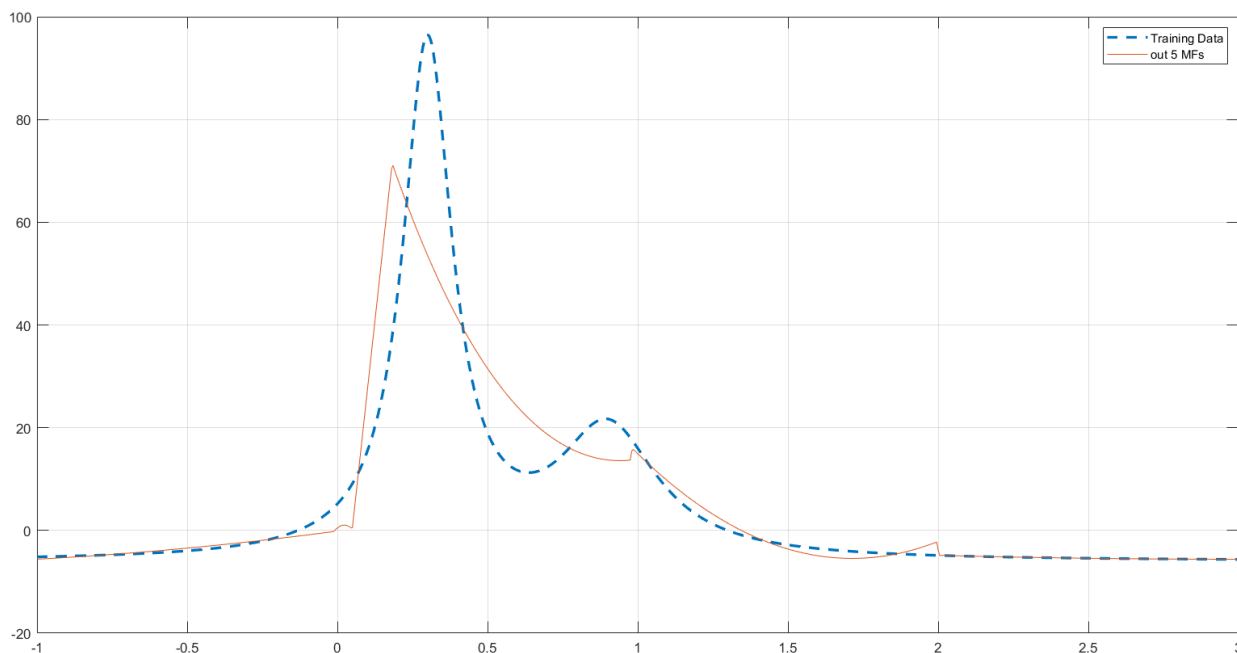


Figure 9 - Упрощенная модель Такаги-Сугено

Вывод

В ходе выполнения данной лабораторной работы были получены нейронечеткие модели для аппроксимации заданной функции с помощью встроенных функций MATLAB в пакете *Fuzzy Logic Toolbox*. Было доказано, что функции *anfis* и *genfis2* позволяют синтезировать универсальный аппроксиматор любой сложности.

Проведена оценка эффективности нейронечеткого подхода для формирования заданных функций. Было выявлено, что функция *genfis2* позволяет получить требуемую модель быстрее, а функция *anfis* позволяет точнее ее настроить.