

УДК 004.41

UDC 004.41

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ  
РАСЧЕТА ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ДВИГАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНЫХ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**DEVELOPING OF AUTOMATED  
INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATION  
OF MILES PER GALLON FOR DIESEL POWER  
STATIONS**

Атрощенко Валерий Александрович  
д.т.н., профессор

Atroshchenko Valery Aleksandrovich  
Dr.Sci.Tech., professor

Дьяченко Роман Александрович  
к.т.н., доцент

Dyachenko Roman Aleksandrovich  
Cand.Tech.Sci., associate professor

Сучкова Екатерина Валерьевна  
студентка

Suchkova EkaterinaValeryevna  
student

Литвинов Юрий Николаевич  
соискатель кафедры информатики  
*Кубанский Государственный Технологический  
университет, Краснодар, Россия*

Litvinov Yury Nikolaevich  
competitor of chair of computer science  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

В статье рассмотрены вопросы прогнозирования  
нечетких многопараметрических систем.  
Предоставлен алгоритм подбора оборудования по  
значимым параметрам двигателя

In this article, problems of multiparameter fuzzy  
systems' state forecasting are reviewed. The algorithm  
of selection of the equipment on significant parameters  
of the engine is given

Ключевые слова: НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА,  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, КЛАСТЕРИЗАЦИЯ,  
ТОПЛИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ANFIS

Keywords: INDISTINCT SYSTEM, FORECASTING,  
CLASTERING, MILES PER GALLON , ANFIS

В настоящее время вопросы эксплуатации и экономической эффективности применения дизельных электростанций (ДЭС) являются актуальными. Одной из проблем является подбор оборудования в зависимости от технических требований и экономических затрат на приобретение и эксплуатацию. В этой связи задача выбора оборудования по значимым критериям является актуальной. Она может быть решена несколькими способами.

Наиболее распространенным способом является выбор оборудования на основе экспертных оценок компетентных специалистов, зафиксированных в базе знаний экспертной системы. В случае отсутствия сведений о практике подбора можно применять различные методы прогнозирования (методы множественной линейной регрессии, методы нечеткого прогнозирования и нейросетевые методы).

В качестве одной из методик выбора оборудования можно применить установление зависимости топливной эффективности дизельных двигателей ДЭС от их массы, мощности и стоимости с последующим использованием этой зависимости, т.е. представить модель выбора в виде функции от 3-х переменных:

$$\text{MPG} = f(\text{Weight}, \text{Power}, \text{Price}), \quad (1)$$

где MPG – расход топлива,

Weight – масса двигателя,

Power – номинальная мощность,

Price – стоимость.

Выбор оборудования будет представлять собой вычисление функции  $f$  с определенными параметрами массы двигателя, номинальной мощности и стоимости, в результате которого будет получено прогнозное значение топливной эффективности. Последняя (MPG) может быть использована как оценка эксплуатационных качеств ДЭС в условиях финансовых (массо-габаритных) ограничений на эксплуатацию.

Одними из эффективных методов построения таких зависимостей являются методы нечеткого моделирования, для применения которых требуется статистическая выборка по входным параметрам.

В качестве исходных данных для построения зависимости будем использовать данные крупных фирм производителей ДЭС, представленных в виде ценовой информации и технических описаний (данные фирм Caterpillar, Cummins, Perkins, Iveco).

Методика подбора оборудования состоит из следующих этапов:

1) сбор статистической информации (формирование базы данных оборудования);

2) обработка данных (нормализация) к виду, необходимому для построения нечеткой модели выбора;

3) построение нечеткой модели выбора (нечеткой кластеризации);

4) использование сформированной нечеткой модели для определения топливной эффективности в зависимости от массы двигателя, номинальной мощности и стоимости.

*Первый этап.* Сбор статистической информации можно проводить с использованием данных специальных ценовых справочников и информации сети интернет. На момент написания статьи авторами была получена информация, представленная в таблице 1.

Таблица 1 – Статистическая информация.

Расход топлива, л/час	Масса, кг	Мощность, кВт	Стоимость, руб	Ширина, мм	Глубина, мм	Высота, мм	Фирма
16,4	1070	64	100000	2400	1050	1500	caterpillar
18,4	1250	72	100000	2400	1050	1500	caterpillar
21,5	1350	84	100000	2400	1050	1500	caterpillar
30,7	1400	120	100000	2640	1075	1500	caterpillar
33,8	1520	132	100000	2800	1155	1500	caterpillar
36,8	1620	144	100000	2800	1155	1500	caterpillar
43	1620	168	100000	2800	1155	1500	caterpillar
45	1700	180	100000	2400	1050	1500	caterpillar
50	2050	200	100000	3100	1050	1500	caterpillar
6,7	780	20,8	296000	1650	740	1400	cummins
9,3	820	32	317000	1700	740	1400	cummins
13	900	45	369000	1750	740	1400	cummins
22	1200	80	454000	2100	830	1550	cummins
27	1300	100	534000	2150	830	1550	cummins
30	1400	110	569000	2250	830	1600	cummins
40	1550	145	715000	2400	900	1650	cummins
45	1700	160	860000	2500	1000	1550	cummins
53	1900	200	962000	2600	1000	1700	cummins
56	2750	200	983000	2900	970	1600	cummins
61	2800	220	1064000	2900	970	1650	cummins
83	4250	305	1828000	3200	1310	1750	cummins

118,5	5500	475	2617000	3450	1780	2100	cummins
167	8500	600	4231000	4200	2060	2250	cummins
247	9650	880	6254000	4350	1900	2250	cummins
261	11200	1000	6856000	5210	2300	2500	cummins
7,7	370	24	367000	998	680	905	iveco
9,7	415	32	401000	1094	680	885	iveco
9	480	36	450000	1134	640	964	iveco
13,7	480	48	494000	1259	657	1016	iveco
19,3	500	68	576000	1367	753	1085	iveco
22	500	80	588000	1367	753	1085	iveco
28,8	610	100	709000	1697	789	1318	iveco
36	640	128	755000	1697	789	1318	iveco
42	730	160	930000	1713	796	1230	iveco
51	1030	200	1000000	2107	1055	1480	iveco
55	1220	216	1405000	2042	1055	1394	iveco
64,9	1110	240	1537000	2195	1055	1480	iveco
70	1180	280	1632000	2272	1055	1468	iveco
81,3	1228	320	1662000	2324	1270	1546	iveco
148	2118	576	5281000	2359	1563	2079	iveco
3	400	7,2	246000	1100	500	1000	perkins
4,2	450	10,4	272000	1150	600	1100	perkins
6,2	550	16	304000	1300	600	1150	perkins
7,1	720	24	350000	1600	730	1250	perkins
10,7	750	36	395000	1600	730	1250	perkins
14,1	780	48	456000	1600	730	1250	perkins
18,7	850	64	528000	1750	730	1250	perkins
22,6	900	80	600000	1850	750	1250	perkins
33,3	1150	113	770000	2250	820	1450	perkins
41	1150	120	854000	2250	820	1450	perkins
44	1500	144	963000	2400	900	1600	perkins
45,2	1300	160	1201000	2500	1000	1650	perkins
48,5	1650	182	1262000	2700	1000	1650	perkins
45	1700	200	1294000	2700	1000	1650	perkins

71	1150	280	1770000	2250	820	1450	perkins
85	2800	320	1826000	3200	1150	1800	perkins
99	3300	360	2120000	3350	1150	2150	perkins
132	4200	520	3251000	3400	1550	2250	perkins
157	4700	580	4258000	3900	1700	2150	perkins
172	4700	640	4444000	3900	1700	2150	perkins
206	6500	728	5652000	4800	1870	2450	perkins
208	7000	800	5722000	4600	1870	2450	perkins
259	9300	1000	8100000	4650	1870	2580	perkins
283	9300	1080	8769000	4800	1870	2580	perkins
316	9500	1200	8854000	4800	1870	2580	perkins
372	11500	1360	9746000	5000	2250	2580	perkins
372	11500	1440	13175000	5600	2300	3350	perkins
385	13000	1600	13911000	5800	2300	3350	perkins

**Второй этап.** Нормализация входных данных (приведение к относительным единицам) необходима для улучшения качества нечеткой модели(проводится стандартным приемом).

**Третий этап.** Нечеткая кластеризация, представляет собой операцию построения и настройки системы нечетких правил и вывода. Далее будем применять языковые конструкции и функции математического пакета Fuzzy Logic ToolBox среды MATLAB, в котором реализованы базовые функции нечеткой логики. Методика кластеризации представлена следующими шагами:

1) разделение массива входных экспериментальных данных data на обучающую и тестовую выборки (в обучающую выборку попадают нечетные строки массива, в тестовую – четные);

2) генерирование системы нечеткого вывода (далее FIS) типа «Сугено» на основе обучающей выборки;

3) настройка полученной FIS-модели при помощи инструментария ANFIS (инструмент адаптивной нейро-нечеткой настройки);

4) проверка работы системы нечеткого вывода тестовой выборкой.

*Четвертый этап.* Для использования нечеткой модели (решения задачи выбора) применяется функция `evalfis` [2].

На практике в условиях постоянно изменяющихся во времени характеристиках модельных рядов оборудования может возникнуть проблема актуальности данных для обучения модели.

Указанная проблема может быть решена созданием автоматизированной информационной системы, реализующей механизмы хранения и обновления данных (технология баз данных) для последующего обучения и использования модели выбора.

На основе описанной выше методики была создана автоматизированная информационная система «FuzzySelect». Система реализована в среде программирования Microsoft Visual Studio 2010 с применением технологий баз данных. Модули, реализующие функции нечеткой кластеризации написаны на языке MATLAB и откомпилированы в библиотечные модули.

Графический интерфейс пользователя GUI системы «FuzzySelect» представлен на рисунке 1.

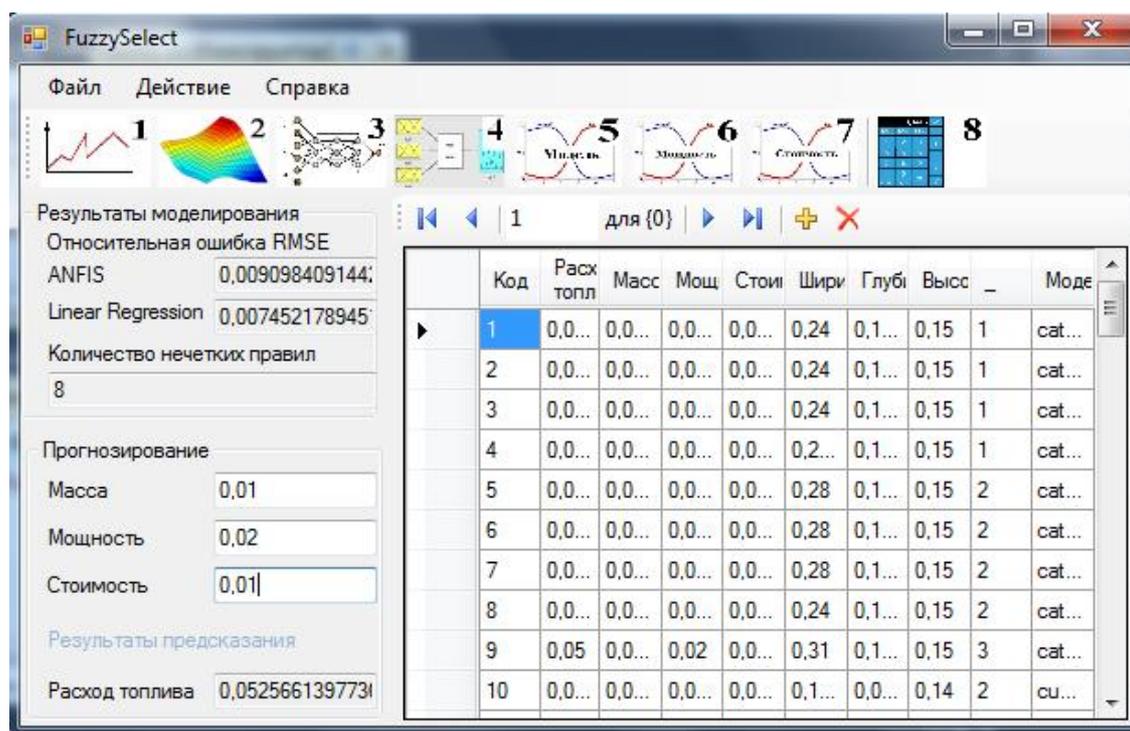


Рисунок 1. Графический интерфейс пользователя GUI системы «FuzzySelect»

Программа реализует следующий набор функций:

- формирование базы данных и организация ее обновления;
- добавление строк в базу данных при помощи формы для ввода;
- печать таблицы данных;
- визуализация входного массива данных (plot);
- построение нечеткой модели «три входа – один выход» и графическое представление зависимости ошибок ANFIS-алгоритма на обучающей и тестовой выборке от количества итераций (genfis1, anfis);
- определение параметров нечеткой системы и вывод количества нечетких правил (getfis);
- визуальное представление нечеткой системы вывода (plotfis);
- вывод функций принадлежности для параметров модели (plotmf);
- сохранить обученную FIS – модель в виде fis-файла (writefis).

• вычисление прогнозируемой топливной эффективности нечеткой модели по введенным значениям параметров масса, мощность, стоимость [1].

Построение нечеткой модели по массиву входных данных и визуальное представление зависимости ошибок RMSE (относительная ошибка) от количества итераций алгоритма продемонстрировано на рисунке 2:

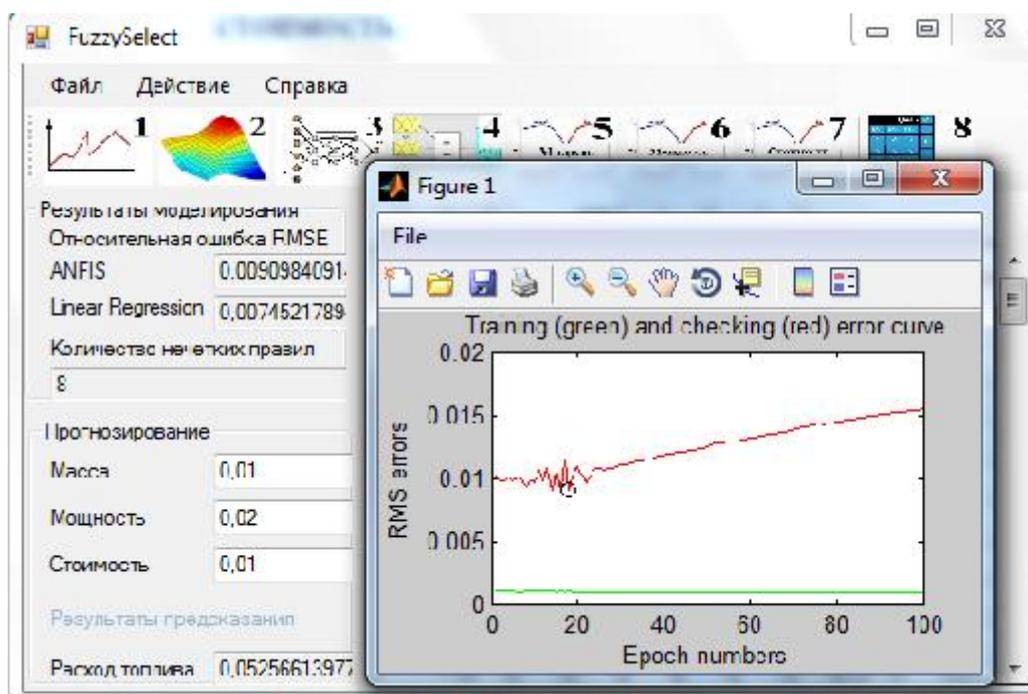


Рисунок 2. Демонстрация результата нечеткой кластеризации

На рисунке 3 представлено окно визуализации нечеткой системы вывода.

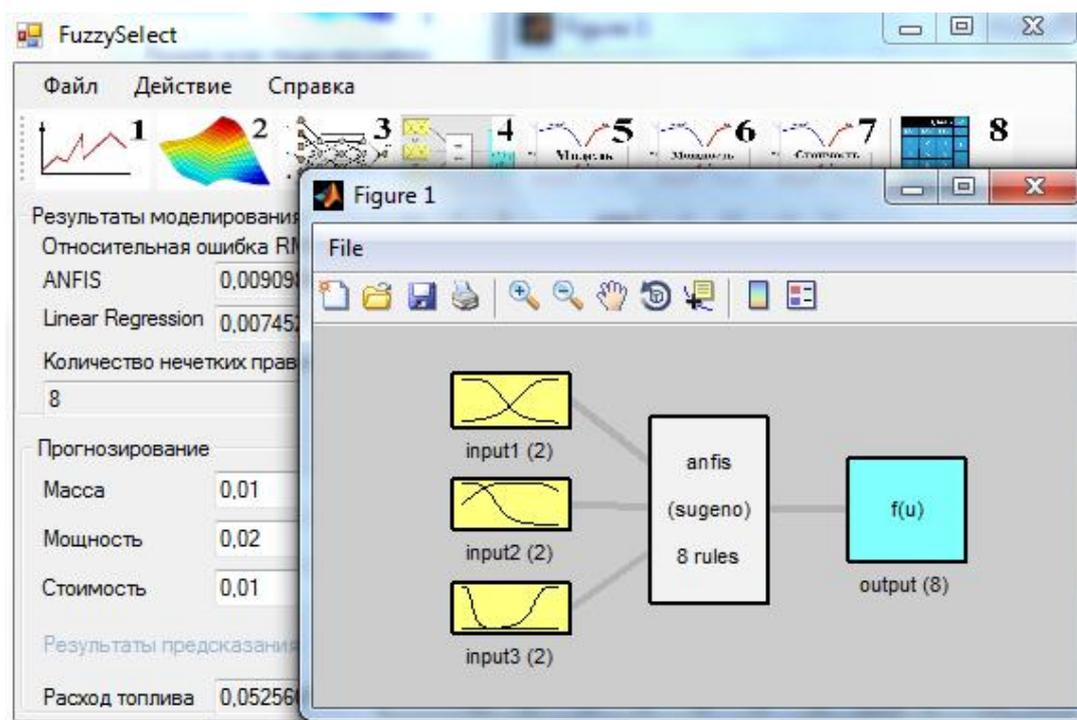


Рисунок 3. Графическое представление нечеткой системы

На рисунке 4 представлено окно визуализации функции принадлежности параметра «Масса»

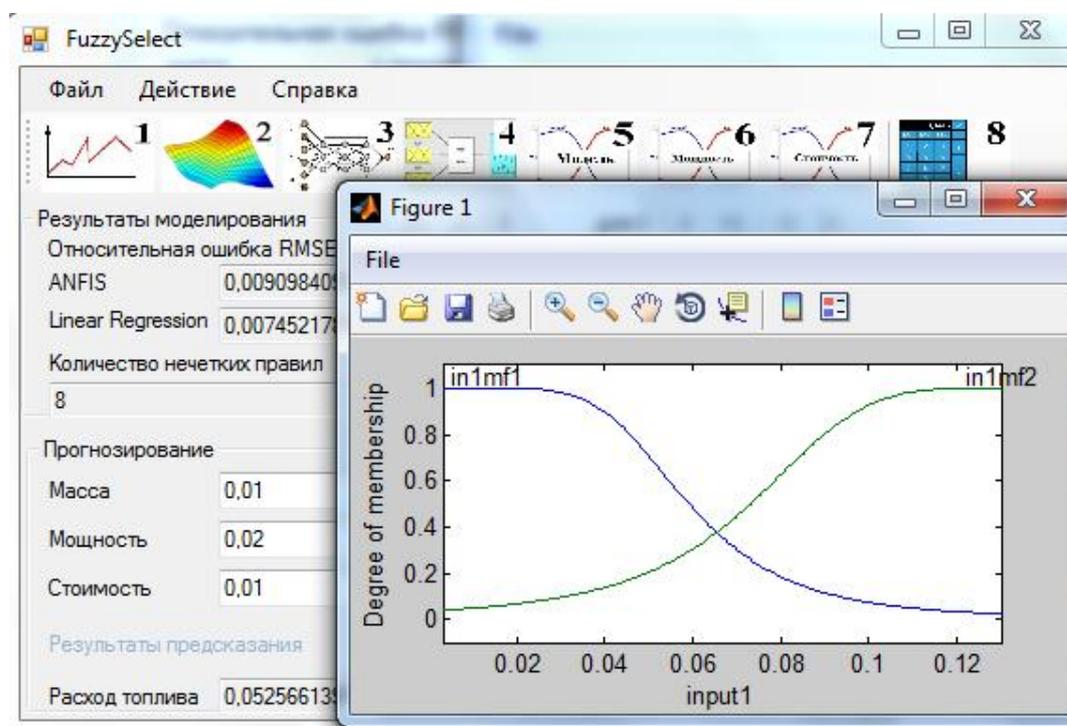


Рисунок 4. Визуализация функции принадлежности параметра «Масса»

В результате проведенных исследований была предложена методика прогнозирования топливной эффективности ДЭС в зависимости от массы двигателя, номинальной мощности и стоимости, которая может рассматриваться как одна из методик подбора оборудования; была создана автоматизированная информационная система «FuzzySelect», реализующая предложенную методику на основе нечеткой логики.

#### Литература

1. Майо Д. Самоучитель Microsoft Visual Studio 2010. — С.: «БХВ-Петербург», 2010. — 464 С.
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288с., ил.