



3. Шубин А.В., Есипов М.А., Кристальный Б.В. Единая государственная система управления и передачи данных (ЕГСУПД) и ее законодательное обеспечение («Электронная Россия 2002-2010 годы»)/Информационные ресурсы России. – 2002-№1.

О.П.Солдатова, О.С. Баранова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЙТИНГОВОГО АЛГОРИТМА ГЕНЕРАЦИИ БАЗЫ ПРАВИЛ ДЛЯ НЕЧЁТКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

(Самарский университет)

Целью данной работы является сравнение эффективности применения рейтингового алгоритма генерации баз нечетких правил для двух моделей нейронных сетей: Такаги-Сугено-Канга (TSK) и Ванга-Менделя.

Для эмпирических числовых данных, используемых для генерации нечётких баз правил, необходима проверка их непротиворечивости. Используемый в данной работе алгоритм генерации является одним из наиболее используемых алгоритмов данного класса [1], однако публикации об использовании алгоритма для генерации баз правил для нечётких нейронных сетей практически отсутствуют.

В данной работе проведено исследование влияния использования рейтингового алгоритма для генерации баз нечётких правил для нейронных сетей Ванга-Менделя и TSK.

Ввиду схожести структуры и логики работы исследуемых сетей, приведем в качестве примера описание структуры и логики работы сети TSK. Сеть Ванга-Менделя может считаться частным случаем сети TSK, если многочлен первой степени в заключении правила вывода, представлен одним свободным членом [2].

Структура нечёткой сети TSK, представленная на рисунке 1, основана на системе нечёткого вывода Такаги-Сугэно-Канга и реализует функцию аппроксимации вида:

$$y(x) = \frac{1}{\sum_{i=1}^M [\prod_{j=1}^N \mu_A^{(i)}(x_j)]} \sum_{i=1}^M \left[ \prod_{j=1}^N \mu_A^{(i)}(x_j) \right] \left[ p_{i0} + \sum_{j=1}^N p_{ij} x_j \right]$$

Для обучения сетей использовался алгоритм обратного распространения ошибки, параметрами которого являлись коэффициент обучения  $\eta$  и количество итераций обучения. Значения этих параметров подбирались индивидуально для каждой сети, исходя из характера обучения.

Для генерации базы правил была использована модификация рейтингового алгоритма, предназначенная для генерации базы правил вывода без привязки к конкретной нейронной сети. Это позволило сходным образом включить алгоритм в логику работы обеих сетей и в дальнейшем предоставило основание для их сравнения.



В качестве входных данных была использована обучающая выборка ирисов Фишера [3], которая описывает три класса принадлежности ирисов по четырём входным признакам ( $M=3, N=4$ ). В качестве показателя эффективности решения задачи рассчитывалась погрешность классификации  $K = \frac{L_{нев}}{L_{общ}}$ , где  $L_{нев}$  - количество неверно распознанных векторов,  $L_{общ}$  - общее количество векторов.

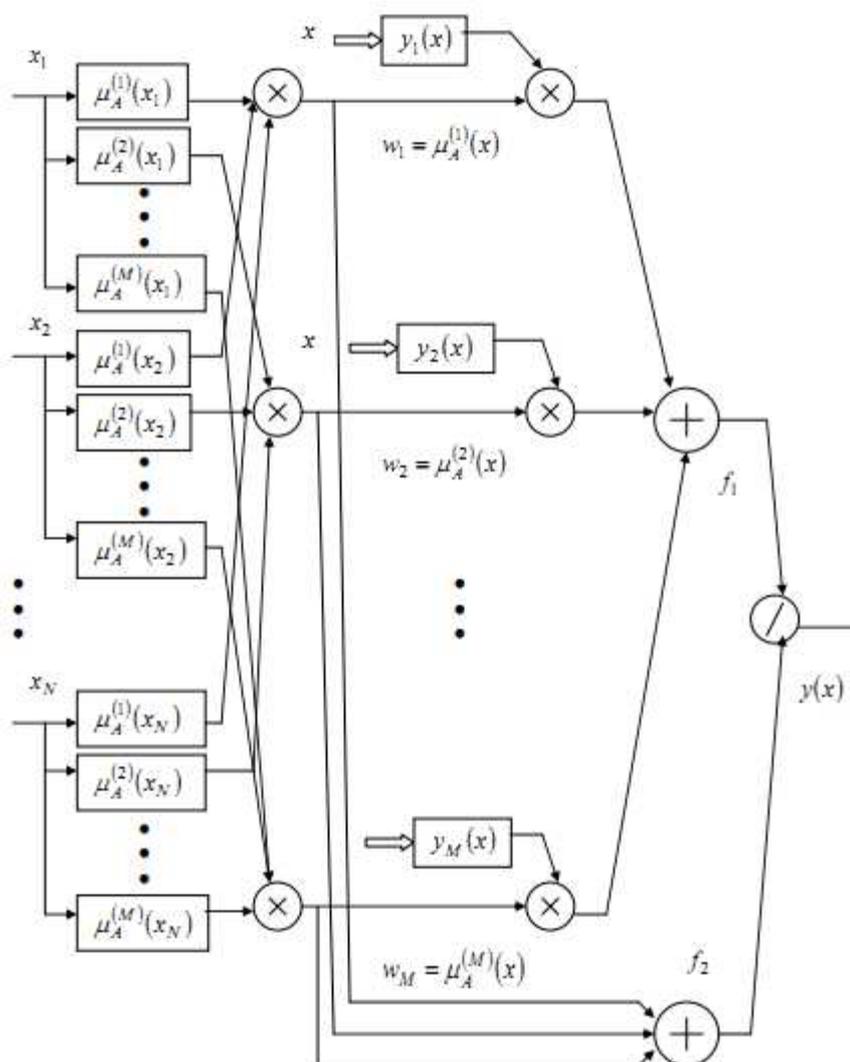


Рисунок 1 – Структура нечёткой сети TSK

Для сравнения этих показателей для двух сетей были получены зависимости погрешности классификации от размера входного вектора в выборке с применением рейтингового алгоритма и без него. В результате для выборки ирисов Фишера были получены погрешности классификации, представленные в таблицах 1 и 2 (для сетей Ванга-Менделя и TSK, соответственно).



Таблица 1. Погрешности классификации для сети Ванга-Менделя

Количество нечётких множеств / Количество классов	Без рейтинга	С рейтингом
4/3	0.050	0.033
3/3	0.074	0.050
4/2	0.025	0.025
3/2	0.050	0.025

Таблица 2. Погрешности классификации для сети TSK

Количество нечётких множеств/ Количество классов	Без рейтинга	С рейтингом
4/3	0.050	0.033
3/3	0.050	0.036
4/2	0.025	0.025
3/2	0.033	0.015

Также были построены графики для отображения результатов классификации обеих сетей после завершения обучения. Для наглядности в тех же осях изображены эталонные (ожидаемые) ответы (рисунки 2 и 3).

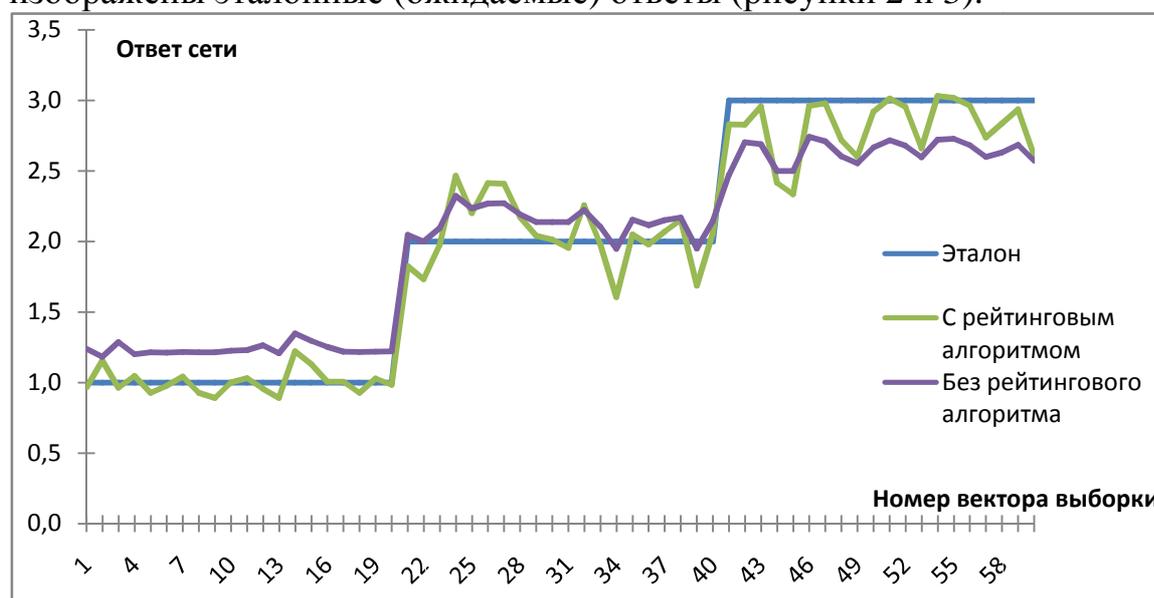


Рисунок 2–Результаты классификации сети Ванга-Менделя и эталонные ответы

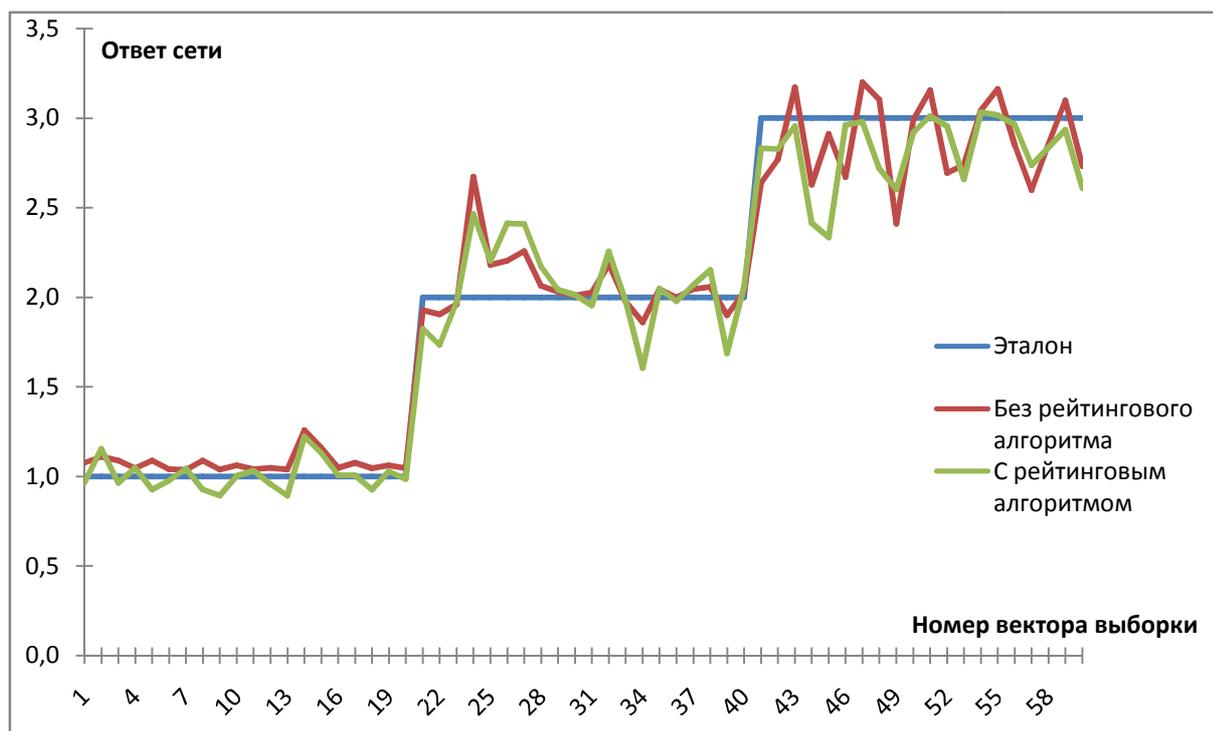


Рисунок 3 - Результаты классификации сети TSK и эталонные ответы

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы о проделанной работе:

1. Для обеих сетей применение рейтингового алгоритма позволяет снизить погрешность классификации.
2. Сеть TSK показала лучшие результаты классификации как с применением рейтингового алгоритма, так и без него. Таким образом, среди всех проведенных экспериментов на выборке ирисов Фишера, наилучшие результаты показала сеть TSK с применением рейтингового алгоритма.
3. Окончательный вывод о применимости рейтингового алгоритма генерации баз нечетких правил вывода для сетей Ванга-Менделя и TSK можно будет сделать в результате дальнейших исследований с использованием более широкого набора обучающих данных.

### Литература

1. В. В. Борисов, Нечеткие модели и сети [Текст] / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А.С. Федулов. Научное издание, – 2007.
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С.Осовский // Учебно-справочное издание, – 2002.
3. Machine Learning Repository [Электронный ресурс]. – <https://archive.ics.uci.edu/ml/index.html>.