

УДК 681.516.52

Арутюнян А.Л.

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт".  
Украина, Киев

## НЕЧЕТКИЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СОРТИРОВЩИК

## Анотація

У роботі наведено алгоритм функціонування нечіткого нейромережевого сортувальника у процесі виробництва. Представлені результати практичної роботи комп'ютерного системи.

## Abstract

In this paper the review algorithm of functioning the indistinct neural nets sorter of products is given during manufacture. Results of practical work of computer model are submitted.

## Введение

В процессе производства изделия как само изделие, так и его комплектующие (детали, узлы) подвергаются контролю и, как следствие, измерению параметров. Возникла идея в ходе традиционного технического контроля проводить дополнительную сортировку готовых изделий на группы, на основании собранного массива данных о каждом изделии. Такая необходимость возникает, если потребитель предполагает использование изделия в критических режимах или особо жестких условиях. Кроме этого, имеет смысл выделить группу изделий, которую необходимо подвергнуть усиленному техническому контролю, так как параметры (соотношение параметров) изделий, входящих в эту группу, близки к критичным.

Выделение таких групп при большом количестве контролируемых параметров обычно производится субъективно опытным работником, мастером или технологом предприятия. Как результат, разные люди могут оценить одно и то же изделие по-разному. Кроме этого, человеку трудно проследить и уловить взаимосвязь большого количества параметров, и отбор осуществляется на основе 2–3 наиболее существенных.

Для решения этой задачи было предложено использовать нечеткую сортировочную систему на базе нейронных сетей с радиально-базисными функциями.

## Описание нейросетевого сортировщика

Нейросетевой сортировщик состоит из следующих модулей (рис. 1): модуль измерительных средств, нечеткий процессор, нейросетевой процессор, интерфейс.

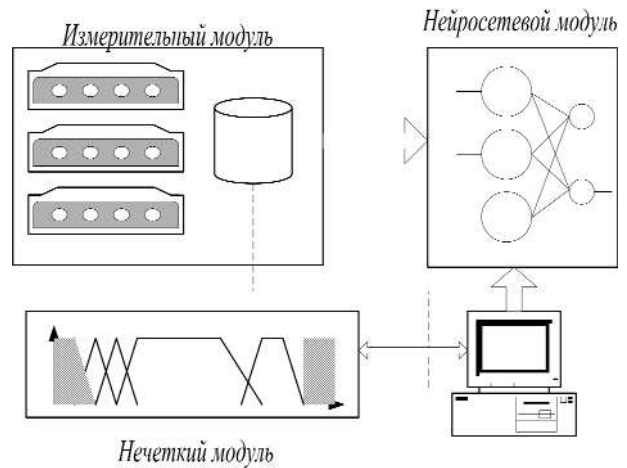


Рис. 1. Нейросетевой сортировщик

Измерительный модуль состоит из измерительных средств и запоминающего устройства, позволяющего накапливать данные измерений [1].

Нечеткий процессор, по результатам работы с экспертами, формирует набор нечетких правил (с привязкой к диапазону измерений).

Нейросетевой процессор осуществляет сортировку на основе данных об измерителе. Для обучения нейронной сети используются тренировочные шаблоны, сгенерированные компьютером на основании нечетких правил [2].

Сам нейросетевой процессор функционирует согласно алгоритму нейронных сетей адаптивного резонанса [3]. При этом:

1) Слой распознавания соответствует радиально-базисной функции (1):

$$F_{\lambda}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^N w_i G(\|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\|), \quad (1)$$

где  $F_{\lambda}(x)$  — решение задачи регуляризации на базе набора представленных "учебных" примеров,  $w_i$  — веса нейронов,  $G(\|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\|)$  — радиально-базисная функция [4].

2) Слой сравнения такой, что результатом его работы является отношение Евклидова расстояния между вектором измеряемых параметров, поданных на вход нейропроцессора, и вектором центра нейрона победителя слоя сравнения к размерности входного вектора. Если вычисленное значение выше заданного оператором порога, то считается, что условие распознавания выполнено [5].

### Практическая реализация

Нечеткий нейросетевой сортировщик был интегрирован в испытательный стенд киевского завода ОАО "Артем-Контакт", для сортировки электродвигателя привода инвалидного кресла-коляски модель №215, который производится на предприятии (рис. 2).



Рис. 2. Электродвигатель

Испытательный стенд (рис. 3, 4) производит измерение 8 параметров электродвигателя для задач технического контроля. Снятые показатели после предварительной нелинейной сортировки дополнительно подвергались анализу с помощью ART-RBF нейросетевого сортировщика.

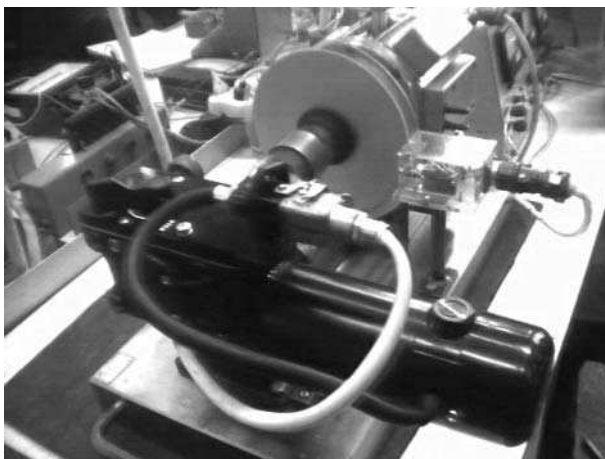


Рис. 3. Электродвигатель на измерительном стенде

Для построения учебника ART-RBF сети было проведено интервьюирование группы экспертов (конструктора, технологи, сотрудники ОТК). На основании интервью был построен шаблон нечетких правил для деления изделий на 5 групп:

- "контроль" — параметры изделия за пределами допустимого;

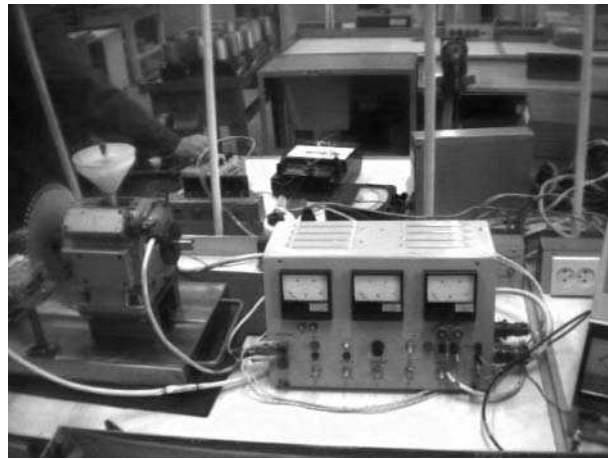


Рис. 4. Измерительный стенд

- "группа риска" — необходим усиленный контроль изделия;
- "нормальное изделие";
- "повышенная надежность" — изделие с улучшенными свойствами;
- "усиленное изделие" — изделие повышенной мощности.

Нечеткие правила для использования нейросетевым сортировщиком приведены к диапазону (a; b), что соответствует допуску, установленному конструктором, причем изменение параметра в направлении от "b" к "a" способствует повышению потребительских свойств изделия (рис. 5).

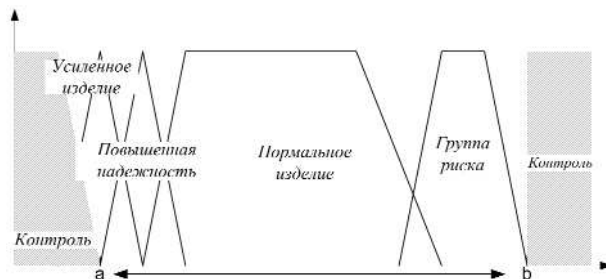


Рис. 5. Нечеткие правила

На основе созданных правил с помощью компьютера были сгенерированы 60 обучающих шаблонов: по 10 для каждой группы и 20 для группы "контроль".

Компьютерная модель ART-RBF сети, используемая для сортировки, содержала 10 нейронов в скрытом слое и 5 в выходном, что соответствует количеству групп сортировки. Нейрон выходного слоя с максимальной активацией соотносит поданный на вход вектор с одной из пяти выделенных экспертами групп.

На вход сети подавался 8 компонентный вектор, соответствующий 8 типам измерений,

проводимых согласно техническим условиям. Применяемая нелинейная нормировка приводит компоненты вектора перед подачей на вход нейропроцессора к диапазону (-1;1).

### Результаты эксперимента

Для проведения эксперимента была использована выборка из 112 электродвигателей, произведенных в течении 1 дня. При проведении эксперимента использовался персональный компьютер, на котором был запущен эмулятор нейронной сети ART-RBF (рис. 6). По оценке экспертов, сеть успешно справляется с задачей сортировки, но не достаточно "уверенно" выделяет изделия в группу "контроль". Этот недостаток легко корректируется дополнительным обучением сети.

Дополнительно, по результатам расследования причин попадания электродвигателей в "группу риска", то есть таких которые пригодны к эксплуатации по данным технического контроля,

данном месяце изделий. Линией обозначен месяц внедрения нейросетевого сортировщика.

### Выводы

Представленная сеть позволяет осуществлять реализацию быстрых, высокоточных и не требовательных к ресурсам систем кластеризации входных данных на базе последовательных ЭВМ для решения широкого спектра задач. В том числе в таких сферах народного хозяйства как: машиностроение (системы входного контроля и контроля качества), мобильная связь (системы учета абонентов), информационные технологии (системы распознавания атак), сертификация продукции и услуг (системы независимого контроля) и другие.

Преимуществом применения нечеткого нейросетевого сортировщика в реальном производстве, является учет не только абсолютных значений допусков установленных на этапе проектирования, но и их относительных значений, а также соотношений.

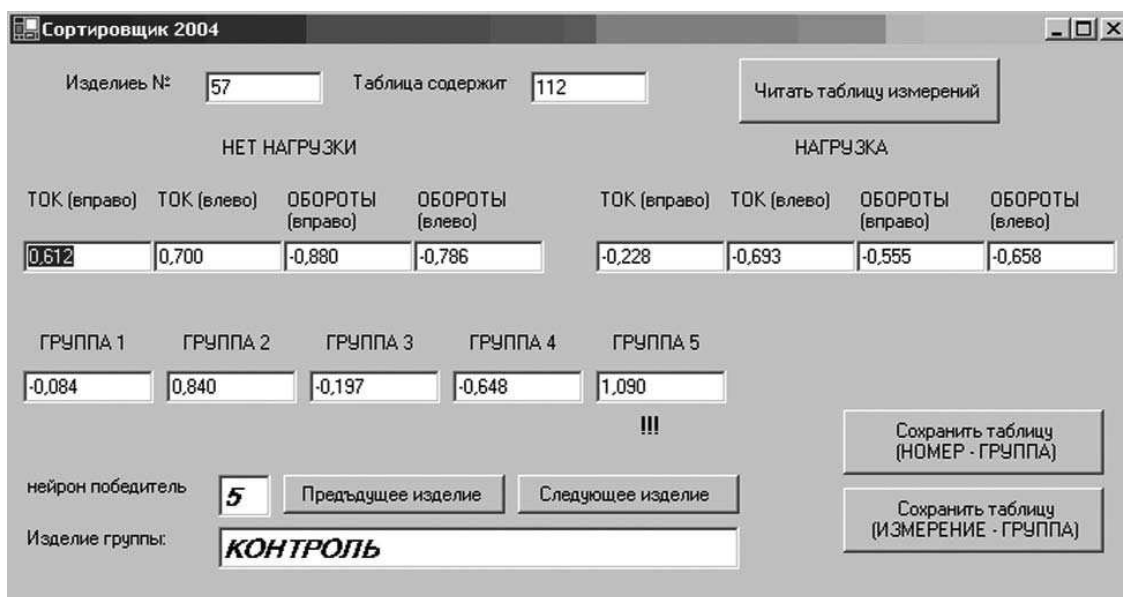


Рис. 6. Эмулятор нейронной сети

но соотношение параметров которых, по данным нейросетевого сортировщика, близко к критическим, было выявлено системное нарушение технологии крепления защитного кожуха.

Использование нейросетевого сортировщика в производстве позволяет существенно повысить эффективность технического контроля готовых изделий. Дополнительным подтверждением этого являются график (рис. 7) где отражено относительное количество рекламаций по изделию, к общему количеству произведенных в

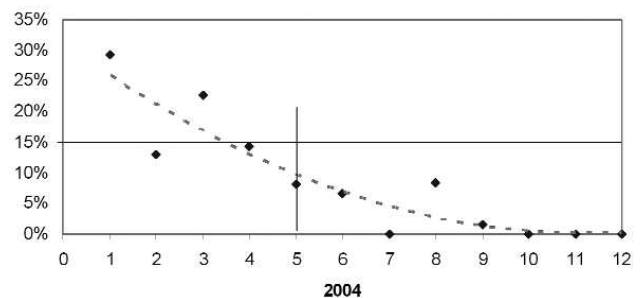


Рис. 7. Рекламации

**Литература**

1. *Ежов А.А., Шумский С.А.* Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. — М.: МИФИ, 1998. — 224 с.

2. *Нейронные сети.* STATISTICA Neural Networks: Пер. с англ. — М.: Горячая линия — Телеком, 2000.

3. *Арутюнян А.Л.* "Электроника и связь" №20, 2003, "Современные реализации нейронных сетей адаптивного резонанса".

4. *Yang F., Paindavoine M.* "Implementation of an RBF Neural Network on Embedded Systems: Real-Time Face Tracking and Identity Verification" IEEE Trans. Neural Networks, vol. 14, no. 5, pp. 1162-1175, September 2003.

5. *Арутюнян А.Л.* "Сети адаптивной резонансной теории с РБФ слоем распознавания", Сборник трудов "Интеллектуальный анализ информации", рос.-укр. науч. семинар, 2004. г. Киев.