

# НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

С.А. Ляшева, О. Гришина

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева

В настоящее время все больше исследователей, прежде чем приступить к натурным экспериментам, стараются провести теоретические исследования. Теоретические эксперименты заключаются в создании модели процессов и систем. В последнее время наряду с методами моделирования стали использоваться и методы прогнозирования с помощью нейронных сетей.

В настоящее время наряду с методами моделирования параметров объектов и процессов используются методы прогнозирования. По степени формализации все методы прогнозирования делятся на:

- интуитивные;
- формализованные.

Интуитивное прогнозирование применяется тогда, когда объект прогнозирования либо слишком прост, либо настолько сложен, что аналитически учесть влияние многих факторов практически невозможно. В этих случаях прибегают к опросу экспертов. Полученные экспертные оценки используют как конечные прогнозы или в качестве исходных данных в комплексных системах прогнозирования.

Формализованные методы прогнозирования базируются на построении прогнозов формальными средствами математической теории, которые позволяют повысить достоверность и точность прогнозов, значительно сократить сроки их выполнения, облегчить обработку информации и оценки результатов.

В состав формализованных методов прогнозирования входят: методы интерполяции и экстраполяции, метод математического моделирования, методы теории вероятностей и математической статистики.

В последнее время перспективным считается метод прогнозирования на основе нейронных сетей.

Нейронные сети - это очень мощный и гибкий механизм прогнозирования. При определении того, что нужно прогнозировать, необходимо указывать переменные, которые анализируются и предсказываются.

Искусственный нейрон — узел искусственной нейронной сети, являющийся упрощённой моделью естественного нейрона. Математически, искусственный нейрон обычно представляют как некоторую нелинейную функцию от единственного аргумента — линейной комбинации всех входных сигналов. Данную функцию называют функцией активации [1] или функцией срабатывания, передаточной функцией. Полученный результат посылается на единственный выход. Такие искусственные нейроны объединяют в сети — соединяют выходы одних нейронов с входами других.

Искусственные нейроны и сети являются основными элементами идеального нейрокомпьютера.

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения — одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных [2].

Математически нейрон представляет собой взвешенный сумматор, единственный выход которого определяется через его входы и матрицу весов следующим образом:

$$y = f(u),$$

где

$$u = \sum_{i=1}^n w_i x_i + w_0 x_0$$

Здесь  $w_i$  и  $x_i$  — соответственно сигналы на входах нейрона и веса входов, функция  $u$  называется индуцированным локальным полем, а  $f(u)$  – передаточной функцией.

В настоящее время для прогнозирования с помощью нейронных сетей можно использовать различные инструментальные средства, например пакет Deductor. Deductor является аналитической платформой. Предоставляет аналитикам инструментальные средства, необходимые для решения самых разнообразных аналитических задач. Недостатком этого программного обеспечения является неоднозначность в отношении импортируемых данных. При несовпадении типов данных в одном столбце, пропущенных данных, а также иногда без явной причины, импорт становится невозможным.

С помощью пакета Deductor была осуществлена попытка прогнозирования фугасности – параметра быстропротекающих процессов. *Фугасностью* называется способность взрывчатых веществ к разрушительному действию за счет расширения продуктов взрыва до сравнительно невысоких давлений и прохождения по среде ударной волны. Очень часто фугасность называют работоспособностью взрывчатого вещества и оценивают условными характеристиками, определяемыми экспериментально.

В основном, нейроны классифицируют на основе их положения в топологии сети. Разделяют:

- *Входные нейроны* — принимают исходный вектор, кодирующий входной сигнал. Как правило, эти нейроны не выполняют вычислительных операций, а просто передают полученный входной сигнал на выход, возможно, усилив или ослабив его;
- *Выходные нейроны* — представляют из себя выходы сети. В выходных нейронах могут производиться какие-либо вычислительные операции;
- *Промежуточные нейроны* — выполняют основные вычислительные операции [2].

Для прогнозирования фугасности была создана электронная база данных, в которую вошли следующие параметры: состав вещества – количество С, количество Н, количество О, количество N, молярная масса вещества, кислородный баланс, плотность, фугасность (определенная экспериментально), объем продуктов взрыва. Все данные для исследований были взяты из справочной литературы [3]. В состав данных вошли 52 вещества. Часть таблицы с исходными данными приведена на рис. 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	4	8	8	8	296,1	0,88499	1,87	782	450
2	4	8	8	8	296,1	0,88499	1,905	782	450
3	4	8	8	8	296,1	0,88499	1,82	782	450
4	4	8	8	8	296,1	0,88499	1,76	782	450
5	4	8	8	8	296,1	0,88499	1,919	782	450
6	7	5	8	5	287,15	0,81988	1,73	765	350
7	3	6	6	6	222,12	0,88499	1,86	908	500
8	2	6	4	4	151,04	0,85285	1,75	908	440
9	1	4	2	4	104,07	0,82595	1,932	1077	300
10	1	3	3	3	105,053	0,94002	1,73	853	310
11	4	8	8	4	240,13	0,88499	1,675	924	480
12	6	4	4	2	164,077	0,72215	1,567	670	260
13	6	3	6	3	213,083	0,80293	1,688	711	330
14	7	5	6	3	227,13	0,76518	1,663	730	285
15	7	5	6	3	227,13	0,76518	1,467	730	285

Рисунок 1 – Таблица исходных данных

Далее для решения задачи запускаем мастер обработки и выбираем метод обработки данных – нейронная сеть. Затем задаем назначения исходных столбцов данных и выходного столбца в нашей нейросети. На следующем шаге разбиваем исходное множество данных на обучающее и тестовое. Способ разбиения исходного множества данных по умолчанию задан "Случайно".

На следующем шаге необходимо определить структуру нейронной сети, т.е. указать количество нейронов на входе – 8 (количество входных переменных), количество скрытых слоев – 1, количество нейронов в скрытом слое – 2, в выходном слое – 1 (количество выходных переменных). Активационная функция – линейная, и ее крутизна равна единице. Затем настраиваем условия остановки обучения. Будем считать пример распознанным, если ошибка меньше 0,005, и укажем условие остановки обучения – при достижении эпохи 300. На следующем шаге запускаем процесс обучения и наблюдаем за изменением величины ошибки и процентом распознанных примеров, в обучающем и тестовом множествах (рис. 2).

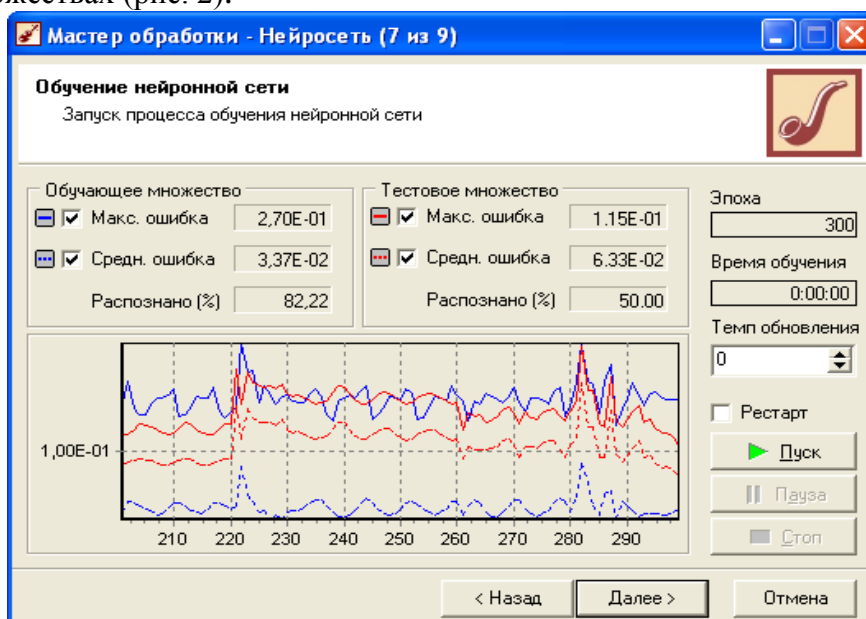


Рисунок 2 – Процесс обучения нейронной сети

После окончания процесса обучения для интерпретации полученных результатов мы имеем возможность выбрать визуализаторы из списка предложенных. Выберем такие: граф нейросети, анализ "что, если", диаграмма рассеивания, таблица и диаграмма.

Построенная нейронная сеть представлена на рис.3

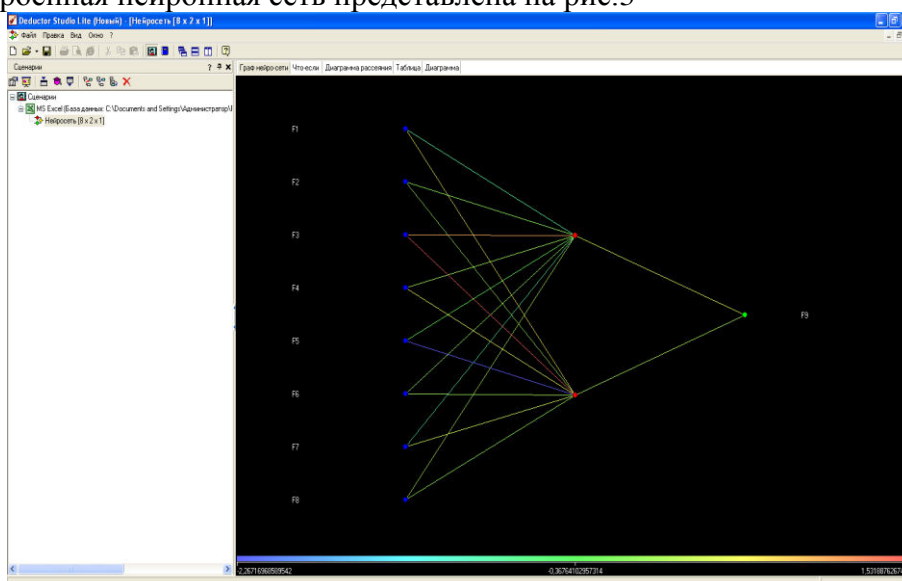


Рисунок 3 – Построенная нейросеть

На диаграмме рассеивания видно расположение полученных значений в доверительном интервале (рис.3).

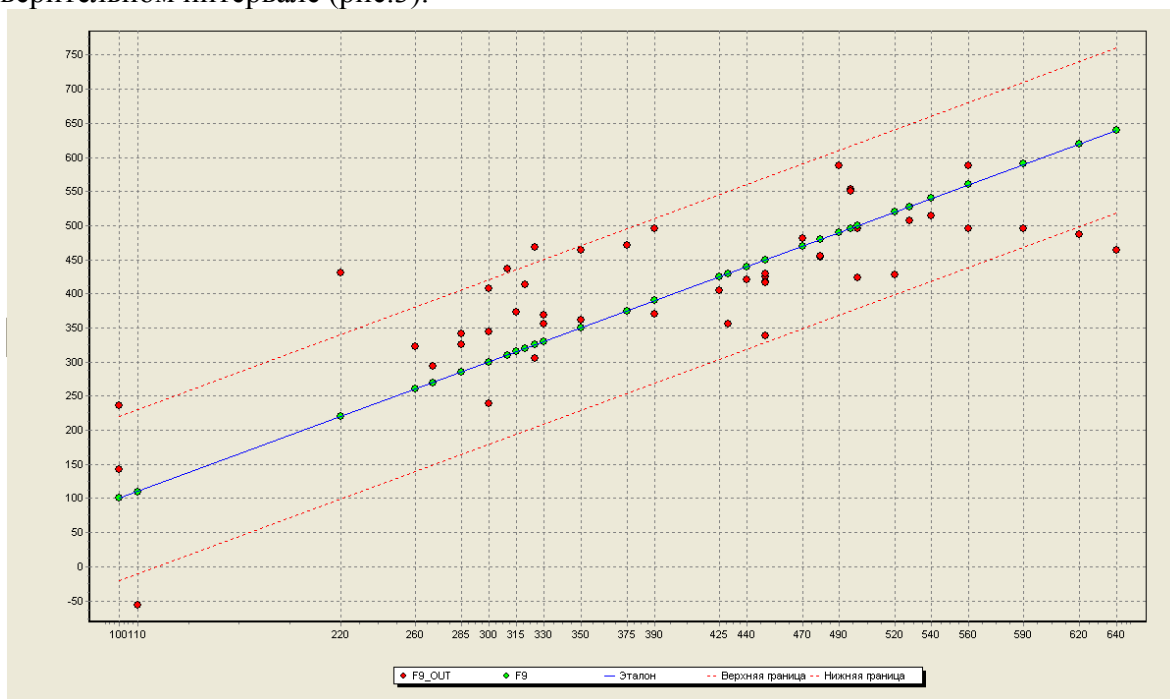


Рисунок 3 – Диаграмма рассеивания

### Литература

1. Комарцова, Л. Г. Нейрокомпьютеры: учебное пособие для вузов / Л.Г. Комарцова, А. В. Максимов. –М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 г.-400 с.
2. Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс] / Википедия – Режим доступа [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Искусственная\\_нейронная\\_сеть](https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть), свободный. (Дата обращения: 17.04.2015 г.)
3. Пироправка [Электронный ресурс] / Справочник по взрывчатым веществам, порохам и пиротехническим составам. Издание 6 – Режим доступа [http:// www.exploders.info](http://www.exploders.info) – справочник.