

**О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМОВ
ПЕРЕВОЗОК ТОВАРОВ НАРОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ
НА БАЗЕ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ADVISABILITY FORECASTING THE PACKAGED CARGO DELIVERY
VOLUMES WITH THE USE OF NEURAL NETWORKS MODELS**

Нагорный Е.В., профессор, доктор технических наук,
Наумов В.С., доцент, кандидат технических наук,
Черепанх А.С., ассистент, *Васютина А.А.*, инженер, Харьковский
национальный автомобильно-дорожный университет (ХНАДУ)

Nagorny Ye., Professor, Doctor of Technical Sciences,
Naumov V., Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,
A. Cherepanha, Assistant Lecturer, *Vasiutina H.*, Engineer,
Kharkov National Automobile and Highway University (KhNADU)

Аннотация. *Рассмотрена классификация моделей нейронных сетей, а также приведен обзор специализированного программного обеспечения для их моделирования. Описана процедура прогнозирования объемов перевозок товаров народного потребления на базе моделей нейронных сетей в среде MatLab.*

Abstract. *The classification of neural networks is considered, the review of specialized software for networks simulation is shown as well. The forecasting procedure for packaged cargo delivery volumes, based on neural networks models in MatLab environment, is described.*

Введение

Прогнозирование объемов перевозок при организации процесса доставки тарно-штучных грузов является ключевым этапом, поскольку значения технико-эксплуатационных показателей, определяющих итоговые экономические показатели работы транспортных предприятий, напрямую зависят от объемов перевозок. Разработка оперативных планов работы транспортных предприятий возможно только при наличии качественного прогноза объемов работы на планируемый период. Адекватные прогнозы позволяют также разрабатывать действенные системы мероприятий по повышению качества обслуживания клиентуры транспортных и экспедиторских предприятий [1].

При создании моделей прогнозирования грузов необходимо учитывать вероятностную природу спроса [2], что позволяют реализовать имитационные и статистические модели. Одним из наиболее перспективных ин-

струментов моделирования стохастических систем в настоящее время являются модели нейронных сетей [3]. Использованию данного инструмента для решения задач прогнозирования объемов перевозок товаров народного потребления посвящена настоящая работа.

Анализ публикаций

Нейронные сети являются типом математических моделей, а также их программными или аппаратными реализациями, построенными по принципу организации и функционирования биологических сетей нервных клеток [4].

Существуют различные классификации нейронных сетей [3–9].

Классификация по характеру обучения делит их на сети, использующие обучение с учителем и без учителя, а также обучение с подкреплением (рассматривается система назначения штрафов и поощрений от среды).

Обучение с учителем предполагает, что для каждого входного вектора существует целевой вектор, представляющий собой требуемый выход. Совокупность этих векторов называются обучающей парой. Обычно сеть обучается на некотором числе таких обучающих пар. Предъявляется входной вектор, вычисляется выход сети и сравнивается с соответствующим целевым вектором. Далее веса изменяются в соответствии с алгоритмом, стремящимся минимизировать ошибку. Векторы обучающего множества предъявляются последовательно, вычисляются ошибки и веса подстраиваются для каждого вектора до тех пор, пока ошибка по всему обучающему массиву не достигнет приемлемого уровня.

Обучение без учителя является намного более правдоподобной моделью обучения с точки зрения биологических корней искусственных нейронных сетей. Развитая Кохоненом и многими другими, она не нуждается в целевом векторе для выходов и, следовательно, не требует сравнения с predetermined идеальными ответами. Обучающее множество состоит лишь из входных векторов. Обучающий алгоритм подстраивает веса сети так, чтобы получались согласованные выходные векторы, т. е. чтобы предъявление достаточно близких входных векторов давало одинаковые выходы. Процесс обучения, следовательно, выделяет статистические свойства обучающего множества и группирует сходные векторы в классы.

По характеру применяемых связей:

– сети прямого распространения – все связи направлены строго от входных нейронов к выходным. К таким сетям относятся, например: простейший персептрон и многослойный персептрон.

– рекуррентные нейронные сети – сигнал с выходных нейронов или нейронов скрытого слоя частично передается обратно на входы нейронов входного слоя;

– радиально базисные функции – вид нейронной сети, имеющий скрытый слой из радиальных элементов и выходной слой из линейных элементов [10];

– самоорганизующиеся карты или сети Кохонена: сети такого класса способны выявлять новизну во входных данных; если после обучения сеть встретится с набором данных, непохожим ни на один из известных образцов, то она не сможет классифицировать такой набор и тем самым выявит его новизну [11].

Для проектирования нейронных сетей используют следующее программное обеспечение:

– приложение Neural Network Toolbox для программного комплекса MATLAB и Simulink – для применения нейронных сетей для аппроксимации данных, распознавания образов и кластеризации;

– пакет STATISTICA Neural Networks (ST Neural Networks, нейронно-сетевой пакет фирмы StatSoft), представляющий собой реализацию всего набора нейросетевых методов анализа данных;

– библиотека FANN (Fast Artificial Neural Network) – свободное открытое программное обеспечение, реализующее многослойные искусственные нейронные сети на языке C;

– NeuroShell, универсальный программный продукт компании Neuroproject для решения различных задач анализа данных с помощью нейросетей;

– программный пакет Neuro Office фирмы Альфа-Систем ориентирован на проектирование нейронных сетей с ядерной организацией, включает в себя средства генерации, моделирования и обучения нейронных сетей.

Цель и постановка задачи

Целью работы является определение целесообразности использования моделей нейронных сетей для решения задач прогнозирования объемов перевозок товаров народного потребления. Объектом исследования является процесс прогнозирования объемов перевозки товаров народного потребления, а предметом – использование моделей нейронных сетей для прогнозирования объемов перевозки товаров народного потребления с учетом их ассортимента.

Для достижения цели исследования в работе решаются следующие задачи: рассмотрены основные виды моделей нейронных сетей, проанализированы существующее программное обеспечение для создания моделей на базе нейронных сетей, рассмотрена методология прогнозирования объемов перевозок грузов с использованием моделей нейронных сетей. Методология прогнозирования в данной работе рассматривается на базе инструментов пакета MatLab.

Использование моделей нейронных сетей для прогнозирования объемов перевозок товаров народного потребления

Нейронные сети могут работать с числовыми данными, лежащими в определенном ограниченном диапазоне. Нечисловые данные других типов можно преобразовать в числовую форму, либо объявить незначащими. Обучающий набор данных представляет собой набор наблюдений, для которых указаны значения входных и выходных переменных. При прогнозировании объемов перевозок товаров народного потребления в качестве обучающих данных задаются объемы перевезенного товара за прошедшие периоды времени.

Существует два базовых типа входных векторов: происходящих параллельно и последовательно во времени. Для параллельных векторов порядок элементов не важен и, если существует некоторое количество параллельно запущенных сетей, то возможно представить один входящий вектор для каждой сети. Для последовательных векторов порядок элементов важен. Очевидно, что при прогнозировании объемов перевозок грузов необходимо представлять исходные данные в виде последовательных векторов.

В случае симуляции статической сети (не имеющей обратных связей или задержек) не нужно учитывать, задаются ли входящие векторы в определенной последовательности. В предположении, что сеть имеет лишь один входящий вектор, задачу прогнозирования можно описать в виде нейронной сети, представленной на рисунке 1.

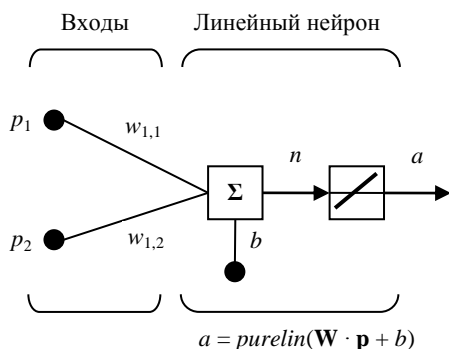


Рисунок 1 – Схема статической нейронной сети с параллельными входными векторами

Для настройки линейной сети, представленной на рисунке 1, в MatLab используются следующие команды:

```
net = linearlayer;  
net.inputs{1}.size = 2; net.layers{1}.dimensions = 1;
```

Для описания сети задаются матрицы весов и смещений ($W = [1 \ 2]$ и $b = [0]$) командами:

```
net.W{1, 1} = [1 2]; net.b{1} = 0;
```

Предположим, что набор данных для симуляции сети состоит из $Q = 4$ параллельных векторов (данных об объемах перевозок товаров различного типа):

$$p_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}, p_2 = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}, p_3 = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \end{bmatrix}, p_4 = \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

В таком случае параллельные векторы представляются в сети как единичная матрица:

$$P = [1 \ 2 \ 2 \ 3; 2 \ 1 \ 3 \ 1];$$

Для симуляции сети используется команда $A = \text{net}(P)$, для приведенных выше исходных данных результат выглядит следующим образом:

$$A = \begin{matrix} & 5 & 4 & 8 & 5. \end{matrix}$$

Результат был бы такой же, если бы четыре сети работали параллельно, и каждая из них получала один входной вектор и производила один из выходных. При этом упорядоченность во входящих векторах не важна, поскольку они не взаимодействуют друг с другом.

Если модель нейронной сети учитывает задержки, то вход в сеть, как правило, является последовательностью векторов, появляющихся упорядоченно во времени. Простая сеть, содержащая одну задержку, представлена на рисунке 2.

Для описания сети, приведенной на рисунке 2, в MatLab используется следующая последовательность команд:

```
net = linearlayer([0 1]); net.inputs{1}.size = 1;  
net.layers{1}.dimensions = 1; net.biasConnect = 0;
```

С помощью команды $\text{net.W}\{1, 1\} = [1 \ 2]$ назначается матрица весов $W = [1 \ 2]$.

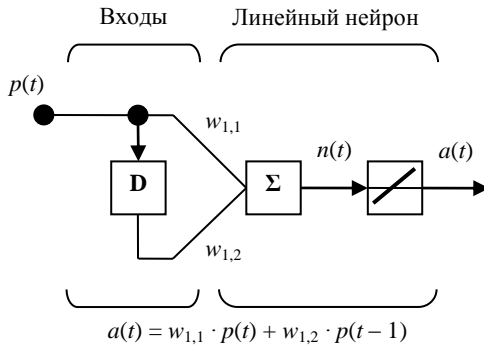


Рисунок 2 – Схема динамической нейронной сети с параллельными входами

Предположим, что входящая последовательность, описывается набором элементов:

$$p_1 = [1], p_2 = [2], p_3 = [3], p_4 = [4].$$

Тогда последовательные векторы представляются в сети как элементы массива ячеек $P = \{1 \ 2 \ 3 \ 4\}$.

Симуляция сети с помощью команды $A = \text{net}(P)$ для приведенного набора данных позволяет получить следующие результаты:

$$A = \quad [1] \quad [4] \quad [7] \quad [10].$$

При прогнозировании вводится массив ячеек, содержащий последовательность входов (значений объемов перевозок грузов), и сеть производит массив ячеек, содержащий последовательность выходов (соответствующих прогнозных значений объемов перевозок). Порядок входов важен, когда они представлены последовательностью. В этом случае, текущий выход получен умножением текущего входа на 1 и предыдущего входа на 2 и суммированием результата.

Прогнозирование объемов перевозок товаров народного потребления на базе моделей нейронных сетей программного комплекса в MatLab можно осуществить с помощью графического интерфейса nftool, либо с помощью функций командной строки.

Перед использованием этих методов, сначала необходимо выбрать набор данных, загруженных в рабочее пространство программы (workspace). Для задания данных необходимо организовать набор Q входящих векторов как столбцов матрицы. Затем организовать другой набор целевых векторов

(правильных исходящих векторов для каждого входящего вектора) во вторую матрицу.

Элемент управления Performance в MatLab позволяет оценить результаты работы сети на основании обучающих, валидационных и тестировочных ошибок (рисунок 3).

Для идеального соответствия данные должны распределяться вдоль линии, расположенной под углом 45° , на которой значения выходных результатов сети равны соответствующим значениям функций цели. Для этой проблемы соответствие следует использовать для всех наборов данных со значениями коэффициента детерминации для каждого случая равным 0,95 или выше. Если требуются более точные результаты, сеть можно «переобучить» заново. Это изменит веса и смещения в модели сети и произведет усовершенствованную сеть после обучения.

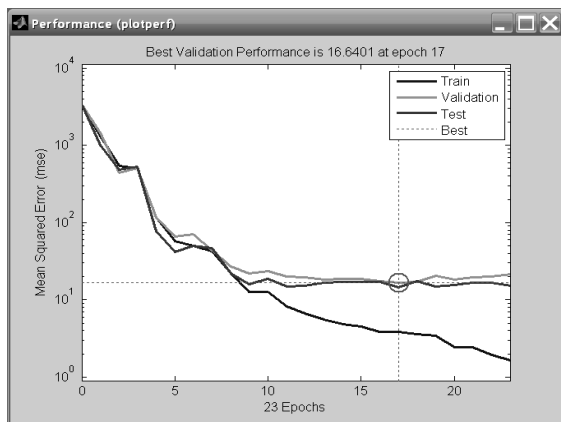


Рисунок 3 – Оценка результатов работы сети в MatLab

Выводы

В настоящее время математический аппарат нейронных сетей достаточно разнообразен и позволяет решать широкий круг прикладных задач, в первую очередь – задач прогнозирования.

Существующее программное обеспечение для создания моделей на базе нейронных сетей является, как правило, коммерческим (кроме библиотеки FANN), поэтому использование специализированных программных продуктов для прогнозирования объемов перевозок товаров народного потребления влечет существенные затраты. При этом приобретение коммерческой лицензии на программный комплекс в целом для использования только инструментов по созданию нейронных сетей является мероприятием излишне до-

рогостоящим. Выходом в такой ситуации является разработка специализированного программного обеспечения для решения задач прогнозирования объемов перевозок на базе моделей нейронных сетей. Такие работы в настоящее время проводятся на кафедре транспортных технологий ХНАДУ.

Рассмотренная методология прогнозирования объемов перевозок грузов с использованием нейронных сетей в среде MatLab позволяет выделить следующие особенности:

- модели нейронных сетей предоставляют возможность учесть и описать динамику изменения прогнозируемых показателей в процессе обучения сети;
- настройки нейронных сетей могут изменяться в процессе обучения, что обеспечивает гибкость прогнозных моделей и, как результат, – точность прогноза;
- модели нейронных сетей позволяют анализировать в параллельном режиме комплексные типы данных, что обосновывает целесообразность их использования для прогнозирования объемов перевозок различных групп товаров народного потребления.

Литература

1. Наумов, В.С. Визначення залежності показника якості транспортно-експедиційного обслуговування від параметрів потоку замовлень / В.С. Наумов, Н.С. Вітер // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х., 2008. – Вып. 23. – С. 39–42.
2. Нагорный, Е.В. Определение нестационарности спроса / Е.В. Нагорный, В.С. Наумов, Т.В. Столяр // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Х., 2004. – Вып. 15. – С. 63–65.
3. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс. – СПб.: Вильямс, 2006. – 104 с.
4. Искусственная нейронная сеть [<http://ru.wikipedia.org/wiki>].
5. Классификация нейронных сетей [<http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/classification.html>].
6. Типы нейронных сетей [http://zdo.vstu.edu.ru/umk/html/manual/L5_4.html].
7. Введение в теорию нейронных сетей [<http://www.orc.ru/~stasson/neurox.html>].
8. Fast Artificial Neural Network Library [<http://leenissen.dk/fann/wp/>].
9. Искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы [<http://www.neuroproject.ru/index.php>].
10. Broomhead, D.S. Multivariate functional interpolation and adaptive networks / D.S. Broomhead, D. Lowe // Complex Systems. – 1988. – Vol. 2. – P. 321–355.
11. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. С. Оспольского, И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.