

## КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Т.А. Фролова<sup>1</sup>, Д.С. Туляков<sup>1</sup>, М.И. Шиккульский<sup>2</sup>

*Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ГОУ ВПО «ТГТУ», (1); кафедра «Прикладная информатика в экономике», ГОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет» (2), г. Астрахань; frolova@gaps.tstu.ru*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** искусственные нейронные сети; прогнозирование спроса; факторы; химическая продукция.

**Аннотация:** Проведен анализ влияния факторных признаков при решении задачи краткосрочного прогноза спроса на продукты ассортимента.

---

В настоящее время вопросы прогнозирования и оценки важнейших показателей деятельности химического предприятия на будущий отрезок времени становятся особенно актуальными. Ассортимент продукции многоассортиментных малотоннажных химических производств огромен – это красители, полупродукты, кинофотоматериалы, продукция бытовой химии, и подвержен постоянным изменениям [1]. В существующей экономической ситуации плановые задания отсутствуют. Перед руководством предприятия встает сложнейшая задача осуществления прогноза спроса на производимую продукцию. Этот прогноз используется для определения производственной программы, производительности основного оборудования, потребностей в сырье и материалах.

Развитие прогностики как науки в последние десятилетия привело к созданию множества методов, процедур, приемов прогнозирования. Насчитывается свыше ста методов прогнозирования, в связи с чем перед специалистами возникает задача выбора методов, которые давали бы адекватные прогнозы для изучаемых процессов и систем. В наши дни возрастает необходимость в системах, которые способны не только выполнять однажды запрограммированную последовательность действий с заранее определенными данными, но и способны сами анализировать вновь поступающую информацию, находить в ней закономерности, производить прогнозирование. В этой области приложений самым лучшим образом зарекомендовали себя искусственные нейронные сети [2]. Это эффективный математический аппарат для обработки «исторических» данных о процессе.

При прогнозировании нужно знать факторы, которые влияют на спрос.

Предлагается использовать такие факторы, как цена на продукцию, средний доход населения, прожиточный минимум, темпы строительства, цена на продукцию у конкурентов, курс доллара, индекс цен, портфель заказов, уровень безработицы, расходы на рекламу.

Постановка задачи прогнозирования формулируется следующим образом.  
Для известных объемов спроса на продукцию ассортимента:  $i, i = 1, \dots, I$

$$\begin{aligned}
 & Q_{t-1}^1, Q_{t-2}^1, Q_{t-3}^1, \dots, Q_{t-j}^1, \dots, Q_{t-n}^1; \\
 & Q_{t-1}^2, Q_{t-2}^2, Q_{t-3}^2, \dots, Q_{t-j}^2, \dots, Q_{t-n}^2; \\
 & \dots\dots\dots \\
 & Q_{t-1}^i, Q_{t-2}^i, Q_{t-3}^i, \dots, Q_{t-j}^i, \dots, Q_{t-n}^i; \\
 & \dots\dots\dots \\
 & Q_{t-1}^I, Q_{t-2}^I, Q_{t-3}^I, \dots, Q_{t-j}^I, \dots, Q_{t-n}^I
 \end{aligned}$$

и факторных признаков известных значений:

- цен на продукцию  $X1_{t-1}, X1_{t-2}, \dots, X1_{t-n}$ ;
- среднего дохода населения  $X2_{t-1}, X2_{t-2}, \dots, X2_{t-n}$ ;
- прожиточного минимума  $X3_{t-1}, X3_{t-2}, \dots, X3_{t-n}$ ;
- темпов строительства  $X4_{t-1}, X4_{t-2}, \dots, X4_{t-n}$ ;
- цен на продукцию у конкурентов  $X5_{t-1}, X5_{t-2}, \dots, X5_{t-n}$ ;
- курса доллара  $X6_{t-1}, X6_{t-2}, \dots, X6_{t-n}$ ;
- индекса цен  $X7_{t-1}, X7_{t-2}, \dots, X7_{t-n}$ ;
- портфеля заказов  $X8_{t-1}, X8_{t-2}, \dots, X8_{t-n}$ ;
- уровня безработицы  $X9_{t-1}, X9_{t-2}, \dots, X9_{t-n}$ ;
- расходов на рекламу  $X10_{t-1}, X10_{t-2}, \dots, X10_{t-n}$ ;

определяем выпуск продукции в момент времени  $t$   $Q_t^1, Q_t^2, Q_t^3, \dots, Q_t^i, \dots, Q_t^I$ .

Алгоритм решения задачи прогнозирования включает следующие этапы.

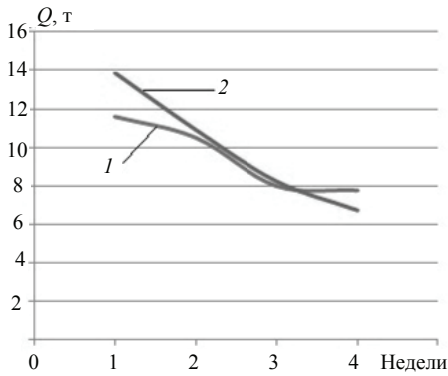
1. Подготовка исходных данных по продажам за предыдущий период и факторы, влияющие на эти продажи.
2. Создание обучающей, контрольной и тестовой выборок – необходимо для обучения и проверки сети.
3. Формирование архитектуры нейросети (выбор количества слоев и количества нейронов в каждом слое). Выбор типа сети зависит от вида решаемой задачи и от опыта разработчика, который сможет выбрать наилучший тип сети для конкретной задачи. Если выбор типа сети неясен, то можно выбрать сразу несколько типов, а потом отобрать наилучшую.
4. Выбор алгоритма обучения (обратное распространение, Левенберга–Маркара, быстрое распространение, delta-bar-delta [2]). Исследования показали, что для данной задачи предпочтительно выбрать алгоритм обратного распространения.
5. Применение нейросети. Запуск сети для ее обучения.
6. Расчет ошибки. Подгонка весов нейронов для соответствия обучающей и контрольной выборок.
7. Выбор наилучшей сети. Из нескольких сетей выбирается сеть с наименьшей ошибкой. Кросс-проверка – независимая проверка качества прогноза является

ся одной из важных задач в прогнозировании. Предлагается перед проведением анализа исходный временной ряд укоротить на 4 недели. «Хвост» ряда сохраняется для дальнейшего анализа, а после этого строится прогноз «укороченного» ряда и результат сравнивается с отложенными данными. При условии, что под конец наблюдаемого периода на ряд не производилось интервенций, можно ожидать, что мера ошибки, полученной при сопоставлении, будет оценкой ошибки на будущий период. Иными словами, если наш прогноз на 5–10 % отличается от наблюдаемых данных, мы можем ожидать, что эта ошибка сохранится и на будущий ненаблюдаемый период.

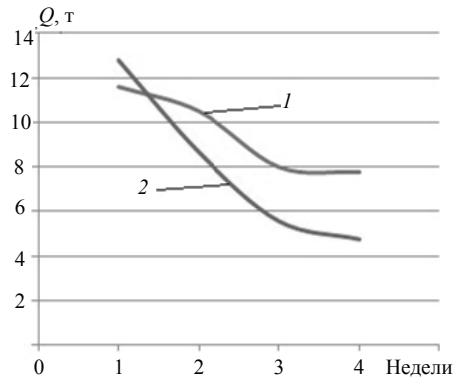
Решим задачу прогнозирования спроса на продукт А и проанализируем результаты. Имеются данные за 84 недели.

После обучения 30 сетей, было выбрано 4, которые использовались для кросс-проверки (см. рис. 1).

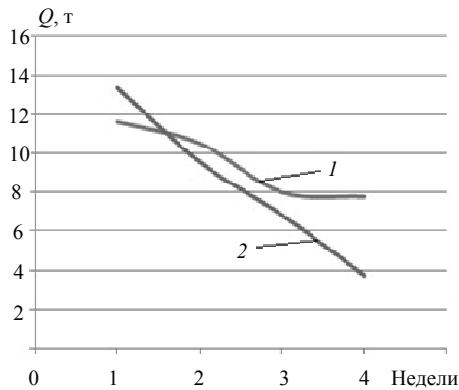
Как видно из графиков «Сеть № 1» (см. рис. 1, а) имеет меньшую ошибку, следовательно, она будет использоваться для построения краткосрочного прогноза на 12 недель (рис. 2).



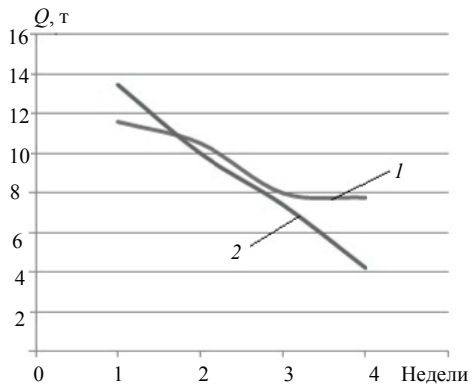
а)



б)



в)



г)

**Рис. 1. Кросс-проверка сетей:**  
1 – прогноз; 2 – сеть; а – № 1; б – № 2; в – № 3; г – № 4

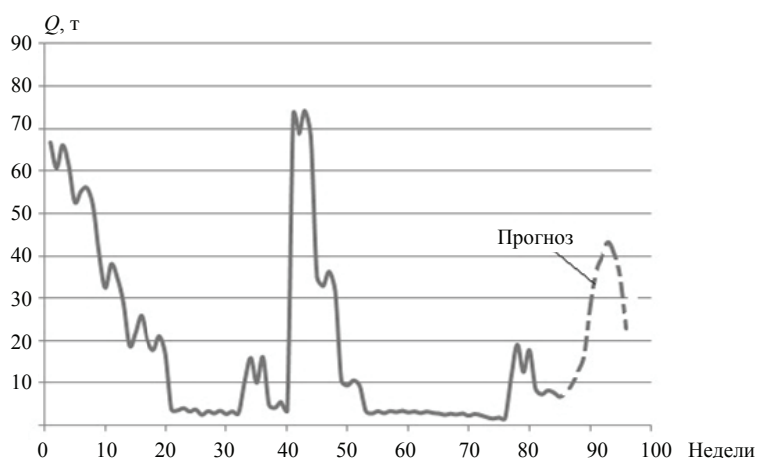


Рис. 2. Прогноз спроса с учетом факторов

Тесты на правильность прогноза дали положительный результат. Следовательно, факторный прогноз может быть применен, но выбор значимых факторов и их численных значений – трудоемкий процесс даже для квалифицированного специалиста в данной области. Таким образом, разработанный алгоритм может быть использован для решения задачи прогнозирования спроса на ассортимент продукции и далее для определения производительности основного оборудования технических систем.

#### Список литературы

1. Кафаров, В.В. Гибкие автоматизированные производственные системы в химической промышленности / В.В. Кафаров, В.В. Макаров. – М. : Химия, 1990. – 320 с.
2. Круглов, В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. / В.В. Круглов, В.В. Борисов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.

---

## Short-Term Forecasting of Performance of Main Equipment of Technicial Systems

T.A. Frolova<sup>1</sup>, D.S. Tulyakov<sup>1</sup>, M.I. Shikulskiy<sup>2</sup>

*Department "Computer-Aided Design of Technological Equipment, TSTU (1);  
Department "Applied Computing in Economics", Astrakhan State Technical  
University, Astrakhan (2); frolova@gaps.tstu.ru*

**Key words and phrases:** artificial neural network forecasting of demand; factors; chemical products.

**Abstract:** The paper presents the analysis of the influence of factor variables when solving the problem of short-term forecasting of demand for the products range.

## **Kurzfristige Prognostizierung der Leistungsfähigkeit der Hauptausrüstung der technischen Systeme**

**Zusammenfassung:** Es ist die Analyse der Einwirkung der faktorischen Merkmalen bei der Lösung der Aufgabe der kurzfristigen Prognose der Nachfrage auf die Sortimentproduktion durchgeführt.

---

## **Prévision à court terme de la productivité de l'équipement essentiel des systèmes techniques**

**Résumé:** Est réalisée l'analyse de l'influence des indices de facteur lors de la solution du problème de la prévision à court terme de la demande sur les produits de la gamme.

---

**Авторы:** *Фролова Татьяна Анатольевна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»; *Туляков Дмитрий Сергеевич* – магистрант, ГОУ ВПО «ТГТУ»; *Шукельский Михаил Игоревич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика в экономике», ГОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань.

**Рецензент:** *Борщев Вячеслав Яковлевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность», ГОУ ВПО «ТГТУ».

---