



УДК 004.42

В. В. Чернокульский, Н. В. Размочаева  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Разработка подхода к решению задачи формирования ассортимента товаров точки розничной торговли

*Рассматривается проблема формирования ассортимента точки розничной торговли, актуальная для компаний розничной торговли, стремящихся повысить прибыль компании. Показано, что требуется автоматизация данного процесса, так как необходим анализ большого количества данных о продажах и, самое главное, процесс отнимает у сотрудников много времени и сил. Внимание сконцентрировано на необходимости автоматизации этого процесса, так как она позволит повысить скорость работы не только отдельно взятого сотрудника, но и всей компании. Проведен сравнительный анализ аналогов и обоснованы преимущества использования искусственных нейронных сетей для решения такого рода задач. Представлена структура задач, решаемых в процессе формирования ассортимента. Разработан подход к решению, рассмотрены различные варианты организации структуры сети, а именно – входного и выходного слоев сети, и представлен наиболее содержательный способ. Сформулированы актуальные задачи для дальнейшей работы.*

### Нейронные сети, прогнозирование, оптимизация, розничная торговля, ассортимент товаров

У компаний, занимающихся розничной торговлей, часто возникает задача анализа продаж [1]. Анализ проводят, чтобы определить две группы товаров:

- 1) товары, которые продаются хорошо (например, в большом количестве и по приемлемым ценам);
- 2) товары, которые продаются плохо (например, слишком мало продаж).

Наличие товаров второй группы говорит о недополученной прибыли от продаж. По результатам анализа необходимо внести такие изменения в ассортимент товаров, чтобы недополученную прибыль свести к минимуму.

Проблема заключается в трудоемком процессе формирования ассортимента товара для точки розничной торговли, так как процесс строится на основе анализа большого количества данных о продажах. На данный момент такая задача чрезвычайно актуальна в силу того, что анализ производится только сотрудниками и отнимает много времени и сил. Использование программного приложения, основанного на специальном подходе, для автоматизации вышеуказанного процесса позволит направлять ресурсы компании на более

важные задачи, например поиск новых клиентов, увеличение занимаемой доли рынка и др. Автоматизация анализа данных и процесса формирования ассортимента позволит повысить скорость работы не только отдельно взятого сотрудника, но и всей компании. Использование искусственных нейронных сетей в качестве основы для системы формирования ассортимента – новая область применения искусственных нейронных сетей.

Прежде чем приступить к реализации нейронной сети, необходимо описать ключевые шаги исследуемого процесса, чтобы сформировать структурированный подход к решению. Следовательно, требуется разработать подход к решению задачи формирования ассортимента товаров точки розничной торговли. При этом объектом исследования является ассортимент точки розничной торговли и связанные с ним свойства, а предметом исследования – процесс формирования ассортимента точки розничной торговли. Для достижения поставленной цели требуется описать процесс формирования ассортимента и разработать структуру решаемых задач, пригодную для автоматизации.

**Обзор предметной области.** Для решения поставленной задачи формирования ассортимента можно использовать различные подходы и методы. При анализе продаж часто основным исследуемым объектом становится спрос покупателей. В [2] рассматривалась задача формирования ассортимента с точки зрения анализа покупательского спроса. Далее представлены 3 основные группы методов анализа спроса: формализованные, методы прогнозирования и методы оптимизации.

В [3] описаны следующие формализованные методы:

- методы экстраполяции;
- методы из теории массового обслуживания;
- статистические методы.

Формализованные методы прогнозирования требуют математической модели исследуемого процесса [2], [3]. Если математическую модель невозможно построить, то такие методы не будут достоверно точными.

В [4], [5] выделяют в отдельную группу следующие методы прогнозирования:

- балансовые методы;
- методы из теории исследования операций;
- эконометрические методы.

К последней группе относят методы работы с экономическими параметрами и характеристиками [3]. Объединяет вышеперечисленные методы их линейность – недостаток и одновременно достоинство, делающее эти методы весьма популярными [2]. Решения, принятые на основе таких методов, могут оказаться ошибочными.

Представляя динамику изменения спроса как некую функцию, для повышения прибыли компании прибегают к использованию методов оптимизации. Методы оптимизации широко используются в задачах анализа поведения целевых функций. Например, методы поиска экстремума функции (градиентный спуск и др.). Параметрами целевой функции применительно к задаче формирования ассортимента могут быть различные характеристики товаров и точек реализации [2].

**Критерии сравнения аналогов.** На основе ключевых характеристик процесса формирования ассортимента можно выделить критерии оценки для сравнения искусственных нейронных сетей с аналогами.

- **Нелинейность.** Процесс формирования ассортимента невозможно описать линейным уравнением (фиксируя конкретные замены и результаты этих замен (изменения прибыли), нельзя с уверенностью утверждать, прямая или обратная зависимость наблюдается). В связи с этим нельзя считать процесс формирования ассортимента линейным. Нелинейность процесса показана на примере анализа спроса в [4], [5].

- **Математическая модель.** Разработка математической модели, поиск аналитического вида функции процесса формирования ассортимента – невыполнимая задача [3], поэтому нужен инструмент, не требующий наличия математической модели.

- **Использование опыта.** При формировании ассортимента анализируется большое количество данных о продажах – так называемый опыт продаж, который играет главную роль при принятии решений.

**Сравнение аналогов.** Результаты сравнения вышеперечисленных аналогов и исследуемого инструмента – искусственной нейронной сети – по определенным выше критериям приведены в таблице.

По итогам сравнения можно сделать вывод, что для решения поставленной задачи формирования ассортимента товаров подходящим инструментом является искусственная нейронная сеть. Использование данного инструмента позволяет моделировать нелинейность исследуемого процесса, не требует наличия математической модели процесса (или аналитического вида функции) и, главное, позволяет в полной мере использовать накопленный опыт продаж.

**Выбор метода решения.** В результате сравнения аналогов были показаны преимущества использования искусственной нейронной сети в качестве инструмента.

Искусственная нейронная сеть не требует наличия математической модели процесса или наличия аналитического представления функции зависимости параметров исследуемого процесса. Искусственная нейронная сеть позволяет модели-

Критерий	Формализованные методы	Методы прогнозирования	Методы оптимизации	Нейронные сети
Учет нелинейности	Нет	Есть	Есть	Есть
Математическая модель	Нужна	Нужна	Нужна	Не нужна
Использование опыта	Нет	Есть	Нет	Есть

ровать нелинейность поведения исследуемого процесса формирования ассортимента точки розничной торговли. Моделирование нелинейности процесса в некоторых случаях позволяет выявлять шаблоны поведения процесса в определенных условиях. Выявленные шаблоны поведения могут помочь при исследовании временных рядов – один из видов представления данных о продажах. Временные ряды, в свою очередь, подвержены влиянию эффектов сезонности и наличия трендов, искажающих действительную картину (на основе выявленных шаблонов можно проводить десеонализацию и детрендинг) [2]. Главное преимущество использования искусственной нейронной сети заключается в том, что этот инструмент позволяет в полной мере использовать накопленный опыт продаж (после предварительной обработки данных можно формировать обучающие выборки и выборки для тестирования).

В [6] показано, что использование искусственной нейронной сети при решении задач прогнозирования продаж (для определения оптимального ассортимента с точки зрения увеличения прибыли) может обеспечить разницу между прогнозируемыми результатами и фактическими данными всего лишь на 10 %.

Однако использование искусственной нейронной сети требует от разработчиков точно определиться с архитектурой сети (например, рекуррентные сети (рис. 1), сети Хопфилда или сети на основе метода обратного распространения ошибки).

Можно построить подход к задаче формирования ассортимента на основе использования нейронной сети, в котором архитектура нейронной сети рассматривается с точки зрения количества нейронов на входном и выходном слоях, причем количество зависит от объекта исследования и его свойств. Другие ключевые элементы архитектуры (количество внутренних слоев, алгоритмы обучения, функции активации нейронов и пр.) можно рассмотреть в качестве продолжения данного исследования.

**Описание метода решения.** При решении задачи формирования ассортимента товаров анализируют историю поведения товара, например, как этот товар покупался в прошлом (до момента начала анализа) [3], [4]. Прогнозируя поведение товара в будущем, можно сделать выводы, увеличит ли изменение количества товара суммарную прибыль точки розничной торговли [4]. При раз-

работке подхода к решению задачи формирования ассортимента и при проектировании искусственной нейронной сети первый шаг – обработка накопленной информации. Данные о продажах представлены значениями характеристик товаров в разные моменты времени.

Множество факторов (характеристик), позволяющих описать товар, можно условно разделить на внешние и внутренние [5]. Внешние факторы характеризуют особенности точки реализации товара: место расположения (шаговая доступность, наличие каких-либо элементов инфраструктуры поблизости); средний финансовый уровень покупателей; вкусовые предпочтения, сформированные с течением времени, и др. К внутренним факторам можно отнести себестоимость товара, закупочную и продажную цены, физические размеры товара (высота, ширина, емкость или объем упаковки) и др.

*Общий подход к решению.* Решение задачи формирования ассортимента с помощью искусственных нейронных сетей, в первую очередь, требует определиться с количеством нейронов на входном и выходном слоях [6].

Количество нейронов на входном слое может быть определено на основании выделенных факторов (свойств  $p_i$ ,  $i=1...K$ ), описывающих товар конкретной точки реализации (внутренние и внешние факторы, как упоминалось ранее). Количество факторов  $K$  может быть достаточно велико, возможно, потребуется понизить размерность факторного пространства используя экспертную оценку факторов в отдельности и их взаимного влияния друг на друга. После отсеивания факторов экспертом не исключено использование методов статистического анализа для демонстрации состоятельности обозначенного набора факторов. В дополнение к методу экспертной оценки (в некоторых случаях – вместо) могут использоваться методы линейного дискриминантного анализа.

На рис. 1 представлены структуры прямой (feedforward) нейронной сети (а) и рекуррентной нейронной сети (б) (стрелками продемонстрированы направления связей внутри сети) [7].

Количество нейронов на выходном слое зависит от цели применения искусственной нейронной сети. Например, необходимо принять решение в отношении каждого товара: оставлять данный товар или убирать. При такой постановке задачи выходной нейрон – один с бинарным ре-

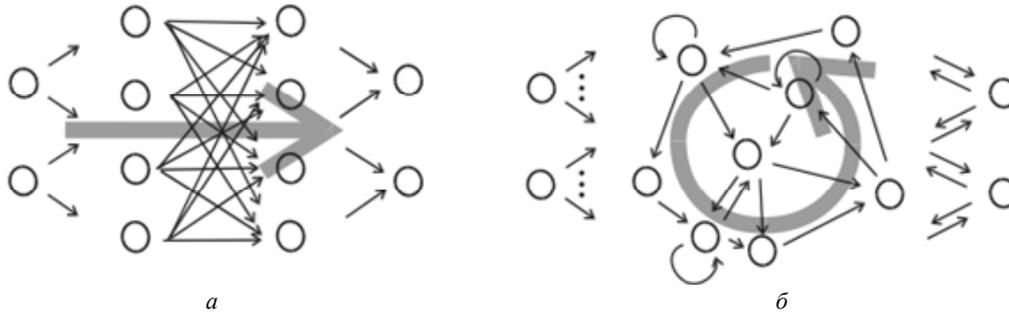


Рис. 1

результатом: 1 – товар оставлять, 0 – товар убирать. Если же рассматривать задачу прогнозирования (какой-либо характеристики товара, например маржинальности или прибыли), тогда нейрон на выходном слое потребует тоже один, а ответ для этой задачи – вещественное число, соответствующее будущему значению спроса, прибыли и пр.

*Особый подход к решению.* Особый интерес представляет задача подробного анализа товаров. Подробный анализ подразумевает исследование товаров с двух точек зрения:

- Что продается хорошо (для какого товара можно увеличить объем)?
- Что продается плохо (что необходимо удалить)?

Увеличение объема товара в рамках одной точки реализации будем называть *дублированием* конкретного товара.

Решение первой задачи на выходе дает перечень товаров, для которых необходимо найти место в точке реализации (множество необходимых мест  $M_1$ ). Решение второй дает перечень товаров, которые необходимо удалить, т. е. освобождаются определенные места (множество освобождающихся мест  $M_2$ ).

Освобождение мест может проходить по двум сценариям:

- 1) товар удаляется полностью (больше в этой точке реализации не будет продаваться);
- 2) товар удаляется частично (например, когда товар занимал несколько мест и продажи товара были не со всех мест – некоторые места простаивали и как результат – недополученная прибыль).

В связи с наличием у товара физических характеристик множества  $M_1$  и  $M_2$  могут полностью совпадать (необходимые места  $M_1$  автоматически компенсируются освобождающимися местами  $M_2$ ), но и могут не пересекаться вовсе. Последний случай ( $X$ -случай) усложняет анализ, и возникают дополнительные задачи:

1. Найти место для установки товаров-дубликатов.
  2. Найти товары, которые целесообразно поставить на места удаляемых товаров.
- На рис. 2 представлен случай с пересечением множеств  $M_1$  и  $M_2$ .



Рис. 2

Пусть  $M_{\cap}$  – пересечение множеств, определяемое так:  $M_{\cap} = M_1 \cap M_2$ . Множества  $M_1$  и  $M_2$  могут совпадать частично, т. е. множество  $M_{\cap}$  не пусто (рис. 2).

Формируя полный список задач, отсортируем их по возрастанию сложности:

1. Распределение товаров-дубликатов на места  $M_{\cap}$  – дублировать известные товары на известные места.
2. Рассмотреть  $X$ -случай для множеств:  $(M_1 - M_{\cap})$ ,  $(M_2 - M_{\cap})$ , а именно:

- а) найти места для товаров, которые требуется продублировать (необходимо так организовать дополнительный поиск мест, чтобы освободить места, на которые установка дубликатов целесообразна);
- б) найти товары на замену для заполнения мест  $(M_2 - M_{\cap})$ .

Стоит заметить, что автоматическое дублирование в п. 1 может привести к неуместной однородности товара. Например, когда одним и тем же това-

ром заполняются многочисленные места, требуется дополнительный контроль заполнения мест.

Задача поиска товаров на замену предусматривает рассмотрение не только товаров конкретной точки реализации, но и товаров других аналогичных точек, и, более того, всех товаров конкретной компании, занимающейся розничной торговлей.

В искусственной нейронной сети, реализующей вышеописанный подход, на входном слое должно быть столько нейронов, сколько товаров рассматривается для конкретной точки реализации (как сообщать нейронной сети характеристики этих товаров – открытая задача). На выходном слое количество нейронов то же, что и на входном, но каждый нейрон отвечает за соответствующий товар и несет информацию из следующего списка (в скобках указан код результата для примера):

- Данный товар оставить без изменений (0).
- Данный товар необходимо удалить в количестве  $N$  штук ( $-N$ ).
- Данный товар надо дублировать и поставить на место  $M_i$  ( $i$  – целочисленная характеристика места, например номер).

Выдача информации в таком виде однозначно определяет перечень действий по формированию ассортимента товара точки реализации.

Данными для обучения искусственной нейронной сети будут служить данные о продажах – значения факторов (или характеристик) товара за некоторый промежуток времени.

Представляет интерес для дальнейшего исследования вопрос предоставления информации о причинах дублирования или удаления товаров. Также в дальнейшем необходимо решить задачи

выбора алгоритма обучения, количества внутренних слоев и количества нейронов на них, функций активации, а также реализации и апробирования искусственной нейронной сети, моделирующей логику, представленную ранее.

Выделены критерии оценки и обоснованы основные преимущества искусственных нейронных сетей перед аналогами: возможность моделирования нелинейных процессов, отсутствие необходимости иметь аналитический вид зависимости или математическую модель и, главное, возможность учитывать накопленный опыт.

В качестве примеров формирования архитектуры нейронной сети были рассмотрены различные варианты количества нейронов на входном и выходном слоях, начиная от простых случаев:  $N$  нейронов на входном слое (отвечают за  $N$  характеристик товара) и 1 нейрон на выходном слое (значение зависит от задачи) и заканчивая сложными – количество нейронов на входном и на выходном слоях соответствует количеству рассматриваемых товаров. Также было отмечено, что в последнем случае возникают дополнительные задачи: передача характеристик товаров нейронной сети и получение по результатам работы информации о причинах тех или иных действий в отношении товара (оставление без изменений, удаление или дублирование).

Следует заметить, что особый интерес для дальнейшего исследования представляют практические задачи разработки и апробирования искусственной нейронной сети, реализующей описанный в статье подход.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фетисова О. В. Современные тенденции развития мировой розничной торговли // Вестн. Волгоград. гос. ун-та. Сер. 3. Экономика. Экология. 2009. № 2 (15). С. 61–69.
2. Семенов В. П., Чернокульский В. В., Размочаева Н. В. Исследование искусственного интеллекта в задачах управления розничной торговлей // II Междунар. науч. конф. по проблемам управления в технических системах (СТS'2017), СПб., 25–27 окт. 2017 г. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. С. 346–349.
3. Тихонов Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учеб. пособие. Невинномысск, 2006.
4. Бугорский В. Н., Никитин Н. А. Нейронные сети в управлении розничной торговлей // IT-менеджмент. Реальная коммерция. Прикладная информатика. 2006. № 2. С. 34–41.
5. Ибрагимов А. У., Ибрагимова Л. А., Гильмуллина Г. И. Применение методов искусственного интеллекта для анализа и прогноза товарооборота розничного торгового предприятия // Вестн. Самар. гос. аэрокосмического ун-та. 2012. № 1 (32). С. 233–241.
6. Penpece D. Elma O. E. Predicting Sales Revenue by Using Artificial Neural Network in Grocery Retailing Industry: A Case Study in Turkey // Intern. J. of Trade, Economics and Finance. 2014. Vol. 5, № 5. P. 435–440.
7. Jaeger H. Tutorial on training recurrent neural networks, covering BPPT, RTRL, EKF and the «echo state network» approach. URL: <http://minds.jacobs-university.de/sites/default/files/uploads/papers/ESNTutorialRev.pdf> (дата обращения: 21.12.2017).

V. V. Chernokulsky, N. V. Razmochaeva  
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

## DEVELOPMENT OF THE APPROACH TO THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF FORMING THE ASSORTMENT OF PRODUCTS FOR RETAIL OUTLETS

*The problem of forming the assortment of retail outlets for the purpose of increasing the retailer company's profit relevant is considered. It is shown that automation of this process is required due to the circumstances, such as the need to analyze a large number of sales data, and, most importantly, the process takes a lot of time and employees effort. Special attention in the article is given to the need to automate this process, because automation will increase the speed of work not only for a single employee, but for the whole company. A comparative analysis of analogues is carried out and the advantages of using artificial neural networks for solving such problems are grounded. The structure of tasks solved in the process of forming the assortment is presented. The approach to the solution of the problem is developed, various variants of organization of the network structure, namely the input and output layers of the network, are considered, and the most informative method is presented. The actual tasks for the development of work in the future are formulated.*

**Neural networks, forecasting, optimization, retail, assortment of products**

---

УДК 519.7+681.51

Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин, О. Б. Фомин  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Производство научно-достоверного знания об онтологии открытых систем

*Дан краткий обзор концепции, научного подхода, методологических оснований, принципов, аксиом и главных научных результатов, положивших начало новой киберфизической парадигме системных исследований открытых природных, общественных, антропогенных и сложных технических систем. Главными целями этой парадигмы стали: автоматическое производство из больших массивов слабоструктурированных полимодальных гетерогенных эмпирических данных научно-достоверного знания об общей онтологии открытых систем с сотнями и тысячами показателей; глубокое автоматическое исследование полученного онтологического знания для его полного научного понимания и рационального объяснения; автоматический анализ полноты и завершенности (ценности) знания; автоматическое формирование ресурсов знания об общей онтологии открытых систем и системных проблем.*

**Открытые системы, большие данные, физика открытых систем, онтологическое знание, извлечение знания из эмпирических данных, ценность онтологического знания, многомерная знание-центрическая системная аналитика**

Открытые системы обмениваются с окружающей средой веществом, энергией, информацией. Их организацию, «жизнедеятельность», состояния и эволюцию определяют фундаментальные законы, пока еще не известные науке. Для производства достоверного знания об открытых системах нужна развитая теория. Такая теория возникла в рамках междисциплинарного направления «Физика открытых систем» (ФОС) [1]. Ее сверхзадачей является научное понимание сущ-

ности сложности и рациональное объяснение глубокой взаимосвязи сложности с законами природы. ФОС воспринимает сложность систем как сложность движения.

Эмпирической наукой созданы и продолжают с нарастающим темпом создаваться большие данные об открытых системах. В середине 90-х гг. возникло новое направление ФОС, в рамках которого идет становление киберфизической парадигмы системологии, нацеленной на исследова-