



Я.Р. Хугаева, И.В. Лёзина

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМА ПРОДАЖ ОСЕТИНСКИХ ПИРОГОВ НА СЛЕДУЮЩИЙ ДЕНЬ

(Самарский университет)

При прогнозировании временных рядов цель состоит в том, чтобы оценить, как последовательность наблюдений будет продолжаться в будущем. Пусть заданы  $n$  дискретных отсчетов  $\{y(t_1), y(t_2) \dots, y(t_n)\}$  в последовательные моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . Тогда задача прогнозирования состоит в предсказании значения  $y(t_{n+1})$  в некоторый будущий момент времени  $t_{n+1}$ . Целью прогнозирования является уменьшение риска при принятии решений [1].

В данной работе рассматривается применение радиально-базисной нейронной сети для решения задачи прогнозирования объема продаж осетинских пирогов на следующий день.

В сетях с радиально-базисными функциями скрытые нейроны реализуют функции, радиально изменяющиеся вокруг выбранного центра и принимающие ненулевые значения только в окрестности этого центра. Чаще всего в качестве радиальной функции применяется функция Гаусса. При размещении ее центра в точке  $c_i$  она может быть определена в сокращенной форме как

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|) = \exp\left(-\frac{\|x - c_i\|^2}{2\sigma_i^2}\right),$$

где  $\sigma_i$  – параметр, от которого зависит ширина функции.

Структура типичной радиальной сети включает входной слой, на который подаются сигналы, описываемые входным вектором  $x$ , скрытый слой с нейронами радиального типа, и выходной слой, состоящий как правило, из одного или нескольких линейных нейронов [2].

Обучение сети проводилось по следующему алгоритму: подбор параметров радиально-базисных функций осуществлялся по методу  $k$ -усреднений, а подбор весов – по методу наискорейшего спуска с использованием алгоритма обратного распространения ошибки.

Алгоритм  $k$ -усреднений выглядит следующим образом:

- 1 Случайным образом выбираем начальные значения центров  $c_i(0)$ , которые должны быть различны.
- 2 Выбираем вектор  $x_k$  из входного пространства.
- 3 Выбираем центр  $c_w$ , ближайший к  $x_k$ , для которого выполняется соотношение:

$$w = \arg \min_i \|x_k - c_i(k)\|, i = 1, 2, \dots, N,$$

где  $N$  – число нейронов скрытого слоя,  $k$  – номер итерации алгоритма.

- 4 Центр-победитель подвергается уточнению в соответствии с формулой



$$c_i(k+1) = c_i(k) + \eta(x_k - c_i(k)),$$

где  $\eta$  – коэффициент обучения.

5 Увеличиваем значение  $k$  на единицу и возвращаемся к шагу 2, пока положение центров не стабилизируется.

После фиксации местоположений центров радиусы  $\sigma$  определяются по формуле

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{P} \sum_{t=1}^P \|c_i - c_t\|^2},$$

где  $P$  – количество ближайших соседей центра  $c_i$ .

Веса уточняются по следующим формулам:

$$\omega_i(k+1) = \omega_i(k) - \eta \frac{\delta E}{\delta \omega_i},$$
$$\frac{\delta E}{\delta \omega_i} = (y - d) \varphi(x_k).$$

В данной работе при первоначальной инициализации весовых коэффициентов радиально-базисной сети использовались следующие алгоритмы:

- алгоритм имитации отжига;
- генетический алгоритм;
- алгоритм случайной инициализации.

Классический алгоритм имитации отжига можно описать следующим образом:

1 Запустить процесс из начальной точки  $w$  при заданной начальной температуре  $T = T_{\max}$ .

2 Пока  $T > 0$ , повторить  $L$  раз следующие действия:

- выбрать новое решение  $w'$  из окрестности  $w$ ;
- рассчитать изменение целевой функции

$$\Delta = E(w') - E(w);$$

– если  $\Delta \leq 0$ , принять  $w = w'$ ; в противном случае принять, что  $w = w'$ , если  $\exp(-\Delta/T) > R$ , где  $R$  – случайное число из интервала  $(0, 1)$ .

3 Уменьшить температуру  $T$  с использованием коэффициента уменьшения  $r$ , выбираемого из интервала  $(0, 1)$ , и вернуться к пункту 2.

Эволюционные алгоритмы имитируют процессы наследования свойств живыми организмами. Исходная популяция решений выбирается случайным образом. При использовании этого метода популяция состоит из закодированных соответствующим образом программ, подвергающихся воздействию генетических операторов скрещивания и мутации, для нахождения оптимального решения, которым считается программа, наилучшим образом решающая поставленную задачу. Процедура повторяется, пока не будет найдено искомое решение либо не будет исчерпан лимит машинного времени. Программы оцениваются относительно определенной специальным образом функции приспособленности. Из семейства эволюционных алгоритмов в данной работе был реализован генетический алгоритм.



Случайная инициализация, считающаяся единственным универсальным способом приписывания начальных значений весам сети, должна обеспечить такую стартовую точку активации нейронов, которая лежала бы достаточно далеко от зоны насыщения. Это достигается ограничением диапазона разыгрываемых значений. Практически все оценки нижней и верхней границ диапазона лежат в пределах  $(0, 1)$  [3].

Для решения задачи использовались данные об объеме продаж фирмы, производящей осетинские пироги, за каждый день с 1 февраля 2018 года по 26 февраля 2020 года включительно. Данные были разделены на две выборки: для обучения и для тестирования. Таким образом, часть данных, предназначенная для тестирования, была использована для проверки сети на работоспособность и оценки ее точности.

Для оценки качества программной реализации алгоритмов было выбрано среднеквадратическое отклонение (СКО), представленное выражением

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

где  $x_i$  –  $i$ -ый элемент выборки,  $n$  – объем выборки,  $\bar{x}$  – среднее арифметическое выборки  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ .

В таблице 1 приведены результаты обучения сети для каждого метода предварительной инициализации весовых коэффициентов при следующих параметрах:

- коэффициент обучения 0,06;
- количество нейронов скрытого слоя 65;
- итераций обучения 500.

Таблица 1 – Результаты проведенных исследований

Алгоритм инициализации весовых коэффициентов	СКО
Алгоритм имитации отжига	0,01477
Генетический алгоритм	0,01439
Случайная инициализация	0,02061

Исходя из результатов видно, что использование алгоритмов для предварительной инициализации весовых коэффициентов дает меньшее значение СКО, чем случайная инициализация.

### Литература

1. Солдатова, О.П. Применение нейронных сетей для решения задач прогнозирования [Текст]/ О.П. Солдатова, В.В. Семенов // Исследовано в России: электрон. журн. - 136/060201. - С. 1269-1276. - Режим доступа к журн.: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/136.pdf>.



2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Осовский; пер. с польск. И.Д. Рудинского, рец. И.Б. Фоминых. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с. :ил.

3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст]/ С. Хайкин; пер. с англ. Н.Н. Куссуль и А.Ю. Шелестовой, ред. Н.Н. Куссуль. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2006. – 1104 с. :ил. – Парал. тит. англ.

Е.А. Шамин, Л.С. Зеленко

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА СЛЕДОВАТЕЛЯ

(Самарский университет)

Работа по расследованию преступлений начинается со сбора большого количества информации. По итогам проведенной работы следователь, как правило, формирует обвинительное заключение и представляет его прокурору. Таким образом, следователям необходима удобная автоматизированная система, которая поможет оптимизировать работу, повысить ее эффективность и уменьшить сроки предварительного следствия.

На следователей обычно ложится большая нагрузка, которая различается в зависимости от территориальных районов и направления, по которому специализируется следователь. В среднем, у следователя в производстве находится пять-шесть дел одновременно, сюда входят проверка сообщений о преступлениях и расследование уголовных дел.

В результате проверки сообщения о преступлении следователь должен принять одно из трех решений: возбудить уголовное дело, отказать в возбуждении уголовного дела, передать сообщение по подследственности. Срок проверки сообщения о преступлении составляет три дня, и может быть продлен до 10 дней, а затем до 30 дней.

В результате расследования уголовного дела следователь должен принять одно из четырех решений: направить уголовное дело с обвинительным заключением прокурору, приостановить предварительное следствие, прекратить дело, передать дело по подследственности. В каждом уголовном деле есть подозреваемые и их защитники. На время расследования в отношении подозреваемых может быть избрана мера пресечения. Срок расследования уголовного дела составляет два месяца и может быть многократно продлен еще на два месяца.

Следователям необходимо помнить обо всех этих сроках: сроках проверки сообщений, сроках расследования дел, сроках мер пресечения. Кроме того, следователям необходимо через определенные промежутки времени проходить переаттестацию и продлевать контракт, получать очередное специальное звание, повышать квалификацию. Поэтому одна из важных функций системы – ведение календаря событий.