



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОДАЖ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА

А. А. Козлов, С. А. Андронов

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Статья посвящена исследованию технологических процессов розничных продаж с целью определения потребности в персонале. Определена формула, с помощью которой, получая прогноз продаж, можно рассчитать необходимую численность персонала для выполнения задач. Для получения прогноза проведен анализ транзакций, включая его обработку как временного ряда. На основе проведенного анализа были построены две модели прогнозирования: ARIMA и модель на основе метода Брауна. Получен расчёт количества персонала на предстоящую неделю.

Ключевые слова: Персонал, временной ряд, анализ транзакций, бизнес-процессы, оптимизация, Loginom.

Для цитирования:

Козлов, А. А. Прогнозирование продаж для корректировки численности персонала / А. А. Козлов., С. А. Андронов // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 3(37). – с. 27 – 36. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-27-36.

SALES FORECASTING TO ADJUST HEADCOUNT

A. A. Kozlov, S. A. Andronov

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article is devoted to the study of technological processes of retail sales in order to determine the need for personnel. A formula has been determined with which, when receiving a sales forecast, it is possible to calculate the required number of personnel to complete tasks. To obtain a forecast, an analysis of transactions was carried out, including its processing as a time series. Based on the analysis, two forecasting models were built: ARIMA and a model based on Brown's method. A calculation of the number of personnel for the coming week has been received.

Keywords: personnel, time series, transaction analysis, business processes, optimization, Loginom.

For citation:

Kozlov, A. A. Sales forecasting to adjust headcount / A. A. Kozlov, S. A. Andronov // System analysis and logistics. – 2023. – № 3(37). – p. 27 – 36. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-27-36.

Введение

Рабочие процессы в торговой сети, на предприятии, в сфере услуг во многом зависят от спроса на продукцию в ней. Используя прогнозирование продаж, можно скорректировать численность персонала с учетом количества предстоящих работ. Говоря о торговых сетях, то во многих директора магазинов могут сами устанавливать график работы персонала и искать персонал в соответствии со спросом. Такой подход в сочетании с прогнозированием объемов продаж обеспечивает снижение рисков по выполнению основных бизнес-процессов и способен снизить издержки за счёт оптимального количества персонала на местах. Рассматривая работу персонала магазина, можно выделить несколько направлений: раскладка товара, инвентаризация и работа за кассой. Данные процессы цикличны и включают в себя множество подпроцессов, которые формируют затрачиваемое время на выполнение работ.

Основные бизнес-процессы внутри магазина.

Раскладка товара и работа за кассой являются процессами, в одном из которых товар поступает в магазин, а в другой – уходит. Поэтому прогноз количества продаж с одинаковой силой влияет на количество данных работ. Так, при покупке, например, 1000 единиц товара разложить также будет необходимо в среднем 1000 единиц. При этом важно понимать, что магазин имеет конечное и практически постоянное количество активных товаров, поэтому процессы дополнительных выкладок не являются частым явлением и учтены не будут.

Процессы раскладки товаров представлены на рисунке 1:

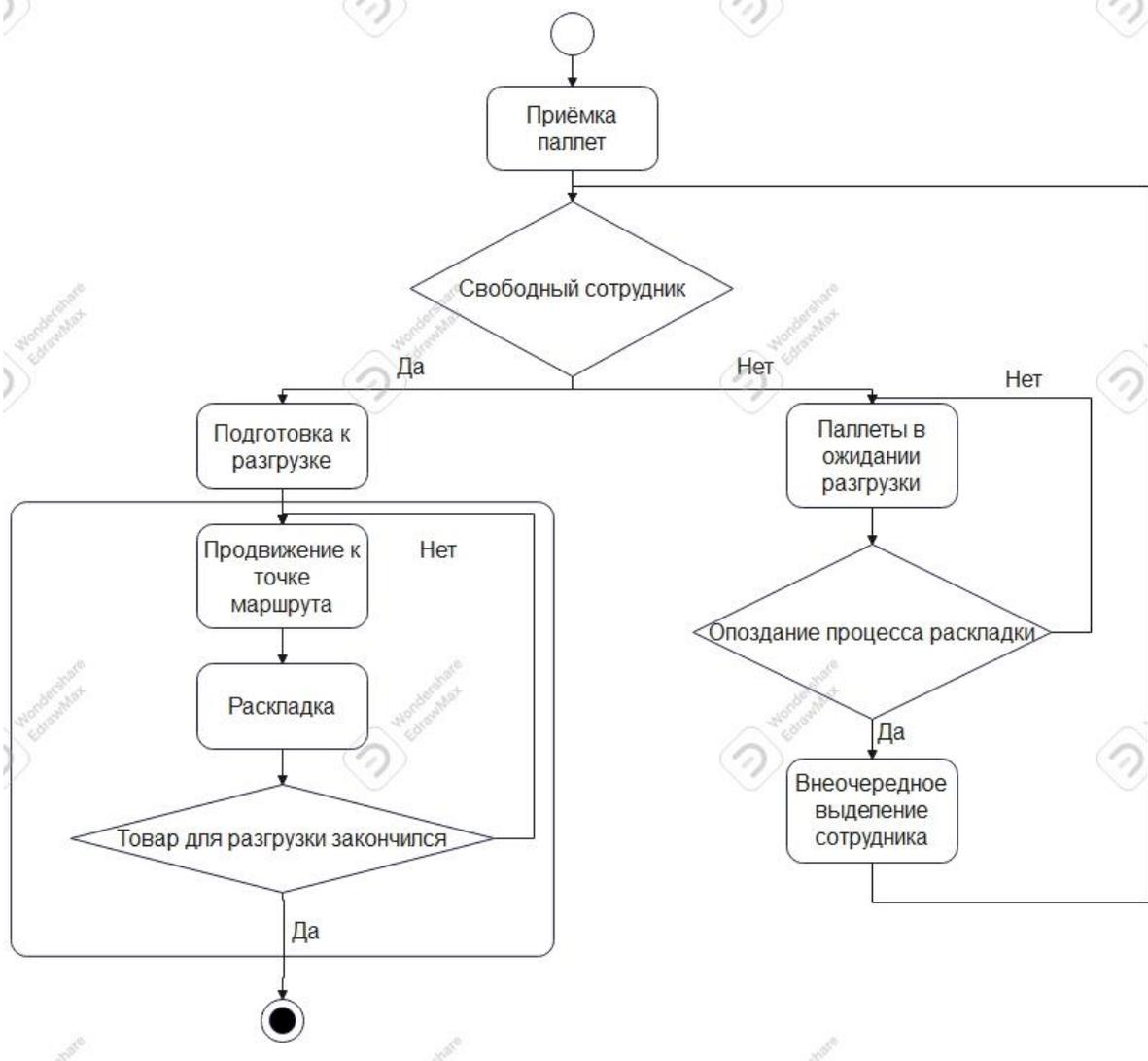


Рис. 1. Процесс раскладки товаров по полкам

Данная схема отражает процесс раскладки товара от момента приёма паллет до размещения их на полках магазина. Используя данные, собранные путём опроса сотрудников, время приёма паллет составляет 3 минуты на каждый при условии, что средний паллет вмещает 65 коробов продукции при среднем кванте короба в 8 единиц товара. Процесс подготовки к разгрузке занимает, в среднем, 3-5 минут, после чего товар размещается на полки. Процессы от продвижения к точке маршрута до раскладки единицы товара занимает в среднем 1,5 минуты на единицу товара. При этом ожидание разгрузки паллетами рабочее время не отнимает.

Процессы работы за кассой представлены на рисунке 2:

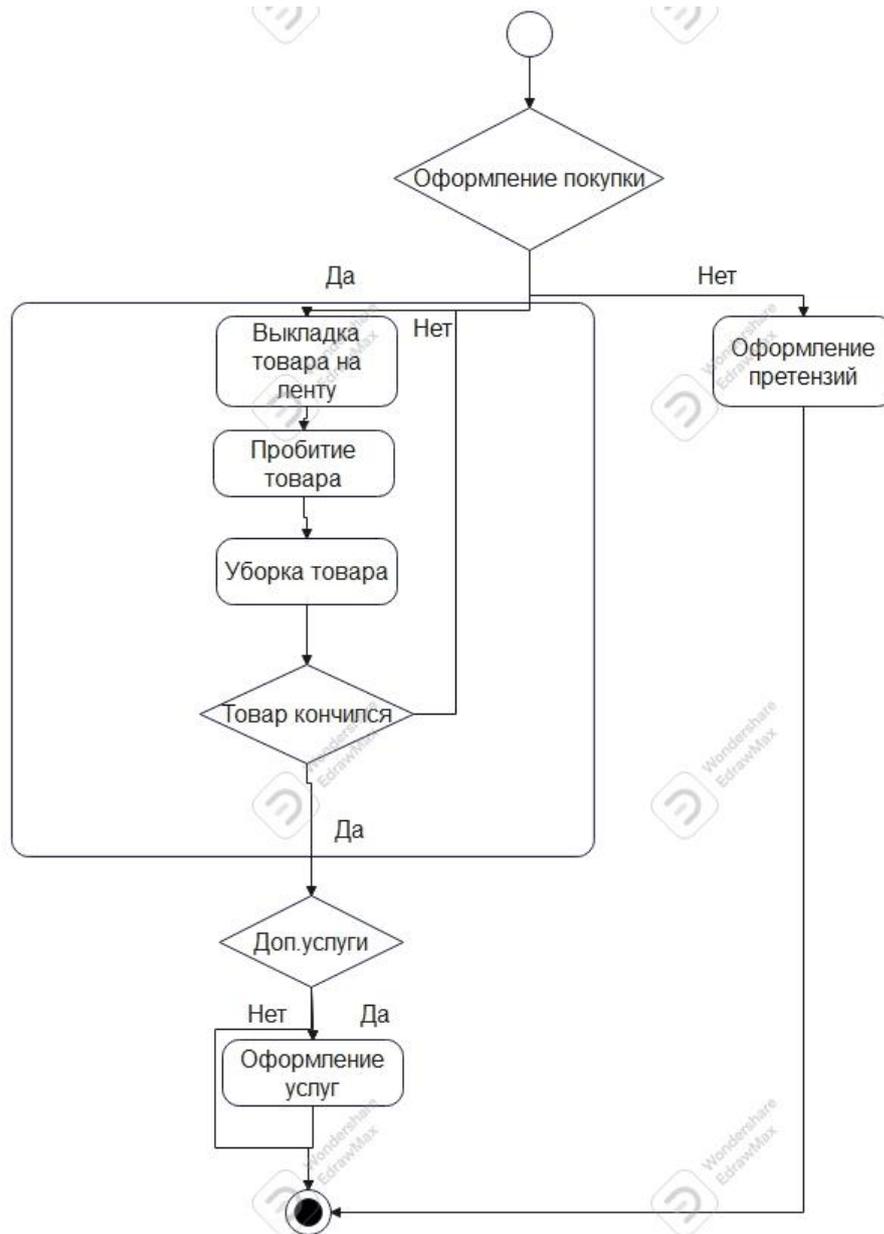


Рис. 2. Процесс работы за кассой

Среднее время выполнения процесса покупки единицы товара составляет 0,1 минуты. При этом дополнительные услуги, например, пробитие карты, происходит в 60% покупок при средней длине чека в 5 позиций, и затрачивает 0,5 – 1 минуту. Претензии происходят не более двух раз за сутки, и на их разбор уходит от 5 до 10 минут.

Подпроцессы инвентаризации представлены на рисунке 3:



Рис. 3. Процесс инвентаризации внутри магазина

С учетом устанавливаемой нормы v , например, 10% от объема проведенных за день покупок, время выполнения составляет от 0,1 до 0,3 минуты на товарную позицию. При этом получение плана на инвентаризацию дополнительного времени не затрачивает.

Данные процессы внутри магазина протекают как последовательно, так и параллельно. Рассматривать необходимо общий фонд времени выполнения процессов за день. Рабочий день одного сотрудника составляет 630 минут. Таким образом, расчет количества сотрудников необходимо делать согласно формуле ниже:

$$\frac{\left(\frac{a * Pr}{c * w} + \frac{b * Pr}{c * w} + d * Pr\right) + (g * h * Pr + z * l + p * Pr) + (r * t * Pr)}{m} + 1, \quad (1)$$

где a – среднее время на приёмку одного паллета, Pr – объем ожидаемых продаж в магазине, b – среднее время на подготовку к разгрузке, c – среднее число коробов в паллете, w – средний квант короба, d – среднее время раскладки товара, включая время на перемещение между ячейками, g – процент покупок с дополнительными услугами, потребляющими рабочее время, h – среднее время, затрачиваемое на дополнительные услуги, z – среднее время обработки претензии, l – среднее количество претензий на рабочий день, p – время, затрачиваемое на покупку единицы товара, r – среднее время просчёта позиции, t – норма инвентаризации (процент от объема покупок), m – рабочий день сотрудника (минут).

Используя опросные данные, формула (1) принимает следующий вид:

$$\frac{\left(\frac{3Pr}{65 * 8} + \frac{4Pr}{65 * 8} + 1,5Pr\right) + (0,6 * 0,75Pr + 7,5 * 2 + 0,1Pr) + (0,2 * 0,1Pr)}{630} + 1 \quad (2)$$

Или можно переписать (2) следующим образом:

$$\frac{2,083Pr + 15}{630} + 1 \quad (3)$$

Данная формула (1) отражает лишь основные процессы и не учитывает посторонние помехи, влияющие на рабочее время, поэтому добавочный коэффициент даёт возможность



выполнить все процессы с учётом внештатных ситуаций. Важно отметить, что для каждой сети или специфики магазина временные параметры процессов будут отличаться, что может привести к изменению коэффициентов.

Постановка задачи.

Для прогноза количества покупок для вычисления рабочего времени на сменах предлагается построить несколько различных моделей прогнозирования с дальнейшим сравнением их эффективности. Предлагается провести анализ временного ряда для определения методов прогнозирования, способных предсказать его с достаточной точностью. Важно отметить, что при большом количестве данных процесс обучения и поиска моделей может быть трудозатратным, поэтому эффективно оптимальную модель необходимо применять для узкого числа близких по транзакциям магазинов, что достигается при их типизации и сегментировании [1]. Таким образом, модели будут обучены только на похожих данных, при этом обучать отдельную модель для каждого магазина торговой сети не придется. Проведение анализа и преобразования предлагается выполнить в среде Loginom [2], являющейся Российской low-code платформой, с применением кода на Python [3] для декомпозиции ряда на компоненты и Statistica [4]. Для построения моделей прогнозирования предлагается воспользоваться в том числе EXCEL [5].

Анализ и построение моделей.

Данные, с помощью которых проводился анализ и построение моделей, выглядят следующим образом и представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Транзакции за 3 месяца

| # | Дата продажи | Количество продаж |
|---|--------------|-------------------|
| 1 | 01.11.2000 | 102 |
| 2 | 02.11.2000 | 695 |

График дневных продаж выглядит следующим образом:

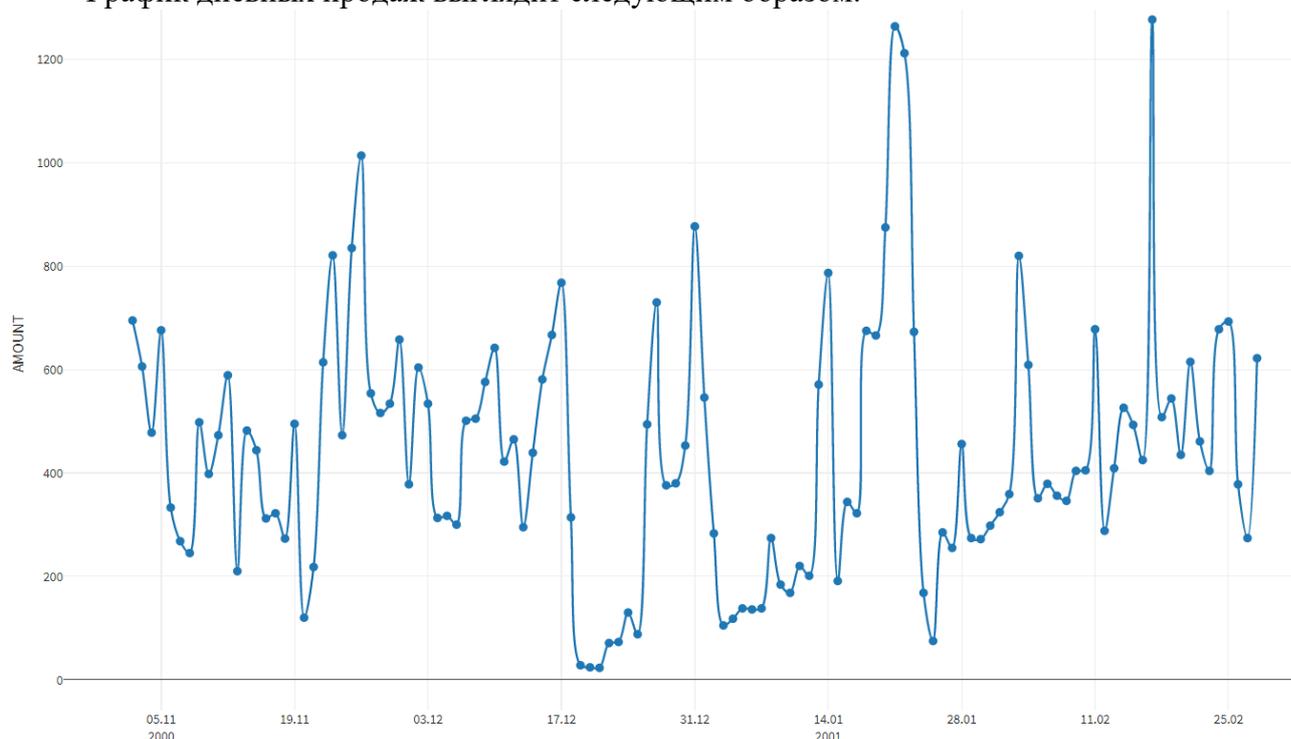


Рис. 4. Временной ряд количества продаж по дням



В процессе обработки данных перед построением моделей были выполнены следующие операции:

С помощью компонента Loginom “Редактирование выбросов” были выявлены и заменены следующие значения:

Таблица 2 – Выбросы

| # | Date_sales | Количество продаж |
|---|------------|-------------------|
| 1 | 21.01.2001 | 1264 |
| 2 | 22.01.2001 | 1212 |
| 3 | 17.02.2001 | 1277 |

С помощью компонента “Калькулятор” были изменены anomalно-низкие продажи путём замены значений на 150. Данные значения соответствуют праздничным дням, отличающимся низкими продажами. Anomalно-низкие значения негативно влияют на качество многих моделей машинного обучения, поэтому их замена закономерна. Число 150 соответствует нижнему порогу значений продаж в непраздничный период.

Таблица 3 – Даты с замененными значениями

| # | Количество продаж | Date_sales |
|---|-------------------|------------|
| 4 | 150 | 20.12.2000 |
| 5 | 150 | 21.12.2000 |
| 6 | 150 | 22.12.2000 |

Для сглаживания ряда с помощью компонента “Сглаживание” был применен фильтр Ходрика-Прескотта, способный отфильтровать шум и выделить трендовую составляющую [6], с параметром лямбда = 1. Результат изображен на рисунке 5, где синяя линия соответствует сглаженному ряду, а другая – поступившему в фильтр (изначальному).

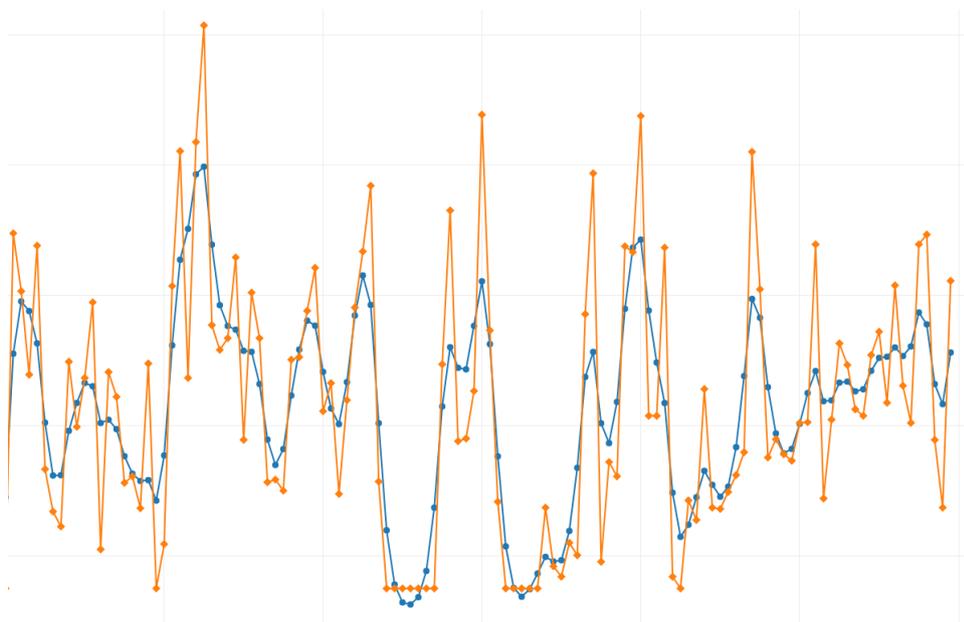


Рис. 5. Сглаженный ряд

Разброс средних значений продаж по дням недели представлен на рисунке 6, где каждое деление соответствует дню недели:

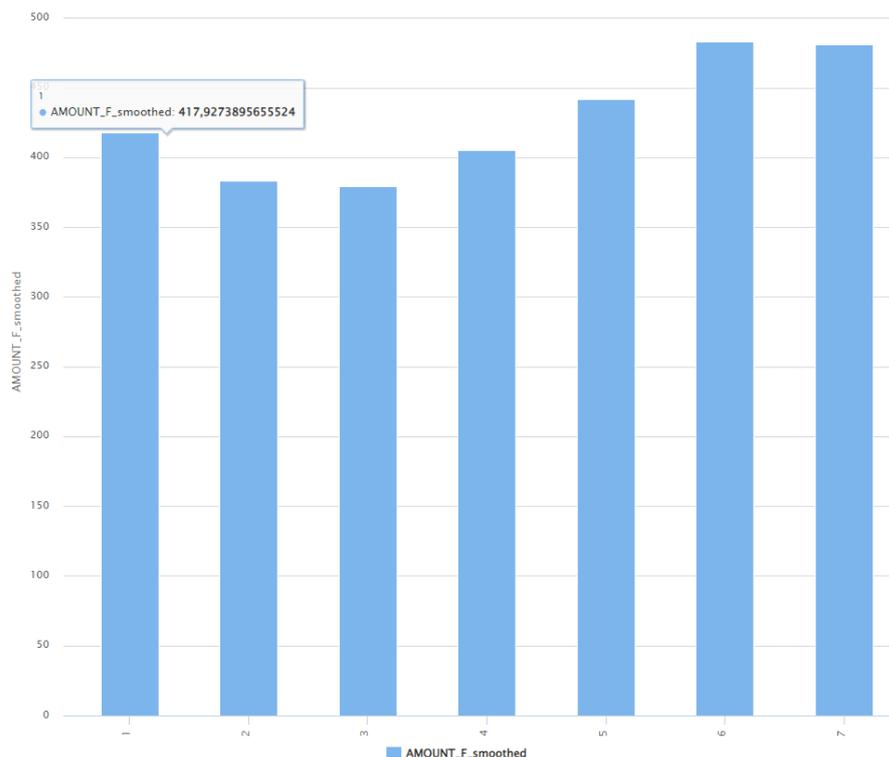


Рис. 6. Распределение средних продаж по дням недели

Из рисунка 6, сравнивая визуально с обработанным временным рядом, можно представить структуру недельных продаж. Автокорреляция в программе Statistica, тем не менее, сезонность не подтверждает, ниже приведен график значений частной автокорреляционной функции (далее – ЧАКФ) [7]:

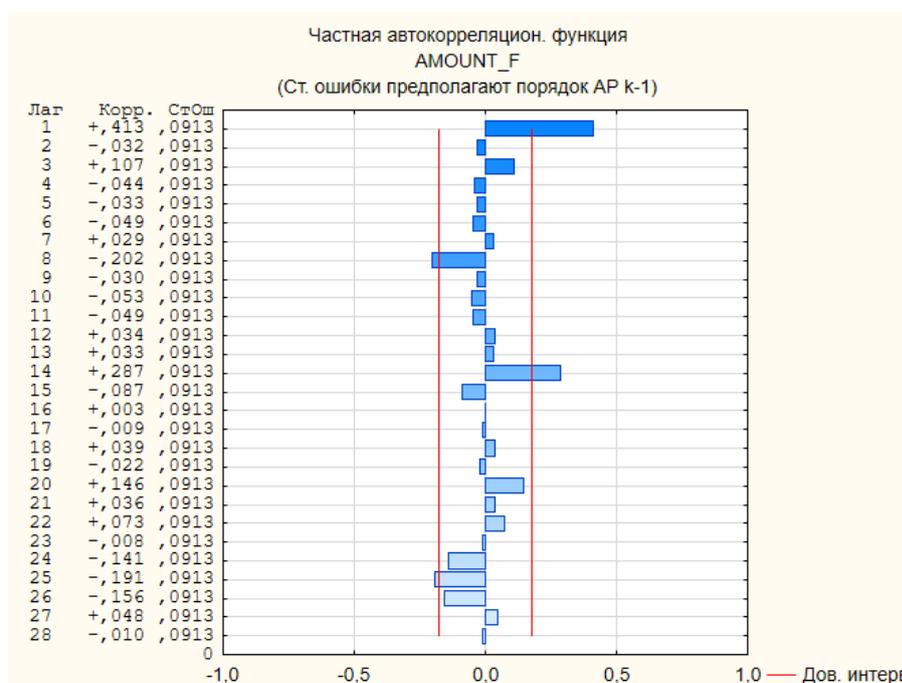


Рис. 7. График разброса ЧАКФ

Из графика следует, что подтверждаемой сезонности в данных нет, поэтому модели, учитывающие сезонность, рассматривать нет необходимости.



Декомпозиция ряда с помощью пакета statsmodels [8] в среде Python выглядит следующим образом:

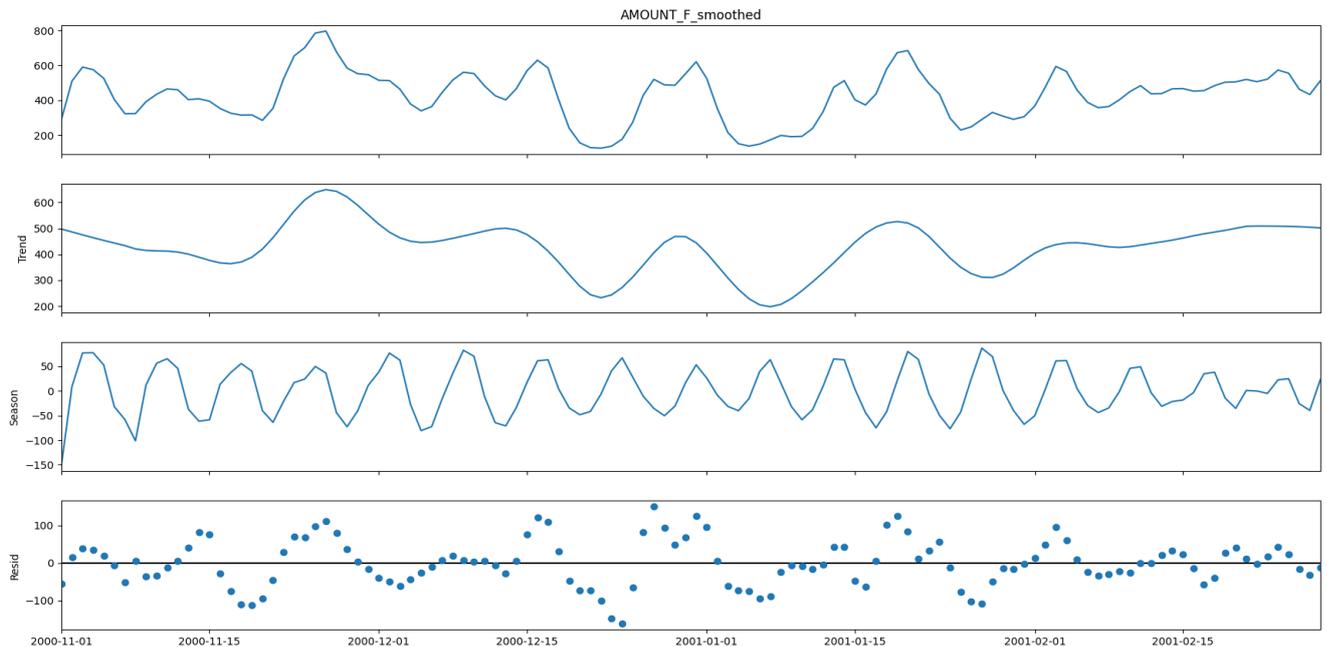


Рис. 8. Декомпозиция ряда

Первый график соответствует временному ряду продаж, второй – трендовой компоненте, третий – сезонной, последний – остаткам.

Из диаграмм видно, что сезон не имеет постоянной структуры, при этом точки роста и падений выявить затруднительно.

С учетом проведенного анализа, а также невозможности установить и подтвердить сезонность в ряде, будут построены модели на основе метода Брауна [9] и ARIMA [10]. Оба метода широко применяются в ситуациях, в которых структуру ряда установить затруднительно, а сезонность не имеет большого значения.

С помощью встроенного модуля Logitom ARIMAX с применением подбора оптимальной модели были достигнуты следующие результаты:

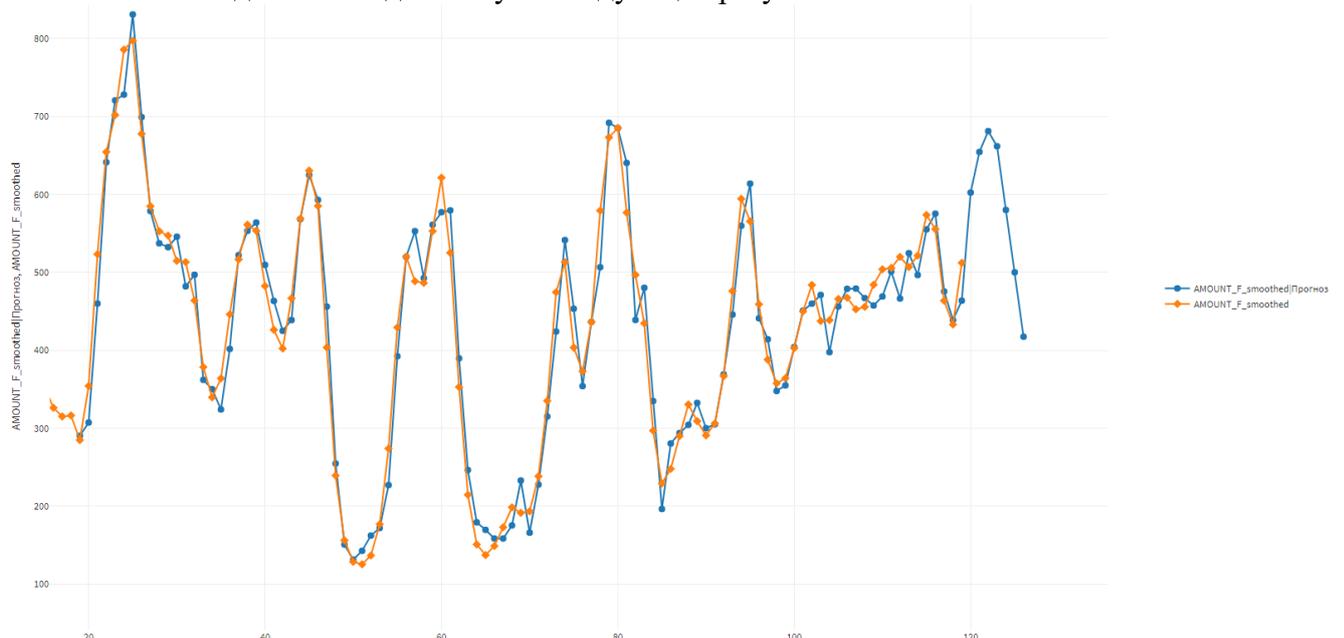


Рис. 9. Прогноз с помощью ARIMA



Синим цветом выделен прогноз, а оранжевым – поступивший в узел ряд.

Со следующими показателями:

Среднеквадратическая ошибка = 30,34

Результаты применения метода Брауна представлены ниже и достигнуты в среде EXCEL с проведением оптимизации по мере сглаживания для достижения минимальной среднеквадратической ошибки.

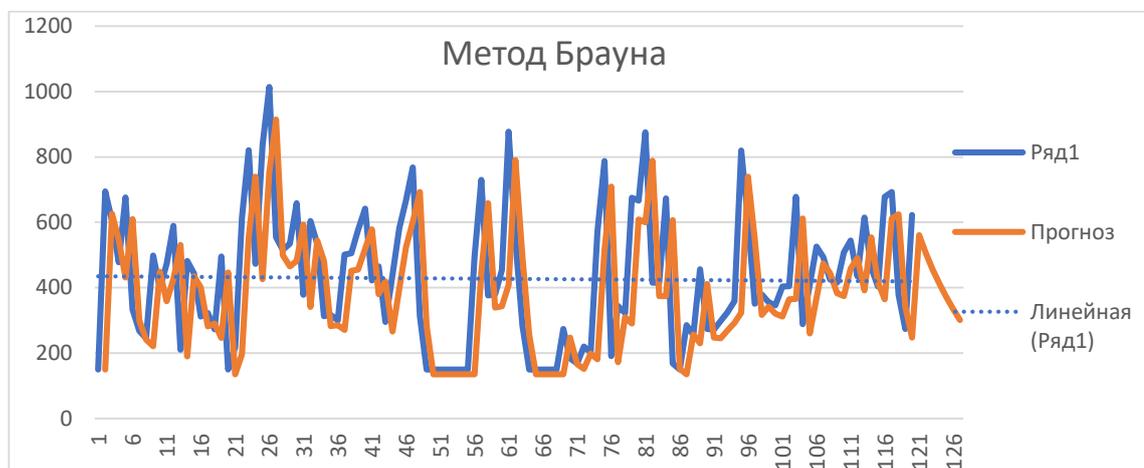


Рис. 10. Прогноз методом Брауна

Среднеквадратическая ошибка = 206,91

Прогноз с помощью ARIMA имеют меньшую ошибку, поэтому будет использоваться далее.

Таким образом, подставляя в формулу (3) прогноз, количество людей на неделю вперед выглядит следующим образом и представлено в таблице 4:

Таблица 4 – Количество людей и рабочее время на неделю вперед

| Прогноз продаж | Людей | Рабочих минут |
|----------------|-------|---------------|
| 602,25 | 3,02 | 1269,49 |
| 654,35 | 3,19 | 1378,01 |
| 681,08 | 3,28 | 1433,69 |
| 661,65 | 3,21 | 1393,22 |
| 579,94 | 2,94 | 1223,02 |
| 499,94 | 2,68 | 1056,38 |
| 417,28 | 2,40 | 884,19 |

Заключение

С учетом необходимости оптимизации численности персонала для планирования работ прогнозирование спроса является необходимым этапом. Так, для крупных сетей часто выявлены время, которое персонал может потратить на выкладку товара и его продажу. Поэтому знание планируемых продаж, в том числе и работ, которые вместе с ними последуют, способствуют сокращению расходов. В данном случае было выявлено примерное количество персонала для выполнения работ на следующую неделю. Более качественный результат был достигнут с помощью ARIMA в среде Logiplot со среднеквадратической ошибкой 30,34 против 206,91 метода Брауна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов, А. А. Типизация магазинов при помощи машинного обучения / А. А. Козлов, С. А. Андронов // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные



- технологии: Четвертая Международная научная конференция, Санкт-Петербург, 04–21 апреля 2023 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2023. – С. 189-197. – DOI 10.31799/978-5-8088-1819-4-2023-4-1-189-197. – EDN LJPNHG.
2. Loginom Community Edition [Электронный ресурс]. – URL: <https://loginom.ru> (дата обращения 01.09.2023).
 3. Python [Электронный ресурс]. – URL: <https://python.org> (дата обращения 01.09.2023).
 4. Statistica [Электронный ресурс]. – URL: <http://statsoft.ru/> (дата обращения 08.09.2023).
 5. Excel [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/excel> (дата обращения 08.09.2023).
 6. Фильтр Ходрика-Прескотта (Hodrick–Prescott filter) [Электронный ресурс]. – URL: <https://wiki.loginom.ru/articles/hodrickprescott-filter.html> (дата обращения 10.09.2023).
 7. Андронов С.А. Компьютерная обработка результатов эксперимента: лабораторный практикум / С. А. Андронов – СПб.: ГУАП, 2020. – 125 с.
 8. Statsmodels [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statsmodels.org/stable/index.html> (дата обращения 10.09.2023).
 9. Васильева Т. В. Обобщенная модель Брауна в прогнозировании эксплуатационных показателей надежности авиационной техники / Т. В. Васильева // Современные научные исследования и разработки. – 2019. – № 1(30). – С. 245-248. – EDN YZSQDR.
 10. Андронов С. А. Определение наилучших моделей прогнозирования пассажиропотоков в аэропорту Пулково в условиях нормальной работы и кризиса / С. А. Андронов // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №2(24), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2020 – с. 13-29. РИНЦ.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Козлов Артем Андреевич –

Студент магистратуры

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: kozlov.artiom@yandex.ru

Андронов Сергей Александрович –

кандидат технических наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: andronov_00@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kozlov Artem Andreevich –

MA student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: kozlov.artiom@yandex.ru

Andronov Sergey Alexandrovich –

Associate Professor, candidate of Technical Sciences

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: andronov_00@mail.ru