

---

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНД-СЕЗОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

---

**Замотайлова Дарья Александровна**, канд. экон. наук, доц.

**Савинская Дина Николаевна**, канд. экон. наук, доц.

**Недогонова Татьяна Алексеевна**, маг.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, ул. Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: idalia@mail.ru; savi\_dinki@mail.ru; nedogonovat@gmail.com

*Цель:* статья посвящена вопросам применения тренд-сезонных моделей для анализа временных рядов и их прогнозирования. Авторами предлагается использовать краткосрочные модели прогнозирования, зарекомендовавшие себя в качестве высокоточных инструментов при работе с тренд-сезонными временными рядами. *Обсуждение:* согласно целям проводимого исследования, авторами был проведен анализ двух временных рядов объемов продаж. Ввиду наличия в рассматриваемых временных рядах сезонной компоненты для их исследования были применены соответственно аддитивная и мультипликативная модели прогнозирования. *Результаты:* проведенный анализ временных рядов позволил осуществить прогнозирование динамики продаж, что позволяет выявлять имеющиеся в них тенденции спада и роста, а также производить сравнение прогнозных оценок примененных моделей и исходных данных. Авторами предложена методика формирования краткосрочных прогнозов, основой для которой явился математический аппарат тренд-сезонного моделирования совместно с использованием встроенных функций табличного процессора MS Excel и имеющихся в нем графическими средствами визуализации.

**Ключевые слова:** прогнозирование, тренд-сезонные модели, аддитивная модель, мультипликативная модель, сезонность, временной ряд.

**DOI:** 10.17308/meps.2019.12/2197

### **Введение**

Краткосрочное прогнозирование является немаловажным этапом планирования и маркетинга, поэтому в данной статье авторы обосновывают необходимость построения прогнозов в организационной деятельности и в управлении ею, так как организации должны не только ориентироваться на свое состояние в актуальный момент времени, но и уметь грамотно оценивать свое возможное состояние в будущем. А это уже, в свою очередь,

необходимо не только для оценки и предотвращения потенциальных рисков в будущей деятельности, но и для достижения конкурентных преимуществ относительно других участников рынка, в том числе и в краткосрочной перспективе.

Итак, необходимость в прогнозировании возникает из необходимости планирования деятельности компании. И каждый раз при планировании необходим адекватный выбор методов и средств прогнозирования.

### Методология исследования

Рассмотрим тренд-сезонную модель, которая используется для описания и прогнозирования временных рядов. В любом виде управления с помощью таких моделей решается одна из основных задач, а именно прогнозирование продаж. Основная идея этого подхода заключается в следующем: каждое значение временного ряда ( $Y$ ) в момент времени  $t$  раскладывается на три составляющие: тренд ( $T_t$ ), сезонную ( $S_t$ ) и случайную компоненту ( $E_t$ ). Для проведения анализа временного ряда строится график зависимости значений ряда от времени. На этом этапе определяется наличие и характер присутствующего тренда, а также сезонной составляющей. Периодом сезонных колебаний объемов продаж принято считать год.

Сезонная компонента влияет на построение как мультипликативной, так и адаптивной модели. В первом случае существует зависимость амплитуды колебаний от значений тренда, и сезонная компонента определяется как сезонный индекс, на который умножается значение тренда. Если говорить о динамике объемов продаж, то наибольшая амплитуда соответствует наибольшему значению линейного тренда. При адаптивной сезонности такой зависимости нет, а сезонная компонента определяется как показатель абсолютного прироста к значению тренда.

На рис. 1 представлены примеры аддитивной модели и мультипликативной:

$$Y_t = T_t + SD_t + ED_t, \quad (1)$$

$$Y_t = T_t * SI_t + EI_t, \quad (2)$$

где  $SD_t$  и  $ED_t$  – сезонная и случайная компонента, представляют собой абсолютные приросты к значению тренда, а  $SI_t$  и  $EI_t$  – сезонная и случайная компонента, определяются как индексы, умножаемые на значение тренда.

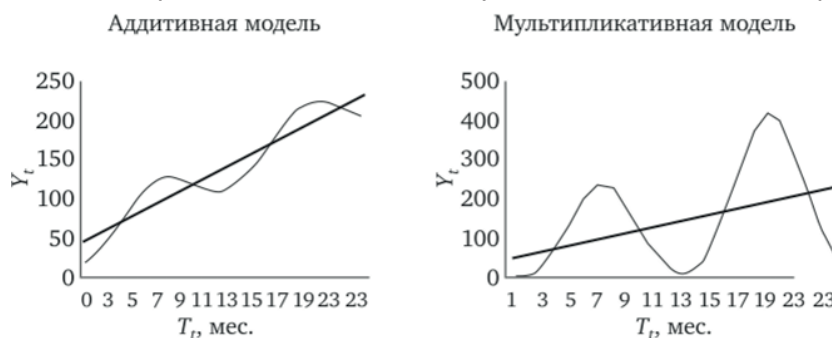


Рис. 1. Аддитивная и мультипликативная модели

Рассмотрим тренд-сезонную модель на примере временных рядов объемов продаж компании №1 и компании №2 с ежемесячными данными за 3 года.

Анализ динамики продаж позволяет выявить наметившиеся тенденции спада или роста. На рис. 2 представлен график, отражающий динамику продаж компании №1.

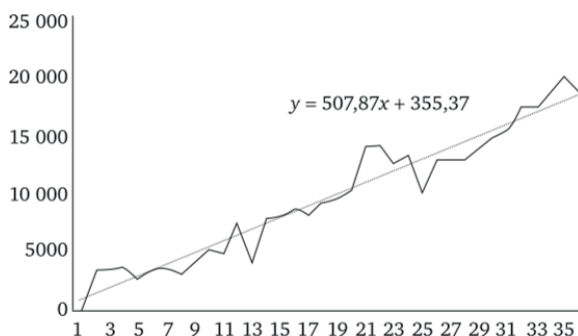


Рис. 2. Динамика продаж компании № 1 и ее линейный тренд (в у.е.)

Восходящий линейный тренд рассматриваемого временного ряда определяет тенденцию к росту продаж. При достаточно интенсивном росте амплитуда колебаний не увеличивается, можно сделать вывод о наличии адаптивной сезонности.

Таким образом, временной ряд объемов продаж компании №1 можно описать уравнением (1), а уравнение тренда линейным уравнением:

$$T_t = a_0 + a_t, \quad (3)$$

где  $T$  – значение тренда в момент времени  $t$ ;  $a_0, a$  – коэффициенты тренда, равные для компании №1 соответственно  $a_0 = 355,37$  и  $a = 507,87$ .

При построении модели продаж необходимо учесть сезонность, использовать аддитивную модель, сезонная компонента будет выражена в отклонениях значений временного ряда относительно средней или тренда в рублях.

### Обсуждение результатов

Для построения тренд-сезонных моделей применяют функционал программы MS Excel. Рассмотрим алгоритм построения аддитивной модели, состоящий из 7 этапов, включая некоторые особенности реализации алгоритма в MS Excel:

I. Построение и анализ графика временного ряда с целью определения тенденций в поведении системы, выявление сезонной компоненты, вывод уравнения тренда.

II. Получение значений линейного тренда. В MS Excel тренд для первого месяца рассчитывается по формуле:  $=507,87 * B_1 + 355,37$ , где  $B_1$  – порядковый номер месяца.

III. Получение разностей значений исходного ряда и тренда.

IV. Нахождение ежемесячной сезонной компоненты по формуле за все года:

$$SD_k = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_{kj} - T_{kj})}{m}, \quad (4)$$

где  $SD_k$  – сезонная компонента k-го месяца ( $k = 1...12$ );  $(Y_{kj} - T_{kj})$  – разность исходного ряда и сезонности k-го месяца j-го года за t лет.

В MS Excel сезонная компонента января будет равна: =СРЗНАЧ(F2;F14;F26), где F2, F14, F26 – разница между фактическим значением продаж и трендом за январь трех лет.

V. Построение модели как суммы тренда и сезонной компоненты.

В MS Excel смоделированное значение объема продаж за январь рассчитывают по формуле: =D2+E2, где D2 – значение тренда; E2 – значение сезонной компоненты.

VI. Получение прогнозных значений на один год путем продления на 12 наблюдений номеров месяцев, тренда, сезонной компоненты и модели.

VII. Построение графика начального временного ряда и модели для визуальной оценки ее качества.

На рис. 3 представлен результат выполнения алгоритма для компании №1 – график исходного ряда, модель и прогноз на один год.

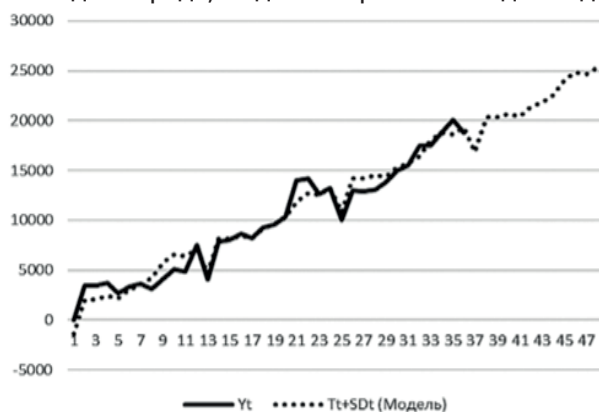


Рис. 3. Исходный ряд, модель и прогноз продаж компании № 1 (у.е.)

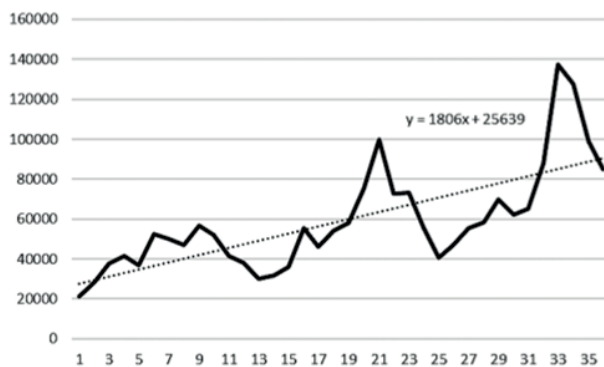


Рис. 4. Динамика продаж компании № 2 и ее линейный тренд (в у.е.)

В данном случае при построении модели продаж необходимо учесть сезонность, перейти к мультипликативной модели. Рассмотрим этапы построения мультипликативной модели, включая особенность применения средств MS Excel:

Построение и анализ графика временного ряда с целью определения тенденций в поведении системы, выявление сезонной компоненты, вывод уравнения тренда.

Получение значений линейного тренда. Значение тренда для первого месяца будет равно:  $= 1806 * B2 + 25639$ , где B2 – порядковый номер месяца.

Получение отношения исходного ряда и тренда.

Нахождение ежемесячной сезонной компоненты по формуле за все года:

$$SI_k = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \left( \frac{Y_{kj}}{T_{kj}} \right)}, \quad (5)$$

где:  $SI_k$  – сезонная компонента k-го месяца ( $k = 1 \dots 12$ ).

Построение модели путем умножения тренда и сезонной компоненты.

Модель за январь рассчитывается по формуле:  $= D2 * E2$ , где D2 – значение тренда; E2 – значение сезонной компоненты.

Получение прогнозных значений на один год за счет продления на 12 наблюдений номеров месяцев, тренда, сезонной компоненты и модели.

Построение графика исходного ряда и модели для визуальной оценки ее качества.

В результате был построен график исходного ряда, модели и прогноза на один год (рис. 5).

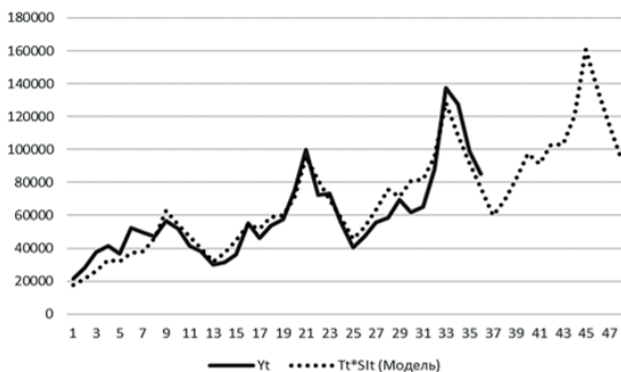


Рис. 5. Исходный ряд, модель и прогноз продаж компании №2 (у.е.)

### Заключение

Визуализация результатов построения моделей и прогнозов позволила оценить тренд-сезонные модели (на основании сравнения фактических и смоделированных значений продаж за последний год наблюдений). Таким образом, полученные прогнозы целесообразно применить для планирования маркетинговой деятельности компании и разработки стратегий. Построение подобных моделей дает возможность компаниям осуществлять

краткосрочный прогноз объемов продаж, необходимый для планирования ее управленческой деятельности.

Таким образом, результатом авторских исследований является методика построения краткосрочных прогнозов, объединившая математический аппарат тренд-сезонного моделирования и функционал встроенных функций и графических средств визуализации MS Excel, которые в совокупности позволяют получать достаточно точные прогнозные оценки при принятии управленческих решений.

### Список источников

1. Кумратова А.М., Попова Е.В., Попова М.И. Влияние сезонной и событийной составляющих на процессы планирования и управления туристскими потоками // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2014, no. 99, с. 1154-1165.
2. Кумратова А.М., Попова Е.В., Попов Г.И., Текеев Д.К., Курносова Н.С. Методы классической статистики в исследовании степени «рисковости» тренд-сезонных процессов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2014, no. 100, с. 1118-1137.
3. Давнис В.В., Зироян М.А., Комарова Е.В., Тинякова В.И. *Прогнозное обоснование инвестиционных решений на финансовых рынках*: монография. Москва, 2015.
4. Матвиенко Д.А. О возможности прогнозирования размера тарифов на коммунальные услуги // *Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы IX Международной научно-практической конференции*, 2013, с. 87-88.
5. Тормозова А.А., Замотайлова Д.А. Анализ методов определения оптимального размещения распределительных центров в логистике // *Информационное общество: современное состояние и перспективы развития: сборник материалов VIII международного форума*, 2017, с. 261-263.
6. Попова Е.В., Матвиенко Д.А., Савинская Д.Н., Попова М.И. Предпрогнозная оценка тарифов на коммунальные услуги // *Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы X международной научно-практической конференции*, 2014, с. 49-54.
7. Замотайлова Д.А., Резников В.В. О возможности разработки модели планирования и прогнозирования движения транспорта // *Результаты научных исследований: сборник статей Международной научно-практической конференции*, 2015, с. 226-228.
8. Попова Е.В., Кумратова А.М., Ямщиков В.Н. Особенности исследования тренд-сезонных процессов // *В сборнике: Поиск новой модели социально-экономического развития в условиях глобальных и локальных трансформаций. Сборник статей международной научно-практической конференции*. Под ред. Г.Б. Клейнера, Х.А. Константиныди, В.В. Сорокожердьева. Москва, АНО «Научно-исследовательский институт истории, экономики и права», 2018, с. 98-101.
9. Кумратова А.М., Попова Е.В., Попов Г.И., Текеев Д.К., Курносова Н.С. Методы классической статистики в исследовании степени «рисковости» тренд-сезонных процессов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 2014, no. 100, с. 1118-1137.
10. Кумратова А.М., Попова Е.В., Курносова Н.С., Попова М.И. Снижение экономического риска на базе предпрогнозного анализа // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 3 (63), с. 18-28.
11. Савинская Д.Н. *Моделирование и прогнозирование деятельности предприятий малого и среднего бизнеса на рынке НОД*: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Воронежский государственный университет. Краснодар, 2012.
12. Радонец В.А., Попок Л.Е. Предпро-

гнозный фазовый анализ эволюционного развития элементов товарного рынка // *Информационное общество: современное состояние и перспективы развития: сборник материалов XI международного студенческого форума*, 2018, с. 234-237.

13. Великанова Л.О., Луценко Е.В., Лойко В.И. *Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта*: монография. Краснодар, 2008.

---

# APPLICATION OF TREND-SEASONAL MODELS FOR TIME SERIES' RESEARCH AND FORECASTING

---

**Zamotajlova Daria Aleksandrovna**, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

**Savinskaya Dina Nikolaevna**, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

**Nedogonova Tatiana Alekseevna**, master.

The Federal state budget institution of higher education «Kuban state agrarian University» named after I.T. Trubilin, Kalinina st., 13, Krasnodar, Russia, 350044; e-mail: idalia@mail.ru; savi\_dinki@mail.ru; nedogonovat@gmail.com

*Purpose:* the authors consider the application of trend-seasonal models for the analysis of time series and their forecasting. The authors suggest using short-term forecasting models that have established themselves as high-precision tools when working with trend-seasonal time series. *Discussion:* the authors analyzed two temporary sets of sales volumes according to the objectives of the study. It is worth noting that the authors applied the additive and multiplicative forecasting models for their study due to the presence of a seasonal component in the time series under consideration. *Results:* the analysis of time series made it possible to forecast sales dynamics, which allows to identify the trends in their decline and growth, as well as to compare the forecast estimates of the applied models and the source data. The authors proposed a methodology for the formation of short-term forecasts, the basis for which was the mathematical apparatus of the trend-seasonal modeling, using the built in functions of the MS Excel spreadsheet processor and the graphical visualization tools available in it.

**Keywords:** forecasting, trend-seasonal models, additive model, multiplicative model, seasonality, time series.

## References

1. Kumratova A.M., Popova E.V., Popova M.I. Vliyanie sezonnoy i so-bytiynoy sostavlyayushchikh na protsessy planirovaniya i upravleniya turistskimi potokami [The influence of seasonal and event components on the planning and management for tourist flows]. *Politematicheskij setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 99, pp. 1154-1165. (In Russ.)
2. Kumratova A.M., Popova E.V., Popov G.I., Tekeev D.K., Kurnosova N.S. Metody klassicheskoy statistiki v issledovanii stepeni «riskovosti» trend-sezonnykh protsessov [Classical statistics methods in the study of the «riskiness» degree for trend-seasonal processes]. *Politematicheskij setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 100, pp. 1118-1137. (In Russ.)
3. Davnis V.V., Ziroyan M.A., Komarova E.V., Tinyakova V.I. *Prognoznoe obosnovanie investitsionnykh resheniy na finansovykh rynkakh* [Predictive justification of investment decisions in the financial markets]: monografiya. Moscow, 2015. (In Russ.)
4. Matvienko D.A. O vozmozhnosti prognozirovaniya razmera tarifov na kommunalnye uslugi [About the possibility of tariffs size forecasting for utilities].



*Ekonomicheskoe prognozirovanie: modeli i metody: materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2013, pp. 87-88. (In Russ.)

5. Tormozova A.A., Zamotailova D.A. Analiz metodov opredeleniya optimalnogo razmeshcheniya raspredelitelnykh tsentrov v logistike [Analysis of methods for determining the optimal placement of distribution centers in logistics]. *Informatsionnoe obshchestvo: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: sbornik materialov VIII mezhdunarodnogo foruma*, 2017, pp. 261-263. (In Russ.)

6. Popova E.V., Matvienko D.A., Savinskaya D.N., Popova M.I. Predprognoznaya otsenka tarifov na kommunalnyye uslugi [Pre-forecast assessment of tariffs for utilities]. *Ekonomicheskoe prognozirovanie: modeli i metody: materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2014, pp. 49-54. (In Russ.)

7. Zamotailova D.A., Reznikov V.V. O vozmozhnosti razrabotki modeli planirovaniya i prognozirovaniya dvizheniya transporta [On the possibility of developing a model for planning and predicting the movement of transport]. *Resulytaty nauchnykh issledovaniy: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2015, pp. 226-228. (In Russ.)

8. Popova E.V., Kumratova A.M., Yanshchikov V.N. Osobennosti issledovaniya trend-sezonnykh protsessov [Features of the trend-seasonal processes study] // *V sbornike: Poisk novoy modeli sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya v usloviyakh globalnykh i lokalnykh transformatsiy. Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Pod red. G.B. Kleinera, Kh.A. Konstantinidi, V.V. Sorokozherdyeva. Moscow, ANO «Nauchno-issledovatel'skiy institut istorii, ekonomiki i prava», 2018, pp. 98-101. (In Russ.)

9. Kumratova A.M., Popova E.V., Popov G.I., Tekeev D.K., Kurnosova N.S. Metody klassicheskoy statistiki v issledovanii stepeni «riskovosti» trend-sezonnykh protsessov [Classical statistics methods in the study of the «riskiness» degree for trend-seasonal processes]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 100, pp. 1118-1137. (In Russ.)

10. Kumratova A.M., Popova E.V., Kurnosova N.S., Popova M.I. Snizhenie ekonomicheskogo riska na baze predprognoznogo analiza [Reduction of economic risk on the basis of pre-forecast analysis]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2015, no. 3 (63), pp. 18-28. (In Russ.)

11. Savinskaya D.N. *Modelirovanie i prognozirovanie deyatel'nosti predpriyatiy malogo i srednego biznesa na rynke NOD* [Modeling and forecasting of small and medium-sized businesses in the HOD market]: dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet. Krasnodar, 2012. (In Russ.)

12. Radonets V.A., Popok L.E. Predprognoznyy fazovyy analiz evolyutsionnogo razvitiya elementov tovarnogo rynka [Pregnancy phase analysis of the evolutionary development for the product market]. *Informatsionnoe obshchestvo: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: sbornik materialov XI mezhdunarodnogo studentcheskogo foruma*, 2018, pp. 234-237. (In Russ.)

13. Velikanova L.O., Lutsenko E.V., Loiko V.I. *Prognozirovanie i prinyatie resheniy v rasteniyevodstve s primeneniem tekhnologii iskusstvennogo intellekta* [Forecasting and decision-making in crop production with the use of artificial intelligence technologies]: monografiya. Krasnodar, 2008. (In Russ.)