

Научная статья
УДК 004.942, 519.688
EDN ANJYYJ
DOI 10.17150/2713-1734.2024.6(2).198-208



В.И. Зоркальцев

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

М.Н. Полковская

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутский район, Российская Федерация*

В.Э. Матибарчук

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Модель выделения и прогнозирования составляющих временных рядов цен на сельскохозяйственную продукцию

Аннотация. Излагается математическая модель выделения из помесечных или поквартальных данных динамики цен на сельскохозяйственную продукцию трех составляющих. Одна из них тренд — общая тенденция изменения цены. Вторая — сезонные колебания, повторяющиеся с периодом, равным году, отклонения фактической цены от тренда. В модели предусмотрена возможность изменения с течением времени формы и амплитуды сезонных отклонений. Третья составляющая — остаточный член, который иногда интерпретируют как случайные отклонения. Оценка параметров, задающих конкретное выражение тренда и сезонных колебаний, осуществляется в модели путем минимизации взвешенной суммы квадратов отклонений. Приводится пример расчета на данной модели тренда и сезонных колебаний цены одного из видов сельскохозяйственной продукции за 2019–2023 гг.

Ключевые слова. Экономические риски в сельскохозяйственном производстве, тренд, динамика цен, сезонные колебания, экспоненциальные веса информативности.

Информация о статье. Дата поступления: 4 февраля 2024 г.; дата принятия к публикации: 23 мая 2024 г.; дата онлайн-размещения: 19 июня 2024 г.

Original article

V.I. Zorkaltsev

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

M.N. Polkovskaya

*Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
Molodezhny, Irkutsk District, Russian Federation*

V.E. Matibarchuk

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

Model for Identifying and Forecasting Components of Time Series of Prices for Agricultural Products

Abstract. A mathematical model for the allocation of monthly or quarterly data on the dynamics of prices for agricultural products of three components is presented.

One of them is the trend — the general trend of price changes. The second is seasonal fluctuations, repeated with a period equal to a year, deviations of the actual price from the trend. The model provides for the possibility of changing the shape and amplitude of seasonal deviations over time. The third component is the residual term, which is sometimes interpreted as random deviations. The estimation of parameters defining a specific expression of trend and seasonal fluctuations is carried out in the model by minimizing the weighted sum of squared deviations. An example of calculating the trend and seasonal fluctuations in the price of one of the types of agricultural products for 2019–2023 on this model is given.

Keywords. Economic risks in agricultural production, trend, price dynamics, seasonal fluctuations, exponential weights of informativeness.

Article info. Received 4 February, 2024; Accepted 23 May, 2024; Available online 19 June, 2024.

Введение

Сельскохозяйственное производство, как известно, относится к сферам рискованной экономической деятельности. Можно выделить два типа факторов риска. Во-первых, это риски связанные с природными явлениями, в том числе с климатическими неблагоприятными событиями — заморозками, засухами, обильными осадками и др. Детально природно-климатические факторы риска и их проявление в условиях Восточной Сибири исследуется в работах школы профессора Я.М. Иваньо [1].

Второй тип факторов риска сельскохозяйственного производства — экономические условия, прежде всего неоднозначность ценовых ситуаций. Этот фактор риска действует на этапе производства (например, возможные изменения цен на сельскохозяйственную технику, на горюче-смазочные материалы в предстоящем полевом сезоне), а также на этапе реализации продукции. Сельскохозяйственным производителям необходимо в весенний период сделать выбор, какие культуры на каких площадях они будут выращивать этим летом. При этом никто не знает точно, какие цены сложатся на разные виды культур в осенне-зимнем периоде, после сбора урожая.

В этой связи особую ценность приобретают исследования по прогнозированию динамики цен на ближайший год. Причем эта работа может стать одним из важнейших компонентов именно государственных органов власти, в частности, министерства сельского хозяйства Иркутской области, поскольку обеспечение устойчивого функционирования сельскохозяйственных предприятий является одной из приоритетных целей этих органов власти.

Одной из задач исследований и прогнозирования динамики цен на сельскохозяйственную продукцию является экономико-статистический анализ временных рядов цен, выделение в них отдельных составляющих. В качестве таких особых составляющих

временных рядов цен следует выделять: тренд, общую тенденцию в изменениях цен; сезонные колебания с периодом, равным году; случайные отклонения. Тематике выделения и прогнозирования составляющих временных рядов уделено большое внимание в экономико-математической литературе [2–9].

Одним из способов сравнительного исследования методов декомпозиции и прогнозирования составляющих является аксиоматический подход к выбору метода. В данной статье представлена модель декомпозиции временных рядов, предложенная ранее для исследований динамики изменения объемов потребления, производства и запасов энергоресурсов, при обосновании которой использовался аксиоматический подход [10]. Представляется, что данная модель может быть полезна и для анализа динамики цен на сельскохозяйственную продукцию.

Описание модели выделения тренда и сезонных колебаний в динамике цен

Пусть имеется временной ряд цены какого-то товара x_t для периодов времени $t = 1, \dots, T$. В качестве единичных периодов времени могут рассматриваться месяцы или кварталы года за ряд лет.

Уравнения модели задают связь между фактическим значением x_t , отдельно взятого ряда в период времени t , с его тремя составляющими: тренд y_t , сезонные колебания s_t , остаточный член ε_t . Основное уравнение модели:

$$x_t = y_t + s_t + \varepsilon_t, t = 1, \dots, T, \quad (1)$$

где y_t — тренд, гладкая кривая, отражающая эволютарные изменения исходного временного ряда x_t . Тренд выражается в форме полинома от времени —

$$y_t = \sum_{i=0}^n a_i t^i. \quad (2)$$

Здесь n — заданный параметр степени рассматриваемого при описании тренда полинома.

Составляющая s_t — представляет сезонные колебания. Эта функция является взвешенной суммой строго периодических, с периодом равным году, функций с весами t^i :

$$s_t = \sum_{i=0}^m s_i(t) t^i. \quad (3)$$

Здесь m — заданный параметр степени полинома в описании сезонных колебаний. Считается, что значение m не превосходит значение параметра n .

Периодическая функция $s_0(t)$ характеризует среднее значение сезонных колебаний. Функции $s_i(t)$, $i > 0$ определяют изменение формы и амплитуды сезонных колебаний от времени. Период колебаний этих функций равен году. Они заданы разложением в ряд Фурье

$$s_i(t) = \sum_{j=1}^{K/2} \alpha_{ij} \cos \frac{2\pi j t}{K} + \sum_{j=1}^{K/2-1} \beta_{ij} \sin \frac{2\pi j t}{K}, \quad (4)$$

где K — количество наблюдений ряда x_t в году ($K=4$ при квартальной статистике, $K=12$ — при месячной).

Для оценки параметров модели a_t , α_{ij} , β_{ij} используется метод наименьших квадратов:

$$\sum_{t=1}^T b_t \varepsilon_t^2 \rightarrow \min, \quad (5)$$

при условиях (1)–(4). Здесь b_t — заданные положительные числа, соотношения которых характеризуют соотношения информативности исходных данных отдельных периодов времени. В частном случае могут использоваться одинаковые для всех периодов времени веса информативности, которые можно полагать равными единице.

Приведенная модель может служить не только для анализа процессов в прошедшие периоды времени, но и для прогнозирования. Используя в приведенных формулах, после оценки параметров модели a_t , α_{ij} , β_{ij} , значения t большие, чем T будем получать прогнозы значений тренда, сезонных колебаний и цен (суммы указанных двух составляющих) на момент времени t .

Пример использования модели выделения составляющих временного ряда

Приведем результаты применения изложенной модели к данным о среднемесячных ценах на яйцо (за десяток) в Иркутской области за 2019–2023 гг.

В расчетах использовались следующие значения параметров: $n=2$, $m=1$, $K=12$, $T=60$. Коэффициенты a_t , α_{ij} , β_{ij} определяются в результате минимизации суммы квадратов отклонений (5) при условиях (1)–(4).

На рис. 1 представлены графики динамики изменения исходных цен и динамики изменения рассчитанной по модели суммы тренда и сезонных колебаний. Из этого рисунка видно, что за весь рассматриваемый пятилетний период происходил существенный рост цен на яйца. Это отражает прежде всего происходящий процесс общего роста цен, инфляции в стране. При этом отмечает-

ся и особое резкое возрастание цены на яйца во второй половине 2023 г. Можно отметить, что в период увеличения темпов инфляции обычно возрастает неравномерность роста цен [11]. Резкое возрастание во второй половине 2023 г. цен на яйца можно объяснить, как проявление такого эффекта.

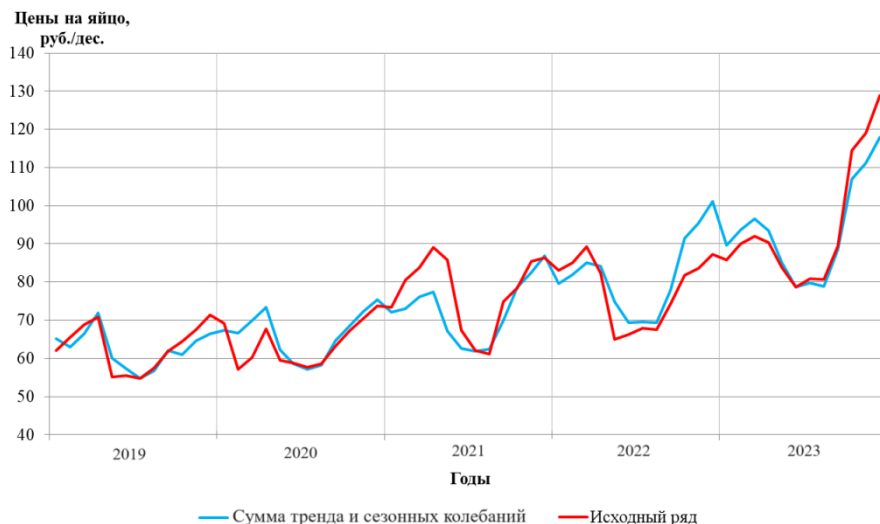


Рис. 1. Динамика среднемесячных цен за 2019–2023 гг. на яйцо в Иркутской области и сумма тренда с сезонными колебаниями выделенных в результате применения рассматриваемой модели

Общий рост цены на куриные яйца за рассматриваемые пять лет сопровождается снижениями цен в отдельные подпериоды года. Это снижение имеет явно выраженный периодически повторяющийся сезонный характер.

Согласно рис. 2 амплитуда сезонных колебаний ежегодно возрастает. При этом изменение цен по месяцам неравномерно. Цена на яйца снижается с мая по август, а затем начинает устойчиво повышаться до декабря. После некоторой стабилизации и некоторого падения цена возрастает к марту-апрелю. Это возрастание можно объяснить ростом спроса на яйца при подготовке к Пасхе. Самая высокая цена на яйцо — в декабре и в апреле, самая низкая — в июле-августе.

Значения остаточного члена можно интерпретировать как проявление случайного фактора в динамике помесечных изменений цен. На рис. 3 представлены распределения частот 60 значений остаточного члена на пять выделенных интервалов. Эта гистограмма может служить целям выбора закона распределения случайных отклонений цен при прогнозировании. Данный аспект нуждается в специальной дополнительной разработке.

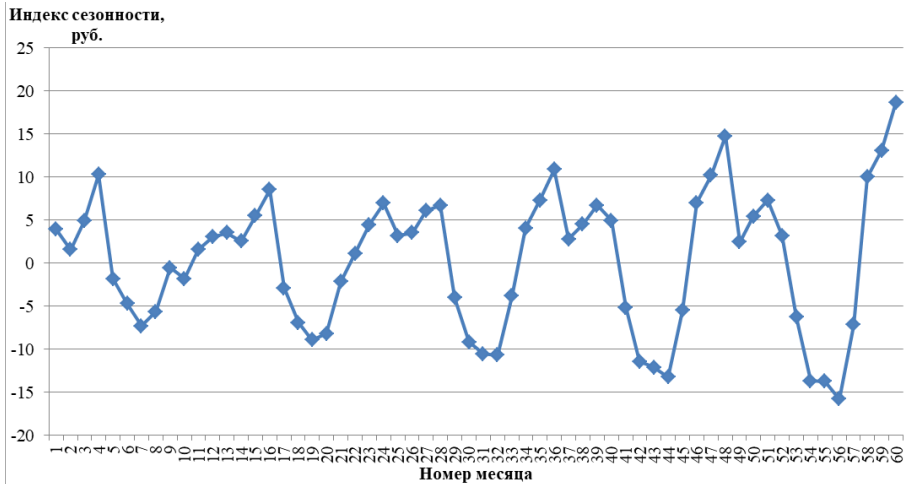


Рис. 2. Сезонные отклонения средних месячных цен на яйца в Иркутской области за 2019–2023 гг.

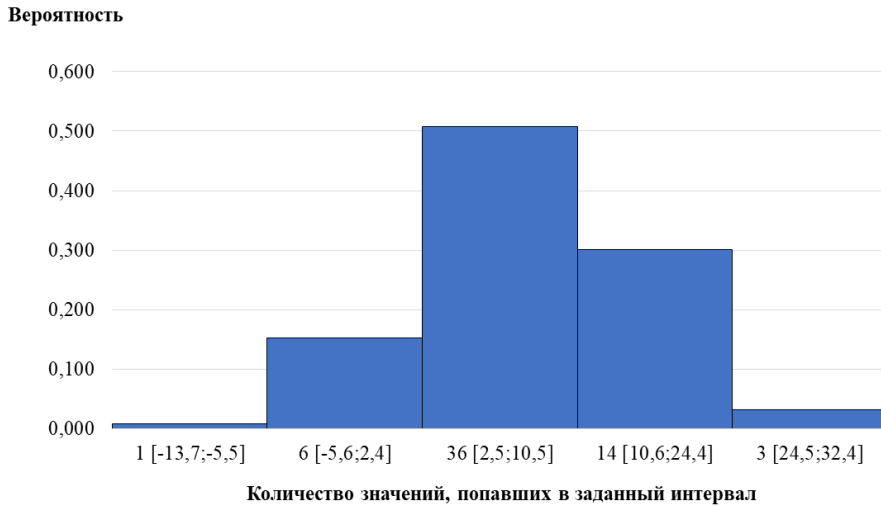


Рис. 3. Распределение частоты попадания значений остаточного члена в пять выделенных интервалов

Естественно, что исследование только динамики изменений цен за прошлые годы недостаточно для решения задач прогнозирования цен. Необходимо привлечение и другой информации, в частности, динамики цен в соседних регионах и даже на международных рынках. Можно, например, отметить, что яйцо, производимое в Иркутской области, реализуется в регионе по более высокой цене, нежели яйцо, ввозимое из соседних регионов (Алтайский край, Новосибирская область). Это делает целесообразным

при прогнозировании цены на яйца в Иркутской области учитывать прогнозы цен в этих регионах.

Варианты тренд-сезонной модели

Изложенная модель может иметь модификации. Приведем некоторые из них.

Экспоненциальные веса информативности. Веса информативности b_t позволяют учитывать как качественные, структурные изменения рассматриваемого ряда в прошлом, так и закономерные воздействия внешних факторов. Можно использовать экспоненциальные веса, отражающие старение данных с постоянным темпом:

$$b_t = e^{\lambda t}, \quad (6)$$

где e^{λ} — темп старения данных. Такие веса применялись в моделях анализа и краткосрочного (на год вперед) прогнозирования временных рядов потребления электроэнергии для Объединенного диспетчерского управления Сибири и при прогнозировании топливопотребления по министерствам и ведомствам СССР для Главного вычислительного центра Госснаба СССР [12].

При этом для оценки темпа старения данных использовались экстраполяции на прошедшие периоды времени (ретропрогнозы), по которым можно было оценивать точность прогнозов при разных значениях e^{λ} . Использовалось такое значение, при котором погрешность прогнозов, измеряемая среднеквадратическим отклонением прогнозного значения от фактического, будет минимальна. Для этого временной интервал $t = 1, \dots, T$ разбивается на два подинтервала. На исходных данных подинтервала $t = 1, \dots, R$, при $R < T$ осуществляется оценка параметров модели для заданного значения темпа старения данных. На данных подинтервала $t = R + 1, \dots, T$ производится оценка точности прогноза.

Выбираемый показатель λ определяется путем минимизации среднеквадратической ошибки прогноза:

$$\sigma(\lambda) = \left(\frac{1}{T - R} \sum_{t=R+1}^T (x_t - \hat{x}_t(\lambda))^2 \right)^{1/2}, \quad (7)$$

где $\hat{x}_t(\lambda)$ — оценка значений ряда x_t через сумму оценок тренда и сезонных колебаний по модели (1)–(6). Поиск наилучшего значения темпа старения данных осуществлялся методом золотого сечения [10].

Мультипликативная модель. Вместо аддитивной связи (1) между составляющими временного ряда может использоваться мультипликативная связь:

$$x_t = y_t \cdot s_t \cdot \varepsilon_t. \quad (8)$$

Существенное значение для мультипликативной модели имеет тот факт, что цены являются величинами положительными. Логарифмируя выражение (8) придем к аддитивной форме выражения логарифмов исходного ряда через логарифмы тренда, сезонных колебаний и остаточного члена. Это позволяет использовать модель (1)–(5) для логарифма значений исходного ряда цен.

От получаемых результатов в логарифмической шкале в результате вычисления экспонент можем вычислять в исходной шкале значения тренда, сезонных отклонений и остаточного члена. Отметим, что в выражении (1) размерность исходного ряда имеет параметр выражающий тренд. Сезонные колебания и остаточный член являются безразмерными величинами, выражающими регулярные, с периодом равным году, и случайные отклонения от тренда. Более подробно мультипликативная модель выделения составляющих временного ряда рассмотрена в статье [13]. Описанный выше пример показывает, что для динамики цен более устойчивыми являются не абсолютные сезонные отклонения, а относительные: амплитуда сезонных колебаний цен возрастает с ростом их уровня. Этот, вполне объяснимый, факт свидетельствует в пользу использования при анализе и прогнозировании цен мультипликативной модификации модели.

Другие формы описания тренда. Использование полиномов от времени (2) при описании тренда сильно снижает возможности применения данной модели и ее мультипликативной модификации для временных рядов с изменяющимися направлениями и интенсивностями возрастания или убывания цен в прошедшие периоды времени. Есть целесообразность в рассмотрении возможностей использования для задания тренда других зависимостей, в частности, сплайнов [14].

Основные выводы

1. Сельскохозяйственное производство осуществляется в условиях воздействия случайных факторов. Наряду с природно-климатическими факторами, влияющими на урожайность различных культур, большое значение имеют экономические случайные факторы. Прежде всего, объективно существующая неопределенность цен в период реализации сельскохозяйственной продукции. Поэтому важное значение для сельскохозяйственного производства имеет проведение исследований по прогнозированию уже в весеннем периоде ожидаемой динамики цен на отдельные виды сельскохозяйственной продукции в осенне-зимних периодах после сбора урожая. Эти прогнозы должны составлять одну из важнейших составляющих деятельности государственных органов власти в сельском хозяйстве, в том числе, например, министерства сельского хозяйства Иркутской области.

2. Одной из задач в исследованиях динамики цен на сельскохозяйственную продукцию является разработка специальных методов для выделения и прогнозирования отдельных составляющих в этой динамике — тренда, сезонных колебаний, случайных отклонений. Для этих целей может быть использована изложенная в данной статье модель декомпозиции временного ряда. Изучение возможностей применения описанной модели декомпозиции и прогнозирования временных рядов, разработка и выбор ее модификаций является целью дальнейших исследований.

Список использованной литературы

1. Математические и цифровые технологии оптимизации производства продовольственной продукции / Я.М. Иванько, П.Г. Асалханов, М.Н. Барсукова [и др.]. — Молодежный : Изд-во ИРГАУ им. А.А. Ежевского, 2021. — 219 с. — EDN OOVACG.
2. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. — Москва : Мир, 1976. — 756 с.
3. Башарина О.Ю. Методика выявления и прогнозирования составляющих временных рядов природно-климатических показателей / О.Ю. Башарина, А.Г. Феоктистов. — EDN HAPIEY // Прорывные научные исследования как двигатель науки : междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 05 марта 2021 г. — Уфа, 2021. — С. 20–24.
4. Борисевич М.Н. К вопросу о сезонной и периодической составляющих временного ряда в аналитической экономике и прогнозировании (часть 1) / М.Н. Борисевич. — EDN MREQGD // Тенденции экономического развития в XXI веке : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 01 марта 2022 г. — Минск, 2022. — С. 145–149.
5. Катаева Е.С. Прогнозирование временных рядов с сезонной составляющей / Е.С. Катаева, А.Ю. Якимук. — EDN WATHUH // Новые информационные технологии в исследовании сложных структур : тез. докл. : материалы XIV междунар. конф., п. Листвянка, 19-24 сент. 2022 г. — Томск, 2022. — С. 51–52.
6. Одияко Н.Н. Применение аддитивной и мультипликативной моделей прогнозирования / Н.Н. Одияко., Н.Ю. Голодная. — EDN RNLSEB // Экономика и предпринимательство. — 2013. — № 12-1 (41). — С. 667–674.
7. Floyd J.E. Statistics for Economists: a Beginning / J.E. Floyd. — Toronto : University of Toronto, 2010. — 292 p.
8. Harris R. Applied Time Series Modelling and Forecasting / R. Harris, R. Sollis. — New York : John Wiley & Sons Ltd, 2003. — 316 p.
9. Applied Time Series Analysis with R / W.A. Woodward, H.L. Gray, A.C. Elliott. — 2nd ed. — CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. — 618 p.
10. Зоркальцев В.И. Обоснование выбора регрессионной модели для анализа и прогнозирования процессов топливоснабжения с сезонной составляющей / В.И. Зоркальцев // Известия Академии наук СССР. Энергетика и транспорт. — 1978. — № 3. — С. 135–143.
11. Зоркальцев В.И. Индексы цен и инфляционные процессы / В.И. Зоркальцев. — Новосибирск : Наука, 1996. — 279 с. — EDN QBWRWF.
12. Зоркальцев В. И. Методы прогнозирования и анализа эффективности функционирования системы топливоснабжения / В. И. Зоркальцев. — Москва : Наука, 1988. — 284 с.
13. Зоркальцев В.И. Мультипликативная модель выделения составляющих временных рядов / В.И. Зоркальцев, М.Н. Полковская. — DOI 10.15372/SJNM20220202. — EDN JHUWXG // Сибирский журнал вычислительной математики. — 2022. — Т. 25, № 2. — С. 111–127.

14. Устинова И.Г. Сплайновая оценка тренда временного ряда при случайном числе данных в моменты измерений / И.Г. Устинова, Е.Г. Пахомова. — DOI 10.17223/19988621/33/3. — EDN TOFAID // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. — 2015. — № 1 (33). — С. 20–36.

References

1. Ivan'o Ya.M., Asalkhanov P.G., Barsukova M.N., Belyakova A.Yu., Bendik N.V. (et al.). *Mathematical and Digital Technologies for Optimizing Food Production*. Molodezhnyi, Irkutsk State University of Agriculture Publ., 2021. 219 p. EDN: OOVACG.
2. Anderson T.W. *The Statistical Analysis of Time Series*. New York, Wiley, 1971. 720 p. (Russ. ed.: Anderson T.W. *The Statistical Analysis of Time Series*. Moscow, Mir Publ., 1976. 756 p.).
3. Basharina O.Yu., Feoktistov A.G. Methodology for identifying and forecasting components of time series of natural and climatic indicators. In Breakthrough scientific research as the engine of science. *International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, March 05, 2021*. Ufa, 2021, pp. 20–24. (In Russian). EDN: HAPIEY.
4. Borisevich M.N. To the Question of Seasonal and Periodic Components of the Time Series in Analytical Economics and Forecasting (Part 1). In *Economic Trends in the 21st Century. Materials of the IV International Scientific Conference. Minsk, March 01, 2022*. Minsk, 2022, pp. 145–149. (In Russian). EDN: MREQGD.
5. Kataeva E.S., Yakimuk A.Y. Seasonal Time Series Forecasting. In *New information technologies in the study of complex structures. Materials of the XIV International Conference, Listvyanka village, September 19-24, 2022*. Tomsk, 2022, pp. 51–52. (In Russian). EDN: WATHUH.
6. Odiyako N.N., Golodnaya N.Yu. The Use of the Additive and Multiplicative Models Forecasting. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2013, no. 12-1, pp. 667–674. (In Russian). EDN: RNLSEB.
7. Floyd J.E. *Statistics for Economists: a Beginning*. Toronto, University of Toronto, 2010. 292 p.
8. Harris R., Sollis R. *Applied Time Series Modelling and Forecasting*. New York, John Wiley & Sons Ltd, 2003. 316 p.
9. Woodward W.A., Gray H.L., Elliott A.C. *Applied Time Series Analysis with R*. 2nd ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. 618 p.
10. Zorkaltsev V.I. Justification for choosing a regression model for analyzing and forecasting fuel supply processes with a seasonal component. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Ehnergetika i transport = Herald of the USSR Academy of Sciences. Energy and Transport*, 1978, no. 3, pp. 135–143. (In Russian).
11. Zorkaltsev V.I. Price Indices and Inflation. Novosibirsk, Nauka Publ., 1996. 279 p. EDN: QBWRWF.
12. Zorkaltsev V.I. *Methods for forecasting and analyzing the efficiency of the heat supply system*. Moscow, Nauka Publ., 1988. 284 p.
13. Zorkaltsev V.I., Polkovskaya M.N. A Multiplicative Model for the Identification of Time Series Components. *Sibirskij zhurnal vychislitel'noj matematiki = Siberian Journal of Numerical Mathematics*, 2022, vol. 25, no. 2, pp. 111–127. (In Russian). EDN: JHUWGX. DOI: 10.15372/SJNM20220202.
14. Ustinova I.G., Pakhomova E.G. Spline Estimate of the Time Series Trend for a Random Number of Data at Measurement Instants. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika = Tomsk State University Journal. Mathematics and Mechanics*, 2015, no. 1, pp. 20–36. (In Russian). EDN: TOFAID. DOI: 10.17223/19988621/33/3.

Информация об авторах

Зоркальцев Валерий Иванович — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией математического моделирования, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: vizork@mail.ru.

Полковская Марина Николаевна — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и математического моделирования, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия, e-mail: polk_mn@mail.ru.

Матибарчук Владислав Эдуардович — аспирант, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: matibarchuk@mail.ru.

Information about the Authors

Valeriy I. Zorkaltsev — D.Sc. in Technical Sciences, Professor, Head of the Mathematical Modeling Laboratory, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: vizork@mail.ru.

Marina N. Polkovskaya — PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Science and Mathematical Modeling, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny, Irkutsk District, Russian Federation, e-mail: polk_mn@mail.ru.

Vladislav E. Matibarchuk — PhD Student, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: matibarchuk@mail.ru.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Для цитирования

Зоркальцев В.И. Модель выделения и прогнозирования составляющих временных рядов цен на сельскохозяйственную продукцию / В.И. Зоркальцев, М.Н. Полковская, В.Э. Матибарчук. — DOI 10.17150/2713-1734.2024.6(2).198-208. — EDN АНЖУУ // System Analysis & Mathematical Modeling. — 2024. — Т. 6, № 2. — С. 198–208.

For Citation

Zorkaltsev V.I., Polkovskaya M.N., Matibarchuk V.E. Model for Identifying and Forecasting Components of Time Series of Prices for Agricultural Products. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2024, vol. 6, no. 2, pp. 198–208. (In Russian). EDN: АНЖУУ. DOI: 10.17150/2713-1734.2024.6(2).198-208.