

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ COMPUTER SIMULATION HISTORY

УДК 338.431: 519.233

DOI

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ С УЧЕТОМ СЕЗОННОСТИ ЦЕН

### MODELING OF PRODUCTION OF AGRARIAN PRODUCT TAKING INTO ACCOUNT THE PRICE SEASONALITY

**Т.С. Бузина, М.Н. Полковская****T.S. Buzina, M.N. Polkovskaya**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
Россия, 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,  
Molodezhnyi, Irkutsk district, Irkutsk region, 664038, Russia

E-mail: [buzinats@mail.ru](mailto:buzinats@mail.ru), [polk\\_mn@mail.ru](mailto:polk_mn@mail.ru)

#### Аннотация

Статья посвящена моделированию производства сельскохозяйственной продукции с учетом сезонности цен. Для выделения составляющих временных рядов цен на сельскохозяйственную продукцию (тренда и сезонной составляющей) использована модель «Кассандра», основанная на использовании метода наименьших квадратов. С помощью модели «Кассандра» получено линейное уравнение тренда, согласно которому цена на картофель имеет тенденцию роста. Оценка сезонной компоненты показывает, что цена на картофель повышается с ноября по июль, затем происходит ее снижение. Разница между ценами на картофель в октябре и июле составляет примерно 11 руб./кг, что объясняется появлением на рынке местной продукции. Трендовая модель использована для прогнозирования цен на картофель на 2019 г., при этом значение, спрогнозированное с помощью тренда, суммируется с сезонной компонентой. Для оптимизации реализации аграрной продукции предложены модели линейного программирования с детерминированными и случайными параметрами, а также параметрическая модель с учетом возможного наличия трендов в рядах производственно-экономических параметров и тренд-сезонных моделей, описывающих цены. Оптимизационная задача с учетом тренд-сезонной модели для квартальных цен на картофель решена на примере ЗАО «Иркутские семена». Согласно результатам решения задачи 50 % всей реализованной продукции необходимо реализовать осенью, поскольку хранение картофеля требует дополнительных затрат, 10 % – во втором квартале, 17 % – в третьем, а 20 % – необходимо сохранить до лета.

#### Abstract

The article is devoted to modeling agricultural production taking into account seasonality of prices. Various approaches have been described to increase the efficiency of potato production, which include increasing productivity by using high-quality seeds and high-precision technologies, as well as increasing economic efficiency by increasing the sale of seed and early potatoes. In addition to the above approaches to improving the efficiency of potato production, it is proposed to use optimal potato sales plans obtained taking into account price volatility. To identify the components of the time series of prices for agricultural products (trend and seasonal component), the «Cassandra» model was used, based on the use of the least squares method. Based on the «Cassandra» model, a linear trend equation is obtained, according to which



the price of potatoes tends to increase. According to the seasonal component, the price of potatoes rises from November to July, then it decreases. The difference between potato prices in October and July is about 11 rubles / kg, which is explained by the appearance of local products on the market. The trend model is used to forecast potato prices for 2019, while the value predicted by the trend is summed with the seasonal component. To optimize the implementation of agricultural products, linear programming models with deterministic and random parameters are proposed, as well as a parametric model taking into account the possible presence of trends in the series of production and economic parameters and trend-seasonal models that describe prices. The optimization problem, taking into account the trend-seasonal model for quarterly potato prices, has been solved using the example of «Irkutsk Seeds». According to the results of solving the problem, 50% of all sold products must be sold in the fall, since the storage of potatoes requires additional costs, 10% in the second quarter, 17% in the third, and 20% must be kept until the summer.

**Ключевые слова:** моделирование аграрного производства, модель «Кассандра», тренд, сезонная компонента, оптимизация реализации продукции.

**Keywords:** agricultural production modeling, «Cassandra» model, trend, seasonal component, product sales optimization.

---

## Введение

Развитие аграрного производства в Иркутской области и в целом по стране в последние годы приобретает все большую значимость. Сельское хозяйство играет важную роль в обеспечении ресурсами самого сельского хозяйства и иных отраслей экономики, а также снабжении товарами и услугами населения и корпоративного сектора. Помимо этого, аграрный сектор экономики задействован в обеспечении продовольственной безопасности страны [Лаптев, Филина, 2019].

В работах [Малявко, Торилов, 2012; Смирнов, 2016] для увеличения урожайности картофеля предложено использовать высокоточные технологии и подбирать технологические операции при подготовке почвы в зависимости от предшественников.

В статье [Новиков, 2012] обозначена проблема сбыта и переработки картофеля. По мнению автора, развитие картофелепродуктового подкомплекса в регионе повлечет повышение экономической эффективности производства за счет внедрения передовых технологий возделывания картофеля, применения высококачественных семян и полной механизации всех процессов. Развитие производства картофеля в коллективных хозяйствах будет направлено на первичную переработку картофеля, включающую мойку, фасовку и упаковку, а также экспорт картофеля в близлежащие страны и его реализацию в другие регионы.

В работе [Аникиенко, 2016] доказана экономическая эффективность изменения структуры реализации картофеля в ЗАО «Иркутские семена» за счет увеличения реализации семенного и раннего картофеля.

В статье [Изосимова, Ананич, 2016] эффективность производства картофеля может быть повышена за счет оптимизации сортовой структуры по спелости и соблюдения рекомендуемых в статье сроков уборки.

При этом целью деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя является не только производство большого объема продукции, но и ее сбыт по более выгодной цене. При прогнозировании цен на сельскохозяйственную продукцию следует учитывать целый набор факторов, влияющих на ее формирование: сезонные колебания; уровень и структуру затрат на производство сельскохозяйственной продукции; динамику мировых цен; климатические факторы и др. В случае наличия у предприятия овощехранилищ произведенную продукцию можно реализовать более выгодно в период повышения цен. В связи с этим целью работы является решение задачи оптимизации реализации сельскохозяйственной продукции с учетом сезонности цен [Тульчев, Лукин, 2008].

## Материалы и методы

Для прогнозирования цен использована статистическая информация о средних месячных ценах на картофель за 2003–2018 гг. по Иркутской области. На основании модели «Кассандра» выделены тренд, сезонная составляющая и остаточный компонент ряда исследуемого параметра.

С помощью симплекс-метода получен оптимальный план реализации картофеля в ЗАО «Иркутские семена» по кварталам. При решении задачи оптимизации использована бухгалтерская отчетность рассматриваемого предприятия, в частности форма № 9-АПК «Отчет о производстве, затратах, себестоимость и реализации продукции растениеводства» за 2018 год.

### Прогнозирование цен на аграрную продукцию

Проблема выделения и прогнозирования составляющих многолетнего временного ряда какого-либо показателя возникает в различных областях прикладных исследований [Floyd, 2014; Henshaw, 1966; Kinsey, 1999; Polkovskaya, 2019]. В частности, в работе [Зоркальцев, 2014] для оценки тренда и сезонной составляющей ряда средних месячных цен на картофель использована модель «Кассандра», основанная на использовании метода наименьших квадратов.

Уравнение модели описывает составляющие временного ряда  $x_t$  в определенный период времени  $t$ : тренд  $y_t$ , сезонные колебания  $s_t$ , остаточный член  $\varepsilon_t$ :

$$x_t = y_t + s_t + \varepsilon_t. \quad (1)$$

Тренд выражается в форме полинома от времени –

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

Функция  $s_t$  представляет собой сумму строго периодических функций с весами  $t^i$ :

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

где  $s_0(t)$  – периодическая функция, описывающая среднее значение сезонных изменений  $s_i(t)$ ,  $i > 0$  – функции, отражающие вариацию амплитуды и формы сезонных колебаний в зависимости от времени. Период колебаний функций, заданных разложением в ряд Фурье, равен году

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

где  $K$  – число значений ряда  $x_t$  в году (для квартальных данных  $K = 4$ , для данных по месяцам  $K = 12$ ).

Для оценки параметров модели  $a_i$ ,  $\alpha_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$  используется метод наименьших квадратов. При этом в минимизируемую целевую функцию задачи линейного программирования введены веса информативности исходных данных

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

при условиях (1)–(2). Веса информативности  $b_t$  применяются для учета качественных структурных изменений рассматриваемого ряда в прошлом и закономерных воздействий внешних факторов. При отсутствии информации о внешних воздействиях целесообразно использовать экспоненциальные веса, отражающие старение данных с постоянным темпом

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

где  $b^{\lambda}$  – темп старения данных.

В ходе выделения компонентов ряда цен на картофель получено линейное уравнение тренда

$$y_t = 0,129t + 9,18, \quad (7)$$

согласно которому цена на картофель имеет тенденцию роста.

Оценка индекса сезонности показывает, что цена на картофель повышается с ноября по июль, затем происходит ее снижение (рис.). Разница между ценами на картофель в октябре и июле составляет примерно 50 % (около 11 руб./кг), что объясняется появлением на рынке местной продукции.

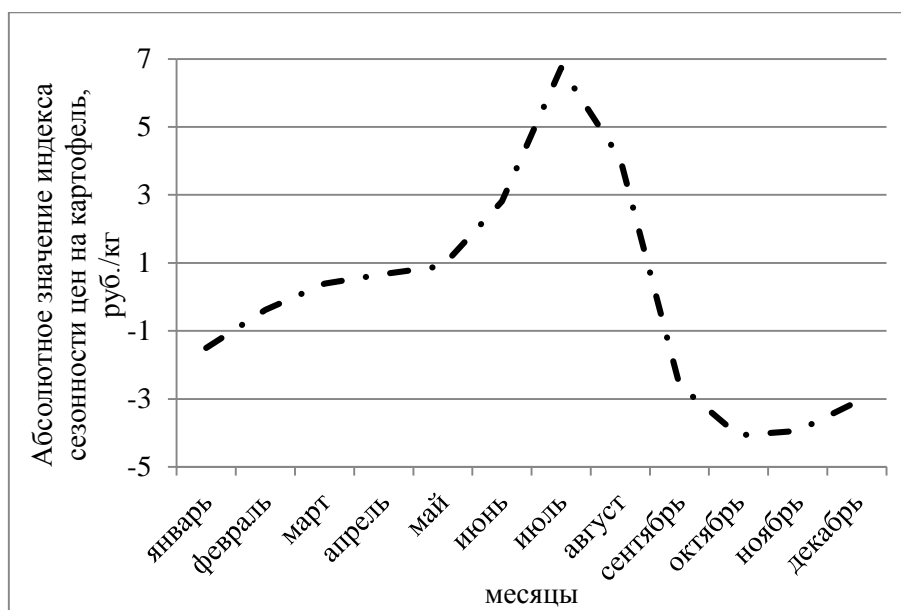


Рис. Сезонная компонента рядов средних месячных цен на картофель по Иркутской области за 2003–2018 гг.

Fig. The seasonal component of the series of average monthly potato prices in the Irkutsk region for 2003–2018

Поскольку полученная трендовая модель является точной и адекватной, она использована для прогнозирования цен на картофель. При этом к каждому значению, спрогнозированному с помощью тренда, прибавляется сезонная компонента.

### Оптимизация реализации аграрной продукции

Деятельность аграрного предприятия, как и предприятия любой отрасли, зависит от прибыли, которая в свою очередь формируется, как разница между затратами на производство продукции и выручкой от ее реализации. Особенностью производства сельскохозяйственной продукции, особенно растениеводческой, является сложность ее хранения. При хранении продукции предприятие получает не только затраты на обслуживание складов, но и естественную убыль продукции, в частности, от потери веса и порчи. В то же время стоимость картофеля с наступлением холодов возрастает. В работе предложена модель оптимизации реализации продукции с учетом сезонности цен.

Математическая модель задачи выглядит следующим образом. Критерий оптимальности – максимум прибыли от реализации продукции:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $c_{ij}$  – прибыль от реализации  $i$ -го вида продукции в  $j$ -й период времени,  $x_{ij}$  – искомая переменная – объем реализации  $i$ -го вида продукции в  $j$ -й период времени.

При условиях:

1) ограниченности производственных ресурсов:

$$\sum_{i \in I} v_{si} p_i \leq V_s \quad (s \in S), \quad (2)$$

где  $v_{si}$  – расход  $s$ -го ресурса на единицу площади  $i$ -й культуры,  $p_i$  – площадь  $i$ -й культуры,  $V_s$  – объем  $s$ -го ресурса;

2) ограниченности размера растениеводческой отрасли:

$$\underline{n} \sum_{i \in I} (1 + \eta_i) p_i \leq \bar{n}, \quad (3)$$

где  $\underline{n}, \bar{n}$  – минимальное и максимальное значение площади посевов культур,  $\eta_i$  – коэффициент, отражающий площадь, выделенную под посев семян  $i$ -й культуры;

3) соблюдения соотношения между валовой и товарной продукцией:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = \sum_{i \in I} y_i p_i, \quad (4)$$

где  $y_i$  – урожайность  $i$ -й культуры.

4) ограничения максимального значения себестоимости продукции относительно выручки от реализации:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} l_{ij} x_{ij} \leq w, \quad (5)$$

где  $l_{ij}$  – себестоимость единицы  $i$ -й продукции в  $j$ -й период,  $w$  – выручка.

5) ограниченности ресурсов на хранение продукции

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} v'_{sij} x_{ij} \leq V'_s \quad (s \in S), \quad (6)$$

где  $v'_{sij}$  – расход  $s$ -го ресурса на единицу  $i$ -й товарной продукции в  $j$ -й период времени,  $V'_s$  – объем  $s$ -го ресурса;

6) получения гарантированной выручки

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} b_{ij} x_{ij} \leq B, \quad (7)$$

где  $b_{ij}$  – стоимость  $i$ -й товарной продукции в  $j$ -й период времени,  $B$  – средняя выручка предприятия за определенный период;

7) неотрицательности переменных

$$x_{ij} \geq 0. \quad (8)$$

Для планирования аграрного производства используются, как правило, детерминированные модели, параметры которых являются усредненными величинами [Гатаулин и др., 1990; Новиков, Колузанов, 1975; Петров и др., 1996; Шарипов, 2007; Шиндин, 2003; Федосеев и др., 1999]. В реальных условиях параметры, входящие в ограничения и целевую функцию модели (урожайность, затраты труда, затраты на ГСМ и др.) являются неопределенными. При этом случайные величины могут описываться законом распределения вероятностей, а при недостаточной информации – в виде интервала (верхних и нижних оценок) [Левин, 2015, 1999; Бузина и др., 2019]. Если параметры являются случайными, ограничения (2), (3), (5) будут записаны так:

$$\sum_{i \in I} v_{si}^p p_i \leq V_s \quad (s \in S), \quad (9)$$

где  $v_{si}^p$  – расход  $s$ -го ресурса на единицу площади  $i$ -й культуры, соответствующий некоторой вероятности;

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = \sum_{i \in I} y_i^p p_i, \quad (10)$$

где  $y_i^p$  – урожайность  $i$ -й культуры, соответствующая некоторой вероятности;

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} v_{sij}^p x_{ij} \leq V_s' \quad (s \in S), \quad (11)$$

где  $v_{sij}^p$  – расход  $s$ -го ресурса на единицу  $i$ -й товарной продукции в  $j$ -й период, соответствующий некоторой вероятности.

При наличии в задаче (1)–(8) ограничений (9)–(11), содержащих случайные переменные, для ее решения применяется метод статистических испытаний. При этом решения задачи соответствуют некоторой вероятности, представляющей собой сумму вероятностей значений случайных величин (урожайности, трудовых ресурсов и др.). Формула для расчета суммы вероятности двух случайных величин выглядит следующим образом

$$\xi\left(\sum_{k=1}^K p_k\right) = \sum_{k=1}^K \xi p_k - \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{j=k+1}^K \xi(p_k p_j) + \sum_{k=1}^{K-2} - \dots + (-1)^{n-1} \xi\left(\prod_{k=1}^K p_k\right), \quad (12)$$

где  $P_1 = \int_0^{x_1} p_1(x_1) dx_1$ ,  $P_2 = \int_0^{x_2} p_2(x_2) dx_2$ , ...,  $P_K = \int_0^{x_K} p_K(x_K) dx_K$ .

Функция распределения непрерывной случайной величины может быть выражена в виде интеграла:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_K) = \int_{-\infty}^{x_K} \int_{-\infty}^{x_{K-1}} \dots \int_{-\infty}^{x_1} p(x_1, x_2, \dots, x_K) dx_1 dx_2 \dots dx_K. \quad (13)$$

В случае если выполняется условие

$$p(x_1, x_2, \dots, x_K) = p_1(x_1) p_2(x_2) \dots p_K(x_K), \quad (14)$$

непрерывные случайные величины, входящие в систему, являются независимыми.

Тогда формула (12) примет вид

$$P(x_1, x_2, \dots, x_K) = \int_{-\infty}^{x_K} \int_{-\infty}^{x_{K-1}} \dots \int_{-\infty}^{x_1} p_1(x_1) p_2(x_2) \dots p_K(x_K) dx_1 dx_2 \dots dx_K. \quad (15)$$

Приведенная формула (15) является произведением вероятностей, содержащихся в выражении (12).

Второй вид неопределенности параметров возникает, когда ряды исходных данных представляют собой короткие и неоднородные выборки, ограничения задачи (1)–(8) при этом являются интервальными. Причем интервальными могут быть не только параметры, входящие в левые части ограничений, но и в целевую функцию.

В некоторых случаях урожайность сельскохозяйственных культур ( $y_i$ ) и стоимость товарной продукции  $b_{ij}$  могут быть описаны с помощью авторегрессионных, трендовых моделей и с учетом сезонности [Барсукова, Иваньо, 2017]. При этом параметры, входящие в условия (3) и (7), связаны с параметром  $t$ :

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = \sum_{i \in I} y_i(t) p_i, \quad (16)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} b_{ij}(t) x_{ij} \leq B, \quad (17)$$

где  $t$  – функциональная зависимость: предшествующее значение ряда, параметр времени или тренд с учетом сезонности.

Переменные  $y_i$  и  $b_{ij}$  в ограничениях (16), (17) могут быть описаны следующими зависимостями:

$$y_i = a_{0i} + a_{1i}t_1 + a_{2i}t_2 + \dots + a_{mi}t_m, \quad (18)$$

$$y_i = a_{0i} + a_{1i}y_{t-\tau}, \quad (19)$$

$$b_{ij} = f_{ij} + s_{ij}. \quad (20)$$

Здесь  $a_{0i}$  – свободный член уравнения,  $a_{mi}$  – коэффициенты при неизвестной переменной  $t_m$ ,  $t_m$  – номер периода (месяца, квартала),  $y_{t-\tau}$  – предыдущее значение многолетнего ряда со сдвигом  $\tau$ ,  $f_{ij}$  – компонента, описывающая тренд,  $s_{ij}$  – компонента, описывающая сезонные колебания.

### Решение задачи реализации аграрной продукции с учетом сезонности цен

Для расчета возможного дохода ЗАО «Иркутские семена» при рациональной реализации картофеля в течение года, построена оптимизационная модель. При этом квартальные цены на картофель рассчитаны на основании модели «Кассандра», описанной выше.

Задача (1)–(7) с учётом (20) решена для показателей по урожайности картофеля и площади посева за 2018 г. В таблице приведены результаты решения задачи при различных вариантах цен реализации в зависимости от квартала.

Таблица 1  
Table 1

Результаты решения задачи оптимизации объема ежеквартальной реализации картофеля  
The results of solving the problem of optimizing the volume of quarterly sales of potatoes

Урожайность, ц/га	Площадь посева, га	Объем реализации, ц / Цена тыс. руб./ц				Прибыль, тыс. руб.
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	
155,4	560	32752/ 1,3	5904/ 1,8	10760/ 1,9	12744/ 1,6	25543,2

Из таблицы следует, что более 50 % всей произведенной продукции необходимо реализовать осенью, поскольку хранение картофеля требует дополнительных затрат. Во втором квартале объем реализации составил 5904 ц (10 %), а в третьем – 10760 ц (17 %). Повышение цены весной связано, в частности, с увеличением спроса на семенной картофель. 20 % произведенной продукции, согласно модели, необходимо сохранить до лета.

### Заключение

В работе на основании модели «Кассандра» получен прогноз средних цен на картофель в Иркутской области. Предложены модели оптимизации реализации аграрной продукции с детерминированными и стохастическими параметрами и параметрическая модель с учетом наличия авторегрессионных, трендовых зависимостей и сезонности. Построена модель оптимизации объемов ежеквартальной реализации картофеля по данным ЗАО «Иркутские семена». По полученным результатам 53 % урожая хозяйство должно реализовать осенью, после сбора урожая; 10 % – зимой; 17 % – весной, когда спрос увеличивается из-за потребности в семенах; 20 % – летом.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 19-07-00322.*

*This work was supported by RFBR grant No № 19-07-00322.*

## Список литературы References

1. Аникиенко Н.Н. 2016. Экономическая эффективность производства картофеля в ЗАО «Иркутские семена» Иркутского района Иркутской области. Новая наука: От идеи к результату, 12–1: 17–23.
2. Барсукова М.Н., Иваньо Я.М. 2017. Приложения параметрического программирования для решения задач оптимизации получения продовольственной продукции. Вестник ИрГТУ, 4: 57–66.
3. Бузина Т.С., Окладчик С.А., Полковская М.Н. 2019. Оптимизация размещения посевов сельскохозяйственных культур с учетом изменчивости цен. Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА», 92: 17–24.
4. Гатаулин А.М., Гаврилов Г.В., Сорокина Т.М. 1990. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве. М., Агропромиздат, 432.
5. Зоркальцев В.И. 2014. Элементы оптимизации. Иркутск, ИСЭМ СО РАН, 99.
6. Изосимова Т.Н., Ананич И.Г. 2016. Оптимизация основных факторов повышения эффективности производства картофеля на основе экономико-математического моделирования. Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. Гродно, ГГАУ: 111–118.
7. Лаптев С.В., Филина Ф.В. 2019. О роли сельского хозяйства в формирующейся инновационной экономике. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, 46 (1): 31–42.
8. Левин В.И. 2015. Интервальный подход к оптимизации в условиях неопределенности. Системы управления, связи и безопасности, 4: 123–141.
9. Малякко А.А., Ториков В.Е. 2012. Технология производства и рынок картофеля в условиях глобализации. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии, 2: 28–32.
10. Новиков А.В. 2012. Современное состояние, тенденции и особенности производства и сбыта картофеля в Иркутской области. Вестник ИрГСХА, 52: 112–118.
11. Новиков Г.И., Колузанов К.В. 1975. Применение экономико-математических методов в сельском хозяйстве. М., Колос, 288.
12. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. 1996. Опыт математического моделирования экономики. М., Энергоатомиздат, 206.
13. Смирнов Н.А. 2016. Факторы, определяющие эффективность производства картофеля. Научный альманах, 12–1 (26): 227–231.
14. Тульчеев В.В., Лукин Д.Н. 2008. Рынок картофеля и продуктов его переработки: состояние, проблемы, перспективы. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 8: 67–70.
15. Шарипов С.А. 2007. Оптимизация структуры посевов – необходимое условие повышения эффективности производства. Достижения науки и техники АПК, 1: 42–44.
16. Шиндин И.М., Кодякова Т.Е. 2003. Оптимизация структуры посевов. Аграрная наука, 3: 20.
17. Экономико-математические методы и прикладные модели. 1999. Под редакцией В.В. Федосеева. М., ЮНИТИ, 391.
18. Floyd J. E. Statistics for economists: a beginning. Toronto, University of Toronto, 2010. 292 p.
19. Henshaw R.C. 1966. Application of the general linear model to seasonal adjustment of economic time series. Econometrica. 34: 381–395.
20. Kinsey J. 1999. The big shift from a food supply to a food demand chain. Minnesota Agricultural Economist, 698: 1–7.
21. Polkovskaya M.N. 2019. Situation management of agricultural production based on the prediction of prices for agricultural products. Proceedings of the VIth International Workshop 'Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security: 83–89.

## References

1. Anikienko N.N. 2016. Jekonomicheskaja jeffektivnost' proizvodstva kartofelja v ZAO «Irkutskie semena» Irkutskogo rajona Irkutskoj oblasti [Economic efficiency of potato production in CJSC Irkutsk Seeds of the Irkutsk Region of the Irkutsk Region]. Novaja nauka: Ot idei k rezul'tatu, 12–1: 17–23.
2. Barsukova M.N., Ivan'o Ja.M. 2017. Prilozhenija parametricheskogo programmirovanija dlja reshenija zadach optimizacii poluchenija prodovol'stvennoj produkcii [Parametric programming applications for solving problems of optimizing food production]. Vestnik IrGTU, 4: 57–66.



3. Buzina T.S., Okladchik S.A., Polkovskaja M.N. 2019. Optimizacija razmeshhenija posevov sel'skohozjajstvennyh kul'tur s uchetom izmenchivosti cen [Optimization of the distribution of crops under the variability of prices]. Nauchno-prakticheskij zhurnal «Vestnik IrGSHA», 92: 17–24.
4. Gataulin A.M., Gavrilov G.V., Sorokina T.M. 1990. Matematicheskoe modelirovanie jekonomicheskikh processov v sel'skom hozjajstve [Mathematical modeling of economic processes in agriculture]. M., Agropromizdat, 432.
5. Zorkal'cev V.I. 2014. Jelementy optimizacii [Elements of optimization]. Irkutsk, ISJeM SO RAN, 99.
6. Izosimova T.N., Ananich I.G. 2016. Optimizacija osnovnyh faktorov povyshenija jeffektivnosti proizvodstva kartofelja na osnove jekonomiko-matematicheskogo modelirovanija [Optimization of the main factors of increasing the efficiency of potato production based on economic and mathematical modeling]. Sel'skoe hozjajstvo – problemy i perspektivy: sb. nauch. tr. Grodno., GGAU: 111–118.
7. Laptev S.V., Filina F.V. 2019. O roli sel'skogo hozjajstva v formirujushhejsja innovacionnoj jekonomike [On the role of agriculture in the emerging innovation economy]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Series: Jekonomika. Informatika, 46 (1): 31–42.
8. Levin V.I. 2015. Interval'nyj podhod k optimizacii v uslovijah neopredelennosti [Interval approach to optimization in the face of uncertainty]. Sistemy upravlenija, svjazi i bezopasnosti, 4: 123–141.
9. Maljavko A.A., Torikov V.E. 2012. Tehnologija proizvodstva i rynek kartofelja v uslovijah globalizacii [Production technology and the potato market in the context of globalization]. Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii, 2: 28–32.
10. Novikov A.V. 2012. Sovremennoe sostojanie, tendencii i osobennosti proizvodstva i sbyta kartofelja v Irkutskoj oblasti [Current status, trends and characteristics of the production and marketing of potatoes in the Irkutsk region]. Vestnik IrGSHA, 52: 112–118.
11. Novikov G.I., Koluzanov K.V. 1975. Primenenie jekonomiko-matematicheskikh metodov v sel'skom hozjajstve [The application of economic and mathematical methods in agriculture]. M., Kolos, 288.
12. Petrov A.A., Pospelov I.G., Shanin A.A. 1996. Opyt matematicheskogo modelirovanija jekonomiki [Experience in mathematical modeling of economics]. M., Jenergoatomizdat, 206.
13. Smirnov N.A. 2016. Faktory, opredelajushhie jeffektivnost' proizvodstva kartofelja [Factors determining the efficiency of potato production]. Nauchnyj al'manah, 12–1 (26): 227–231.
14. Tul'cheev V.V., Lukin D.N. 2008. Rynek kartofelja i produktov ego pererabotki: sostojanie, problemy, perspektivy [The market of potatoes and products of its processing: state, problems, prospects]. Jekonomika sel'skohozjajstvennyh i pererabatyvajushchih predpriyatij, 8: 67–70.
15. Sharipov S.A. 2007. Optimizacija struktury posevov – neobhodimoe uslovie povyshenija jeffektivnosti proizvodstva [Optimization of the crop structure is a necessary condition for increasing production efficiency]. Dostizhenija nauki i tehniki APK, 1: 42–44.
16. Shindin I.M., Kodjakova T.E. 2003. Optimizacija struktury posevov [Optimization of crop structure]. Agrarnaja nauka, 3: 20.
17. Ekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli [Economic-mathematical methods and applied models]. 1999. Pod redakciej V.V. Fedoseeva. M., JuNITI, 391.
18. Floyd J. E. Statistics for economists: a beginning. Toronto, University of Toronto, 2010. 292 p.
19. Henshaw R.C. 1966. Application of the general linear model to seasonal adjustment of economic time series. Econometrica. 34: 381–395.
20. Kinsey J. 1999. The big shift from a food supply to a food demand chain. Minnesota Agricultural Economist, 698: 1–7.
21. Polkovskaya M.N. 2019. Situation management of agricultural production based on the prediction of prices for agricultural products. Proceedings of the VIth International Workshop 'Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security: 83–89.

**Ссылка для цитирования статьи  
For citation**

Бузина Т.С., Полковская М.Н. 2020. Моделирование производства аграрной продукции с учетом сезонности цен. Экономика. Информатика. 47 (1): 117–125 DOI:

Buzina T.S., Polkovskaya M.N. 2020. Modeling of production of agrarian product taking into account the price seasonality. Economics. Information technologies. 47 (1): 117–125 (in Russian). DOI: