

## Вычисление показателей эффективности при производстве зерна и зернобобовых культур на основе метода Монте-Карло

*Ю.М. Краковский, А.С. Гуляев*

*Иркутский государственный университет путей сообщения*

**Аннотация:** Проведен расчет показателей эффективности при производстве зерна и зернобобовых культур на примере Иркутской области. Учитывая, что производство сельскохозяйственной продукции происходит в условиях неопределенности, исходные данные для вычисления этих показателей являются случайными величинами, поэтому расчеты проведены с применением вероятностного анализа безубыточности на основе метода Монте-Карло. В качестве показателей эффективности выбраны точка безубыточности, вложенный доход и операционная прибыль. На основе приведенных исходных данных министерства сельского хозяйства Иркутской области и Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области, при моделировании получены точечные и интервальные оценки.

**Ключевые слова:** операционная прибыль, производство зерна и зернобобовых культур, вероятностный анализ безубыточности, сельскохозяйственная продукция, метод Монте-Карло.

Продукция сельского хозяйства занимает значительную часть в развитии экономики, как Иркутской области, так и в целом в России. Так, например, в 2019 году производство продукции сельского хозяйства Иркутской области составило 61,9 млрд руб. Доля сельскохозяйственного сектора составила 5,1% валового регионального продукта. На поддержку сельского хозяйства Иркутской области в 2019 году направлено 4140,9 млн руб., в том числе из областного бюджета 2739,9 млн руб. Доведением бюджетных средств до сельскохозяйственных товаропроизводителей занимается министерство сельского хозяйства Иркутской области.

Министерство сельского хозяйства Иркутской области является исполнительным органом государственной власти и осуществляет функции по управлению агропромышленным комплексом Иркутской области. Одной из ключевых функций министерства является оказание государственной поддержки сельскохозяйственным товаропроизводителям региона в развитии сельского хозяйства Иркутской области, с целью наращивания темпов

---

производства сельскохозяйственной продукции. В связи с этим, министерству необходимо иметь системное представление о количестве произведенной продукции и уметь проводить количественный анализ производства сельскохозяйственной продукции, а также контролировать убытки и управлять ростом.

Иркутская область - один из немногих регионов России, способный производить сельскохозяйственную продукцию в неблагоприятных климатических условиях. Чаще всего это вызвано засухой или обильными дождями, а также резкими перепадами температуры. Например, качество почвы одна из причин, влияющих на урожай зерновых и зернобобовых культур. Учитывая прямую зависимость вышеперечисленных факторов от процесса производства сельскохозяйственной продукции, включая производство зерновых и зернобобовых культур, данный процесс можно рассматривать как сложный стохастический [1]. Все это затрудняет его исследование, особенно учитывая сложность моделирования этого процесса.

Классический подход моделирования предполагает замену исследуемого объекта моделью, пригодной для последующего экспериментирования, с целью получения необходимой информации об объекте [2]. Нами предлагается процесс моделирования производства зерна и зернобобовых культур разделить на две фазы.

Первая фаза характеризует влияющие факторы, которые описываются исходными данными. Этими исходными данными могут быть: постоянные и переменные затраты, возможные дотации и т.д. Учитывая неопределенность условий функционирования процесса производства сельскохозяйственной продукции, эти исходные данные являются случайными величинами.

Вторая фаза характеризует процесс производства зерна и зернобобовых культур с точки зрения его эффективности. Выходом этой фазы является

---

множество показателей эффективности (ПЭ), например: доход, прибыль и т.д.

В качестве модели второй фазы предлагается вероятностный анализ безубыточности (ВАБ), основанный на методе Монте-Карло (ММК) [3, 4]. Подобный подход уже апробирован при управлении доходностью пассажирских перевозок дальнего следования [5], грузовых перевозок железнодорожным транспортом [6,7], а также применительно к производству сельскохозяйственной продукции [8].

При ВАБ, используя ММК, моделируются значения исходных данных и по ним рассчитываются значения ПЭ в соответствии с разработанными вычислительными алгоритмами. Далее полученные выборки обрабатываются стандартными статистическими методами. При этом для всех ПЭ создается выборка объема  $n$ , которая затем обрабатывается.

Приведем модели расчета ПЭ, принятые для анализа безубыточности [8, 9]. Эти модели используют следующие исходные данные:  $V$  – объём зерновых и зернобобовых культур, тыс. т.;  $X$  – переменные затраты на единицу продукции, млн руб./тыс. т.;  $Y$  – постоянные затраты, млн руб.;  $S$  – средняя цена единицы продукции, млн руб./тыс. т.;  $D$  – размер дотаций, млн руб.

Нами они доработаны применительно к ММК.

1. Точка безубыточности ( $V_0$ )

$$V_0 = \frac{Y - D}{S - X}, \text{ тыс. т.} \quad (1)$$

При использовании ММК для точки безубыточности определяются точечные и интервальные оценки математического ожидания и гистограммы относительных частот.

2. Операционная прибыль ( $OP$ ) и вложенный доход ( $CM$ )

$$CM = (S - X) \cdot V + D, \text{ млн руб.}, \quad (2)$$

$$OP = CM - Y, \text{ млн руб.} \quad (3)$$

При использовании ММК для  $CM$  и  $OP$  обработка осуществляется аналогично точки безубыточности.

3. Операционный риск в виде двух показателей:

Коэффициент вариации прибыли

$$v_{op} = 100 \cdot \frac{s_{op}}{MOP}; \quad (4)$$

Риск, как вероятность события

$$ROP = P(OP < OP_3), \quad (5)$$

где  $s_{op}$  – среднеквадратическое отклонение операционной прибыли;  $MOP$  – математическое ожидание операционной прибыли;  $OP_3$  – заданное значение операционной прибыли. При использовании ММК для величины (5) определяется точечная и интервальная оценки. Чем меньше значение (5), тем лучше функционирует система производства зерновых и зернобобовых культур.

При использовании данных министерства сельского хозяйства Иркутской области и Федеральной службы государственной статистики Иркутской области по сельскохозяйственным организациям за 2019 год, получены следующие значения исходных данных (средние значения): а) производство зерновых и зернобобовых культур – 402,66 тыс. т.; б) переменные затраты – 5,239 млн руб./тыс. т.; в) постоянные затраты – 929,217 млн руб.; г) средняя цена единицы продукции – 7,491 млн руб./тыс. т.; д) размер дотаций – 363,014 млн руб.

Для реализации ВАБ на основе ММК создана моделирующая программа в среде Microsoft Visual Studio 2017 [10]. Для разработки был выбран язык программирования Python. Python – это высокоуровневый, объектно-ориентированный, интерпретируемый язык программирования, предназначенный для самого широкого круга задач [11]. Основными

библиотеками на Python, которые были использованы в данном исследовании, являются Numpy, Scipy, Matplotlib [11, 12]. Для реализации графического интерфейса в Python использовалась библиотека PyQt5.

Опираясь на литературные источники [6, 13, 14], в качестве вероятностных моделей для исходных данных выбраны следующие двухпараметрические законы: нормальное распределение, логарифмически нормальное распределение, распределение Бирнбаума-Саундерса. Для определения параметров этих законов, кроме математического ожидания, используются коэффициенты вариации в диапазоне: 0,08 – 0,10.

Для постоянных и переменных затрат выбран нормальный закон; для средней цены и объёма производства зерновых и зернобобовых культур логарифмически нормальное распределение; для дотаций выбрано распределение Бирнбаума-Саундерса. Объём выборки в исследовании равен 10000.

В таблице 1 приведены результаты вычислений ММК: 1 – точечная оценка математического ожидания; 2 – левая граница доверительного интервала; 3 – правая граница доверительного интервала; 4 – значения ПЭ, полученные вычислением по средним значениям.

Таблица № 1

Результаты вычислений

ПЭ	1	2	3	4
$V_0$ , тыс. т.	257,0	250,6	263,4	223,4
$CM$ , млн руб.	1122,3	1119,5	1125,2	1124,3
$OP$ , млн руб.	294,1	291,1	297,1	295,6

Значение по средним для точки безубыточности (1) не попадает в доверительный интервал (табл. 1). В связи с этим можно сделать вывод, что

неопределенность исходных данных значительно увеличивает среднее значение этого ПЭ.

Значения по средним для вложенного дохода (2) и операционной прибыли (3) попадают в доверительные интервалы (табл. 1). За 2019 год реальное значение операционной прибыли равно 295,6 млн руб. Это значение попало в доверительный интервал (табл. 1).

На рисунке 1 приведена гистограмма относительных частот для операционной прибыли. Из рисунка видно, что этот ПЭ имеет значительный диапазон значений, а величина (4) равна 100,4%. Она существенно больше коэффициентов вариации исходных данных. Таким образом, неопределенность исходных данных существенно влияет на риск в виде коэффициента вариации (4).

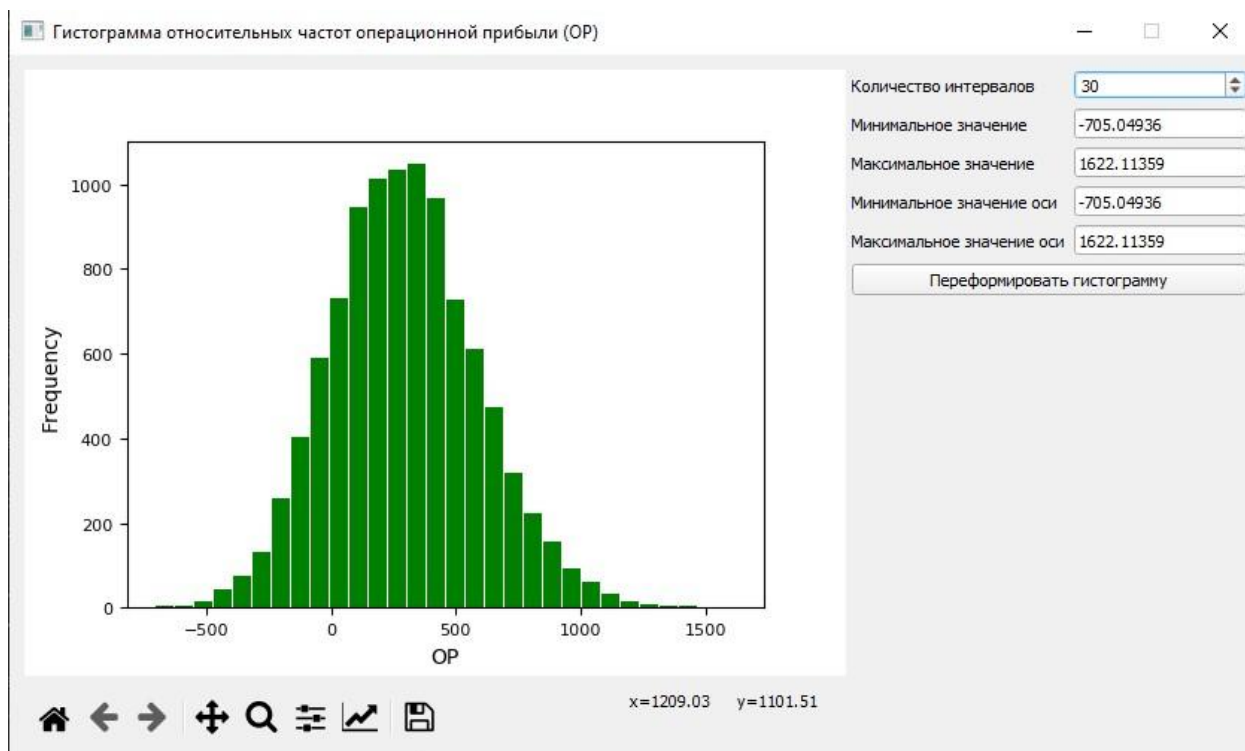


Рис. 1. – Гистограмма относительных частот операционной прибыли

Оценка операционного риска (5) при  $OP_3=0$  равна 0,159, а доверительный интервал для риска (0,139-0,178). Таким образом, из-за

неопределенности исходных данных появляется вероятность убытка, равная 0,159. В нашем случае это операционный риск (5).

Данное направление исследований можно расширить. Например, если имеются инвестиции, то можно оценить рентабельность инвестиций и срок их окупаемости. Использование ВАБ на основе ММК позволяет повысить качество управленческих решений за счет количественной информации по ПЭ.

### Литература

1. Куликов В.Е. Теоретические проблемы моделирования хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий в условиях неопределенности // Экономика и управление: проблемы, анализ тенденций и перспектив развития. Новосибирск. 2018. С. 118-126.

2. Дериченко А.В., Мартынова Е.В., Гаврилова Н.С., Зима Е.А., Смоленцева А.А., Желтоногова А.А. Совершенствование инженерно-экологических изысканий при обследовании загрязнения радоном // Инженерный вестник Дона, 2021, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6763](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6763).

3. Базуева С.А., Михайлов А.А. Анализ задачи идентификации закона распределения случайных процессов // Инженерный вестник Дона, 2015, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3120](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3120).

4. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. СПб. Питер, 2004. 847 с.

5. Краковский Ю.М., Жарий Д.И., Селиванов А.С. Управление доходностью перевозки пассажиров на основе вероятностного анализа безубыточностью // Вестник ВНИИЖТ. 2011. №6. С. 35-39.

6. Краковский Ю.М., Каргапольцев С.К., Начигин В.А. Моделирование перевозочного процесса железнодорожным транспортом: анализ, прогнозирование риски / Под ред. проф. Краковского Ю.М. СПб. «ЛИТЕО»,





2018. С. 65-73.

7. Краковский Ю.М., Домбровский И.А. Вероятностный анализ безубыточности грузовых перевозок на основе метода Монте-Карло // Известия Транссиба. 2013. №1(13). С. 125-130.

8. Краковский Ю.М., Гуляев А.С. Исследование производства зерна с помощью вероятностного анализа безубыточности // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. №30. С. 53-58.

9. Шим К., Сигел Г. Основы бюджетирования. М.: Вершина, 2007. 368 с.

10. Чамберс Д., Пэкетт Д., Тиммс С. ASP.NET Core. Разработка приложений. СПб. Питер, 2018. 464 с.

11. Маккинли У. Python и анализ данных // Пер. с англ. Слинкин А.А. М.: ДМК Пресс, 2015. С. 93-125.

12. Schwarz J.S., Chapman C., Feit E.M., 2020. Python for Marketing Research and Analytics. Springer, pp. 137-192.

13. Белякова А.Ю., Иваньо Я.М. Вероятностные модели экстремальных гидрологических явлений в задачах оптимизации сельскохозяйственного производства Иркутск. ИрГСХА, 2009. 145 с.

14. Devore J.L., 2011. Probability and Statistics for Engineering and the Sciences, Eighth Edition. Brooks/Cole, pp. 137-192.

### References

1. Kulikov V.E. Ekonomika i upravleniye: problemy, analiz tendentsiy i perspektiv razvitiya. Novosibirsk. 2018. pp. 118-126.

2. Derichenko A.V., Martynova YE.V., Gavrilova N.S., Zima YE.A., Smolentseva A.A, Zheltonogova A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6763](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6763).

3. Bazuyeva S.A., Mikhaylov A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3120](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3120).

4. Kel'ton V., Lou A. Imitatsionnoye modelirovaniye [Simulation modeling].





SPb.: Piter, 2004. 847 p.

5. Krakovskiy YU.M., Zhariy D.I., Selivanov A.S. Vestnik VNIIZHT. 2011. №6. pp. 35-39.

6. Krakovskij YU.M., Kargapol'cev S.K., Nachigin V.A. Modelirovaniye perevochnogo protsessa zheleznodorozhnym transportom: analiz, prognozirovaniye riski [Modeling the transportation process by rail: analysis, risk prediction]. Pod red. prof. Krakovskogo YU.M. SPb: «LITEO», 2018. pp. 65-73.

7. Krakovskiy YU.M., Dombrovskiy I.A. Izvestiya Transsiba. 2013. №1 (13). pp. 125-130.

8. Krakovskiy YU.M., Gulyayev A.S. Aktual'n-yye voprosy agrarnoy nauki. 2019. №30. pp. 53-58.

9. Shim K., Sigel G. Osnovy byudzhetrovaniya i bol'she [Fundamentals of budgeting and more]. M.: Vershina, 2007. 368 p.

10. Chambers D., P-ekett D., Timms S. ASP.NET Core. Razrabotka prilozheniy [ASP.NET Core. Application Development]. SPb: Piter, 2018. 464 p.

11. Makinli U. Python i analiz dannykh [Python and data analysis]. Per. s angl. Slinkin A.A. M.: DMK Press, 2015. pp. 93-125.

12. Schwarz J.S., Chapman C., Feit E.M., 2020. Python for Marketing Research and Analytics. Springer, pp. 137-192.

13. Belyakova A.Y.U., Ivan'o YA.M. Veroyatnostn-yye modeli ekstremal'nykh gidrologicheskikh yavleniy v zadachakh optimizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Probabilistic models of extreme hydrological phenomena in the problems of agricultural production optimization]. Irkutsk. IRGSKHA, 2009. 145 p.

14. Devore J.L., 2011. Probability and Statistics for Engineering and the Sciences, Eighth Edition. Brooks/Cole, pp. 137-192.