

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2023, Том 10, № 1 / 2023, Vol. 10, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2023.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/23INOR123.pdf>

DOI: 10.15862/23INOR123 (<https://doi.org/10.15862/23INOR123>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Досов, А. Р. Применение математических и статистических методов к задаче управления ресурсами в сельскохозяйственном производстве с учетом неопределенности и риска / А. Р. Досов, Е. А. Спешилов // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/23INOR123.pdf> DOI: 10.15862/23INOR123

For citation:

Dosov A.R., Speshilov E.A. Application of mathematical and statistical methods to the problem of resource management in agricultural production, taking into account uncertainty and risk. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2023; 10(1): 23INOR123. Available at: <https://resources.today/PDF/23INOR123.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/23INOR123

Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием Минобрнауки России для ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук»

Досов Аскар Русланович

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия
E-mail: askar4272@gmail.com

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1186508

Спешилов Евгений Алексеевич

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия
Аспирант

ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук»
Оренбургский филиал, Оренбург, Россия
Младший научный сотрудник
E-mail: evgenij.sp@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1129819

Применение математических и статистических методов к задаче управления ресурсами в сельскохозяйственном производстве с учетом неопределенности и риска

Аннотация. Аграрная сфера производства всегда сопровождалась влиянием широкого круга факторов, в числе которых большая доля отводится природно-климатическим. Деятельность сельскохозяйственных организаций, особенно в сфере растениеводства, напрямую связана с погодными явлениями, а кроме того, ряд нестабильных процессов экономического содержания (цены, спрос и пр.), а также проблемы, вызванные санкциями и необходимостью урегулирования вопросов импортозамещения, вынуждают принимать управленческие решения в условиях неопределенности и риска. При этом грамотное использование ресурсного потенциала дает возможность предприятиям снижать затраты на производство и повышать его эффективность в целом. Целью исследования являлась разработка процедуры формирования альтернативных решений в задаче управления земельными ресурсами для оптимального размещения сельскохозяйственных культур по полям с применением математических и статистических методов. В статье представлен обзор ряда научных исследований, связанных с совершенствованием деятельности сельскохозяйственных организаций, по результатам которого выделены и рассмотрены основные факторы, способы и

методы повышения ее эффективности. По данным официальных статистических источников приведен анализ состояния сельскохозяйственного производства России, Приволжского федерального округа и Оренбургской области в разрезе отрасли растениеводства. В качестве инструментария выбраны методы теории игр, позволяющие реализовать формирование альтернативных вариантов согласно ряду критериев (критерий максимакса, максиминный критерий Вальда, критерий минимального риска Сэвиджа, критерий пессимизма-оптимизма Гурвица). Апробация вычислительного алгоритма была проведена на материалах одной из сельскохозяйственных организаций Оренбургской области. В результате исследования было сформировано несколько стратегий использования земельного ресурса при функционировании предприятия в условиях неопределенности и риска в зависимости от поведения конъюнктуры рынка и природно-климатических факторов. Анализ представленных расчетов показал рост размера прибыли организации при планировании распределения площадей под сельскохозяйственные культуры с применением математического и статистического инструментария, а возможность автоматизации вычислительного процесса (на фоне актуальной сегодня цифровизации обработки потоков данных) позволит значительно сократить время при принятии управленческих решений. Результаты работы могут быть рекомендованы сельскохозяйственным организациям к использованию в процессе управления земельными ресурсами для достижения максимальной эффективности и прибыльности бизнеса.

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство; управление ресурсами; оптимизация; статистическая обработка потоков данных; неопределенность и риск; растениеводство; посевная площадь; теория игр; критерии; рациональное размещение; эффективность

Введение

Вопросы, касающиеся развития российского агропромышленного комплекса (АПК) на сегодняшний день приобрели дополнительную остроту в связи с государственным курсом, направленным на импортозамещение, вызванное проблемами экономического и геополитического характера. Обеспечение продовольственной безопасности страны и удовлетворение потребностей жителей качественной сельскохозяйственной продукцией по доступной для каждой из групп населения цене было и остается в зоне ответственности отечественных сельхозтоваропроизводителей [1].

Несмотря на активную реализацию внедрения в АПК инновационных процессов, в том числе технического и технологического характеров, не стоит забывать о том, что ведение деятельности в сельскохозяйственной отрасли всегда было и будет связано с рисками, вызванными нестабильностью погодно-климатических условий (засуха, дожди и пр.), неопределенностью относительно экономических (рост цен на сырье, снижение цен реализации продукции и т. д.) и природных (саранча, тля и пр.) факторов [2]. Кроме того, низкая пока еще инвестиционная привлекательность отрасли (хотя надо отдать должное тому, что на сегодняшний день данному вопросу уделяется большое внимание со стороны государства и местных органов власти), слабо адаптированная государственная поддержка, недостаток ресурсов информационного содержания о современных технических разработках и инновационных возможностях непосредственно организации технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции, проблемы с обновлением машинно-тракторного парка, а также вопросы, связанные с цифровой трансформацией, в том числе в сфере управления и принятия решений, пока препятствуют эффективному развитию АПК.

Для увеличения прибыли в отраслевом производстве в первую очередь ведут разговор о снижении затрат. Для эффективного управления затратами в сельском хозяйстве лицо, принимающее решение (ЛПР), должно подходить к процессу решения возникающих вопросов с позиции системности, многофункциональности и в качестве инструментария привлекать математические методы и информационные средства для обработки потоков данных. Это тем более актуально в связи с цифровизацией экономики [3]. Поэтому автоматизации сбора данных, их анализа, а также применению математических подходов с возможностью их алгоритмизации для расчетов, направленных на формирование альтернативных вариантов с целью их дальнейшего выбора при принятии управленческих решений, следует уделять особое внимание, в том числе при оптимизации использования ресурсного потенциала сельскохозяйственного производства.

Материалы и методы

При написании работы использовались методы системного подхода, логического анализа и синтеза, статистические методы анализа и обработки массивов информации, прогнозирования, экспертной оценки, инструментарий теории игр. Основным источником послужили официально опубликованные в сборниках базы данных, а также сайты Федеральной и областной служб государственной статистики, на материалах которых строился экономико-статистический анализ. Применялись методы графического представления и обобщения информации.

Методологическую базу исследования составили труды авторов в области разработки и принятия управленческих решений, направленных на повышение эффективности деятельности организаций аграрной сферы. Акцент сделан на отрасль растениеводства (в частности зернопроизводство). С позиции системного подхода [4] рассмотрены различные аспекты, влияющие на стратегическое развитие сельскохозяйственного производства, в том числе позволяющие оптимизировать ряд процессов и использование ресурсов [5; 6], а также применять цифровые технологии [7; 8].

Отрасль растениеводства занимает ведущую роль в структуре сельского хозяйства, на нее приходится порядка 54 % от всего объёма сельхозпроизводства¹. Она обеспечивает продукцией население, а также не только перерабатывающие производства с целью последующего выпуска продуктов питания для людей, но также кормовую базу отраслей животноводства и птицеводства. Так, если говорить о кормопроизводстве, то в рамках использования технологических инноваций можно рассматривать, например, внедрение созданного измельчителя белкового корма [7], который по многим критериям превосходит аналогичные серийные разработки по энергоёмкости и качеству продукции, в результате чего получают комбикорма, насыщенные клетчаткой, и расширяется общий ассортимент кормов. На фоне оптимизации кормового рациона с применением специально выращенных в хозяйстве высокопродуктивных агрофитоценозов, следует учитывать также и погодно-климатические условия как факторы риска, и одним из предложений по улучшению деятельности организации в засушливых регионах может служить формирование в хозяйствах пастбищезащитных лесных полос, которые способствуют увеличению урожайности естественных пастбищ [5]. Внесение в севооборот бобовых культур, таких как маш, поможет сохранить плодородие почвы, повысить ее биологическую активность, снизить токсичность и продлить срок полезного использования. Данная технология относится к ресурсосберегающим и, уменьшая вред, наносимый земле, позволит обеспечить рост прибыли для сельхозтоваропроизводителей.

¹ Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики.

Таким образом, многие процессы, проходящие в сфере сельскохозяйственного производства, требуют при управлении от ЛПР учета широкого спектра факторов и взаимодействия условий функционирования с реализацией подходов на основе комплексности и системности.

Разделяя предприятия сельского хозяйства по кластерам (в зависимости от эффективности сбора зерна [9]) можно сформировать адаптационные группы управленческих решений по повышению эффективности выращивания культур. Для наиболее развитых предлагается повышать урожайность посредством внесения удобрений в почву и учета научно обоснованных севооборотов; для менее — перераспределения между выращиваемыми культурами посевных площадей, а также их увеличения за счет неиспользуемых земель.

Для повышения эффективности управления посевами разработаны интеллектуальные аналитические программные платформы. Среди них с наибольшим набором функций можно выделить РОСТЦЕЛЬМАШ, SmartAgro, CLAAS, ExactFarming. С помощью данных систем мониторинга решаются многие сельскохозяйственные задачи, например, такие как прогнозирование состояния сельхоз угодий и урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечение информацией о проводимых работах на полях, отслеживание отклонения от плана и выявление соответствующих причин. Помимо вышеперечисленного эти программные средства способны выполнять функции хранилищ данных за предыдущие годы, что способствует повышению эффективности принятия управленческих решений [8].

Особое внимание при рассмотрении вопросов повышения эффективности производства в растениеводстве, на наш взгляд, следует уделять рациональной эксплуатации посевных площадей. При этом процедура принятия решения должна сопровождаться научно обоснованным сочетанием использования природного и экономического ресурсов территорий, создания необходимых условий развития экономики и технологических процессов в целях увеличения объемов производства. Задача оптимизации размещения производства сельскохозяйственной продукции — одна из наиболее сложных по структуре, так как требует одновременно учета множества факторов [10]. Среди последних могут быть как четко выявленные и измеренные, так и слабо формализованные, например учет конъюнктуры рынка или природно-климатических факторов, которые при планировании деятельности служат условиями неопределенности и риска. Считаем, что в данном случае использование математических методов теории игр (в частности аппарата игр с природой) может способствовать формированию комплекса решений, направленных на повышение эффективности производственной деятельности в отрасли растениеводства.

Задача игры с природой в зависимости от поставленной проблемы решается с помощью разных критериев [11]:

1. Критерий максимакса. Показывает какой наибольший выигрыш способен получить игрок при наилучшем стечении обстоятельств. Наилучшим решением является то, которое принесет наибольший выигрыш не смотря на риски. Формула расчета:

$$E(A) = \max \max(a_{ij}), \quad (1)$$

где $E(A)$ — выигрыш игрока; a_{ij} — переменная.

2. Максиминный критерий Вальда. Обеспечивает выбор наиболее прибыльного варианта при самых неблагоприятных условиях природы. Формула расчета:

$$E(A) = \max \min(a_{ij}). \quad (2)$$

3. Критерий минимального риска Сэвиджа. Для определения этого критерия происходит трансформирование матрицы выигрышей в матрицу рисков, где исходом игры будет являться упущенная возможность r_{ij} :

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij}, \quad (3)$$

где β_j — максимально возможный выигрыш:

$$\beta_j = \max_{1 < i < n} a_{ij}. \quad (4)$$

Для расчета критерия используется специально составленная матрицу рисков. Среди максимальных выигрышей выбирается минимальный:

$$S = \min_{1 < i < n} \max_{1 < j < n} r_{ij}, \quad (5)$$

где S — оценка альтернативы по критерию Сэвиджа.

4. Критерий оптимизма-пессимизма Гурвица. Является компромиссом между оптимизмом и пессимизмом. При его применении необходимо определить степень оптимизма α и критерий пессимизма β . При условиях: $\alpha + \beta = 1$; $0 \leq \alpha \leq 1$; $0 \leq \beta \leq 1$. Степень оптимизма определяется экспертным путем. Формула расчета имеет следующий вид:

$$E(A) = \max(\max(a_{ij}) \times \alpha + \min(a_{ij}) \times \beta). \quad (6)$$

Имея набор возможных результатов решения задачи размещения посевных площадей, исходя из всех четырех критериев, ЛПР вправе выбрать то, которое считает наиболее приемлемым исходя из сложившейся на момент планирования экономической ситуации. При реализации данного подхода можно использовать инструментальные методы, позволяющие автоматизировать процесс расчета, тем самым сокращая временные затраты и исключая необходимость наличия знаний у ЛПР в данной предметной области, а также позволяя реализовать имитационное моделирование, просчитывая результаты исходя их различного набора входных параметров.

Анализ данных

Для организации эксперимента и выбора непосредственно объекта исследования для начала проведем выборочную оценку данных, связанных с сельскохозяйственным производством, исходя из уровня развития аграрной отрасли в регионах России. Значения выпуска продукции сельского хозяйства по федеральным округам представлены по данным в таблице 1.

Среди всех федеральных округов 1-е место занимает Центральный федеральный округ со средним объемом производимой продукции 1 664 432 млн руб. за последние 5 лет, а последнее — Дальневосточный федеральный округ со значением 214 287,4 млн руб. Приволжский федеральный округ занимает 2-ое место в рейтинге по среднему объему продукции сельского хозяйства. Данный факт свидетельствует о том, что Центральный и Приволжский федеральные округа имеют необходимые условия для эффективного ведения сельскохозяйственного производства. Далее рассмотрим показатель валового сбора зерна в регионах за последние 5 лет. Для этого проанализируем таблицу 2.

Рассматривая валовый сбор зерна, можно констатировать, что лидером в этой категории стал Южный федеральный округ с результатом 33 089,44 тыс. тонн, а Приволжский занял 3-е место сразу же после Центрального федерального округа.

Таблица 1

Продукция сельского хозяйства в РФ (в хозяйствах всех категорий; в фактически действовавших ценах; миллионов рублей)¹

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее значение за пять лет
Российская Федерация	5 109 475	5 348 803	5 801 410	6 468 834	7 710 349	6 087 774,2
Центральный федеральный округ	1 302 579	1 467 970	1 582 777	1 810 427	2 158 407	1 664 432,0
Северо-Западный федеральный округ	224 475	246 116	267 739	284 322	327 739	270 078,2
Южный федеральный округ	891 718	903 937	1 013 456	1 113 253	1 385 482	1 061 569,2
Северо-Кавказский федеральный округ	436 752	461 495	492 610	513 041	670 653	514 910,2
Приволжский федеральный округ	1 194 371	1 191 900	1 316 907	151 894	1 658 348	1 102 684
Уральский федеральный округ	320 285	321 680	343 824	339 748	375 627	340 232,8
Сибирский федеральный округ	539 652	556 883	591 447	673 000	869 867	646 169,8
Дальневосточный федеральный округ	199 642	198 823	192 651	216 095	264 226	214 287,4

Таблица 2

Валовой сбор зерна в РФ (в весе после доработки), тыс. тонн¹

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее значение за пять лет
Российская Федерация	135 500,0	113 300,0	121 200,0	133 500,0	121 400,0	124 980,00
Центральный федеральный округ	31 889,3	28 541,9	31 330,8	38 543,7	30 008,8	32 062,90
Северо-Западный федеральный округ	766,4	753	1 203,6	1 210,3	1 145,5	1 015,76
Южный федеральный округ	35 800,7	29 157,6	33 261,8	31 954	35 273,1	33 089,44
Северо-Кавказский федеральный округ	13 261,1	11 980,3	11 424,8	9 074,5	12 893,6	11 726,86
Приволжский федеральный округ	3 059,4	21 457,7	22 608,6	32 245,6	19 436,5	19 761,56
Уральский федеральный округ	6 702,1	5 464,3	5 748,1	4 470,6	3 789,4	5 234,90
Сибирский федеральный округ	15 622,2	14 908,1	14 662	14 931,8	17 586,6	15 542,14
Дальневосточный федеральный округ	904,6	992,1	960,2	1 034,5	1 263,8	1 031,04

На данный момент в сфере сельскохозяйственного производства Приволжский федеральный округ занимает лидирующие позиции в РФ, однако потенциал роста еще есть. Так, на рисунке 1 наглядно представлены доли произведенной сельскохозяйственной продукции и валового сбора зерна по регионам, входящим в его состав.

Исходя их данных рисунка 1, среди всех регионов федерального округа первое место занимает Республика Татарстан, сразу за ним следует Башкортостан, Саратовская и Оренбургская области, являющиеся основными сельхозтоваропроизводителями округа по данным 2021 года (аналогичная ситуация складывалась на протяжении как минимум последних пяти лет).

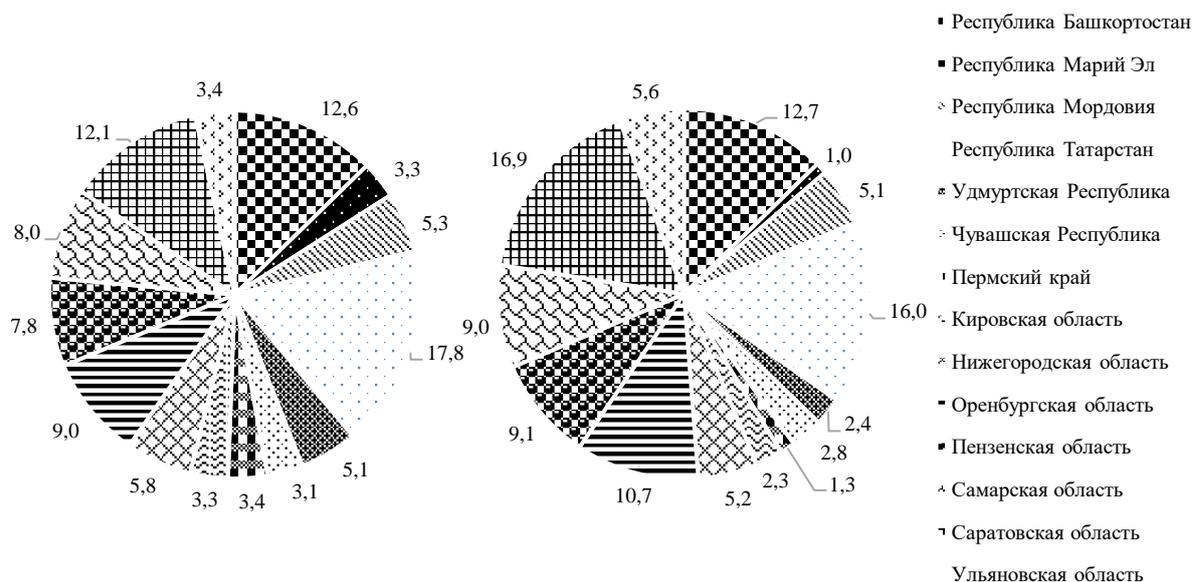


Рисунок 1. Доли произведенной продукции сельского хозяйства (а) и валового сбора зерна (б) по регионам в Приволжском федеральном округе в 2021 г., в % (разработано авторами по данным Росстата)

Оренбургская область, обладающая значительным производственным потенциалом, инфраструктурой и транспортными коммуникациями является ярким представителем регионов с развитым агропромышленным комплексом. Сельское хозяйство является одним из основных направлений ведения бизнеса в области.

Аграрная история Оренбуржья обширна и многогранна. Огромное внимание в сельскохозяйственном производстве уделяется продукции растениеводства. Географическое расположение региона, наличие плодородных почв, благоприятные для выращивания культур биоклиматические условия являются главными предпосылками сельскохозяйственного освоения земель [12]. Область находится в зоне рискованного земледелия, но высокая солнечная радиация и недостаток влажности способствуют формированию высококачественного зерна. Из-за большого содержания белка (до 20 %) Оренбургская твердая пшеница признана одной из лучших в мире [13]. Функционируя в таких климатических условиях, а также под влиянием неопределенности рыночной конъюнктуры как никогда важен правильный менеджмент ресурсов, наиболее важными из которых в сельском хозяйстве можно выделить семена различных культур для посадки, почву, удобрения, воду, заготовленные корма и конечно же посевные площади.

В сельскохозяйственном производстве Оренбургской области особое место отводится продукции растениеводства, которая традиционно занимает большую часть валового продукта сельского хозяйства. Наибольшая часть в структуре земледелия принадлежит зернопроизводству (64,2 % от всех посевных площадей). Ценовая конъюнктура рынка и почвенно-климатические факторы способствуют производству зерновых культур [14]. Так, в таблице 3 по данным [15] представлена динамика валового сбора зерна за 2017–2021 гг.

Среди всех городских округов и муниципальных районов Оренбургской области наибольший урожай зерна по данным последних пяти лет показывает Адамовский район. Однако, все районы региона вносят вклад в общий результат. Проведенная кластеризация по ряду показателей сформировала три группы районов. Для каждой из них можно сформировать свои наборы управленческих решений, направленных на повышение эффективности ведения производственной деятельности в организациях, занятых производством зерна.

Таблица 3

Валовой сбор зерна в Оренбургской области (в весе после доработки), тыс. тонн²

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее значение за пять лет
По области	42 071,9	20 336,0	21 242,1	4 285,6	4 291,0	18 445,32
Городские округа:						
Абдулинский	797,5	366,4	656,5	70,2	72,8	392,68
город Бугуруслан	39,4	15,6	-*	3,5	7,0	13,10
город Бузулук	83,1	43,2	50,5	5,9	9,9	38,52
Гайский	1 043,5	350,7	520,1	94,9	96,6	421,16
Кувандыкский	1 424,7	596,9	736,8	99,6	100,7	591,74
город Медногорск	63,3	28,0	45,5	5,8	5,1	29,54
город Новотроицк	15,8	5,1	-*	3,3	3,6	5,56
город Оренбург	394,9	59,7	121,5	42,0	36,2	130,86
город Орск	136,6	44,5	36,0	20,7	20,0	51,56
Соль-Илецкий	599,1	360,2	329,3	139,3	150,2	315,62
Сорочинский	1 167,8	630,1	459,3	100,0	106,4	492,72
Ясненский	220,9	110,1	123,8	33,2	36,8	104,96
Муниципальные районы:						
Адамовский	2 409,3	1 299,6	1 633,4	230,0	229,1	1 160,28
Акбулакский	642,1	313,4	288,0	131,1	119,5	298,82
Александровский	1 375,7	740,4	818,7	155,8	157,9	649,70
Асекеевский	1 920,6	857,2	1 166,5	131,4	133,9	841,92
Беляевский	575,9	220,5	253,3	86,9	88,0	244,92
Бугурусланский	1 120,6	522,4	951,9	115,6	114,6	565,02
Бузулукский	1 105,4	844,7	812,4	128,2	125,6	603,26
Грачевский	1 053,5	684,6	646,4	77,4	77,3	507,84
Домбаровский	334,8	117,0	87,9	49,1	44,7	126,70
Илекский	1 344,1	429,2	488,6	123,1	121,0	501,20
Кваркенский	2 414,0	1 195,5	1 657,6	209,3	213,0	1 137,88
Красногвардейский	1 342,1	681,0	574,3	124,8	127,5	569,94
Курманаевский	1 318,6	611,2	633,7	132,7	135,4	566,32
Матвеевский	976,6	512,7	633,5	83,4	89,0	459,04
Новоорский	693,5	146,3	400,0	74,8	72,3	277,38
Новосергиевский	2 083,5	894,1	608,5	177,1	175,3	787,70
Октябрьский	1 777,4	1 046,1	720,6	148,4	148,2	768,14
Оренбургский	1 580,8	399,9	506,5	178,3	169,1	566,92
Первомайский	882,7	399,1	394,5	127,2	136,8	388,06
Переволоцкий	1 252,7	641,1	481,0	113,3	114,8	520,58
Пономаревский	1 286,4	476,5	699,9	104,2	101,1	533,62
Сакмарский	840,4	590,8	448,4	105,9	101,8	417,46
Саракташский	1 699,4	914,3	625,4	149,7	144,2	706,60
Светлинский	1 178,5	608,6	327,8	168,9	159,8	488,72
Северный	507,0	212,8	359,4	62,1	65,3	241,32
Ташлинский	1 854,7	685,5	517,3	147,8	144,2	669,90
Тоцкий	863,8	513,2	443,8	115,0	121,5	411,46
Тюльганский	546,9	484,9	349,5	83,2	80,0	308,90
Шарлыкский	1 104,3	682,9	611,6	132,5	134,8	533,22

* данные отсутствуют

Остановившись на самом «слабом» кластере, рассмотрим в качестве его представителя Домбаровский район, который находится на востоке области и произвел по результатам последнего года всего 44,7 тыс. тонн зерна. Типичной из сельскохозяйственных организаций района является СПК (колхоз) «Профинтерн», для которой и реализуем предлагаемый

² Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области.

инструментарий теории игр при планировании использования посевных площадей для производства зерновых культур.

Результаты и обсуждение

Распределение площади посевов в СПК (колхоз) «Профинтерн» в 2022 г. по данным финансовой отчетности организации, представлено в таблице 4 (для упрощения расчетов площади, отведенные под ту или иную культуру, округляются до 100 га).

Таблица 4
Распределение площади посевов в СПК (колхоз) «Профинтерн» в 2022 г., га

Показатель	Площадь
Озимая рожь	100
Рожь	300
Яровые зерновые на внутривозделываемые нужды	150
Кормовые культуры	550
Яровая пшеница	5700
Ячмень	300
Всего посевов	7100

Разработано авторами

Исходя из данных таблицы 4, стоит отметить, что общая площадь посевов в 2022 г. составила 7100 га, озимая рожь была засеяна в 2021 г. под урожай будущего года на площади 100 га. Отбор культур происходил из тех, на которых специализируется организация. При относительно большом поголовье скота в хозяйстве необходимо возделывание кормовых (однолетние и многолетние травы) на площади 550 га. Порядка 100 га должны занимать яровые зерновые на хозяйственные нужды (на концентрированные корма, натуроплату и т. п.). Для реализации организация производит яровую пшеницу, ячмень и рожь (не ежегодно). Под эти культуры отводится площадь в размере 6300 га. Вопрос оптимизации размещения именно этих культур и решался в процессе исследования.

Опираясь на данные урожайности за 5 предыдущих лет, можно построить линию тренда и спрогнозировать урожайность яровой пшеницы и ячменя на 2023 г. (табл. 5). Проектная урожайность по этим культурам составит соответственно 5,7 ц/га и 6,2 ц/га.

Таблица 5
Проект урожайности зерновых культур в СПК (колхоз) «Профинтерн», ц/га

Показатель	Урожайность						
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем	проект
Яровая пшеница	5,50	5,60	4,60	3,40	7,07	5,20	5,70
Ячмень	7,40	4,90	4,10	3,00	5,18	4,90	6,20

Разработано авторами

Так как рожь на зерно возделывалась не ежегодно, то установить проект урожайности данной культуры посредством вычисления линии тренда не представляется возможным. Поэтому был использован метод экспертных оценок. После опроса руководителей хозяйства и специалистов отрасли растениеводства на предприятии был принят проект урожайности ржи 4,9 ц/га.

Взяв за основу полученные данные, нами был проведен расчет плановой себестоимости пшеницы, ячменя и ржи. В итоге прогнозная сумма прямых затрат на производство яровой пшеницы должна составить 211,3 руб. в расчете на 1 ц продукции. При планировании косвенных затрат на производство продукции растениеводства, включающих общепроизводственные, общехозяйственные, прочие производственные, а также коммерческие

расходы, в хозяйстве их сумма рассчитывается, как 30 % от прогнозируемой суммы прямых затрат. Таким образом плановая полная себестоимость производства яровой пшеницы составила 274,69 руб./ц. Аналогично рассчитывалась полная себестоимость ячменя и ржи на зерно: сумма плановых прямых затрат на производство ячменя — 206,4 руб./ц., соответственно полная себестоимость — 268,32 руб. в расчете на 1 ц продукции; прямые затраты на производство ржи на зерно — 398,81 руб./ц, тогда полная себестоимость — 518,45 руб. за 1 ц.

При решения поставленной задачи методами теории игр первым игроком выступает предприятие, под выигрышем подразумевается площадь посева под ту или иную культуру, ограниченная запасами семенного материала. С учетом нормы высева яровой пшеница 1,75 ц/га хозяйство может возделывать данную культуру на площади не более 5 000 га. При норме высева ячменя 1,5 ц на 1 га максимальная площадь засева будет составлять 1 500 га. Аналогично ограничена площадь возделывания ржи на зерно — при норме высева 0,3 ц/га она составит не более 3 000 га. Вторым, то есть в данном случае фиктивным игроком, выступает природа. В задаче под природой будем понимать рыночную конъюнктуру, ее стратегии — ситуации на рынке продукции растениеводства. Любой стратегии соответствует своя ценовая категория на каждый вид продукции, производимой в хозяйстве. Исходом игры будет являться прибыль или убыток сельскохозяйственной организации, в соответствии с той или иной стратегией предприятия для каждой стратегии природы.

При разработке стратегий предприятия земельная площадь хозяйства, предназначенная для возделывания яровой пшеницы, ячменя и ржи была разбита на 11 одинаковых участков площадью 500 га, на которых возможно выращивание любой из выбранных культур. Расчет проводился по всем четырем критериям.

1. Критерий максимакса (критерий безудержного оптимизма). Согласно расчетам, максимальная прибыль, которую способно получить предприятие, составит 2 828,4 тыс. руб. Следовательно, если ставится цель максимизации получения прибыли, то предлагается распорядиться посевными площадями следующим образом:

- яровая пшеница 5 900 га;
- ячмень 0 га;
- рожь на зерно 400 га.

Критерий максимакса предусматривает возможность получения наибольшей прибыли, но не учитывает риски, возникающие при других состояниях природы.

2. Критерий Вальда или максиминное решение. В нашем случае, данная стратегия позволит предприятию получить наименьший убыток при самых неблагоприятных состояниях конъюнктуры рынка, а сам убыток составит 924,9 тыс. руб. Таким образом, получаем следующее размещение:

- яровая пшеница 1 100 га;
- ячмень 1 700 га;
- рожь на зерно 3 500 га.

3. Критерий Сэвиджа. В данном случае предприятие получает 2 381,7 тыс. руб., т. е. минимальную разницу между максимальной прибылью и прибылью при любых стратегиях природы. Распределение площадей:

- яровая пшеница 5 800 га;
- ячмень 0 га;
- рожь на зерно 500 га.

4. Критерий оптимизма-пессимизма Гурвица. В данном случае «средний максимальный выигрыш» будет равен 1 270,55 тыс. руб. Таким образом, если предприятие собирается обезопасить себя от больших убытков, то необходимо следующее размещение:

- яровая пшеница 2 300 га;
- ячмень 1500 га;
- рожь на зерно 2 500 га.

Для того, чтобы оценить эффективность применения математических инструментов, сравним полученные результаты с реальной прибылью организации от реализации яровой пшеницы, ячменя и ржи в 2022 году, с учетом площадей, занимаемых культурами (табл. 6).

Таблица 6

Сравнительная таблица результатов

Показатель	Посевная площадь, га			Прибыль/убыток (-), тыс. р.
	яровая пшеницы	ячмень	рожь на зерно	
Расчетные значения:				
по критерию максимакса	5 900	0	400	2 828,40
по максиминному критерию Вальда	1 100	1 700	3 500	-924,90*
по критерию минимального риска Сэвиджа	5 800	0	500	2 381,70
по критерию пессимизма-оптимизма Гурвица	2 300	1 500	2 500	1 270,55
Фактические данные	5 700	300	300	1 200,00

* максимально возможный убыток при самых неблагоприятных условиях; ** разработано авторами

Исходя из данных таблицы видно, как отличается размер прибыли в зависимости от выбранной стратегии. При наилучших условиях результат по критерию максимакса отличается от фактического в 2,3 раза, при расчетах по критерию Сэвиджа выигрыш организации превосходит фактический в 1,9 раз. В трех случаях прибыль явно оказалась выше реально полученной, то есть если бы организация спланировала распределение культур по площадям опираясь на данные, полученные посредством использования предлагаемого подхода, то эффект был бы выше. Однако, решая вопросы подобного рода, необходимо также учитывать и другие особенности, в том числе и маркетинговые возможности предприятия.

Так как Оренбуржье находится в зоне рискованного земледелия, результат работы сельскохозяйственных организаций напрямую зависит от планирования деятельности на основе прогнозных данных, полученных с учетом ряда факторов, среди которых засуха, дожди, пожары и пр. В ходе исследования нами была также рассмотрена задача, в которой вторым игроком выступали погодно-климатические условия. Решение строилось аналогично с учетом засушливого или дождливого лета. Реализация расчетного алгоритма позволила произвести распределение культур по полям и вычислить значения прибыли, которые в ряде случаев также оказались выше факта.

В результате апробации рассматриваемого инструментария были получены группы решений, позволяющие ЛПР осуществить выбор тех из них, которые наиболее приемлемы для ведения производственной деятельности в данном предприятии на ближайшую перспективу.

Заключение

Обобщая результаты исследования, можно сделать вывод о том, что в зонах рискованного земледелия, к которым и относится Оренбургская область, существенное внимание при принятии управленческих решений следует уделять оптимизации процессов

организации производственной деятельности с рациональным использованием ресурсного потенциала. Причем, хотя рыночные отношения сегодня обуславливают условия формирования цен на продукцию и некоторые товары пользуются постоянным спросом, не всегда цены реализации перекрывают затраты на их производство. Это особенно проявляется в сельскохозяйственном производстве в том числе и вследствие ситуации с диспаритетом цен.

Применение математических методов, в частности теории игр, на основе обработки потоков статистических данных позволяет определить стратегии оптимального использования ресурсов предприятия с учетом возможностей его функционирования при нестабильности конъюнктуры рынка, влиянии погодно-климатических факторов и пр., т. е. в условиях неопределенности и риска.

В работе на основе расчетов были предложены несколько вариантов наиболее эффективного распределения культур по полям. ЛПР может осуществлять выбор в зависимости от предположений и представлений о поведении природы в следующем году, а также в зависимости от рисков, которые он готов принять (получить наибольшую прибыль, не учитывая риски или попытаться максимально обезопасить организацию, чтобы не понести огромных потерь). Обе из рассмотренных в исследовании задач (с учетом конъюнктуры рынка и погодно-климатических условий), на наш взгляд, следует решать в комплексе, причем при окончательном принятии решения необходимо также учитывать соблюдение принципов севооборота, наличие производственных, а также маркетинговых возможностей организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малинкин, М.Е. Управление рисками в сельском хозяйстве / М.Е. Малинкин, В.Б. Елагина // Вестник магистратуры. — 2018. — № 1-3(76). — С. 72–73.
2. Жангирова, Р.Н. Перспективные меры повышения эффективности аграрного производства в республике Казахстан / Р.Н. Жангирова // Сб. тр. Междунар. научно-практ. конф. «Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве», Том Ч. 1 (Экибастуз, 14 мая 2021 г.). — Издательство: Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в г. Прокопьевске. — С. 231–235.
3. Спешилова, Н.В. Интеллектуализация технологии подготовки управленческих решений в условиях цифровизации экономики (на примере регионального сельскохозяйственного производства): монография / Н.В. Спешилова, В.Н. Шепель. — ОУП ВО «АТиСО»; ФГБОУ ВО «ОГУ». — Оренбург: Типография «Экспресс-печать», 2022. — 152 с.
4. Шафиева, Э.Т. Системный подход в программно-целевом управлении животноводческой отрасли АПК региона [Электронный ресурс] / Э.Т. Шафиева. // NovaInfo. — 2016. — № 55. — С. 100–103. — URL: <https://novainfo.ru/article/8793> (дата обращения: 16.03.2023).
5. Тангиров, А.Э. Пути повышения эффективности использования пастбищ в пустыннопастбищном животноводстве / А.Э. Тангиров // Материалы международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития аграрного комплекса» (с. Соленое Займище, 11–13 мая 2016 г.). — Издательство: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия (Соленое Займище), 2016. — С. 1320–1323.

6. V.N. Shepel, N.V. Speshilova, M.V. Kitaeva (2019). The Stimulation Model for the Criterial Decision-Making at the Agricultural Enterprise // 17th International Scientific Conference «Problems of Enterprise Development: Theory and Practice» (Samara, Russia, November 26–27, 2018). — SHS Web of Conferences, Volume 62, 2019. — URL: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2019/03/shsconf_pedtp2018_08004.pdf — doi: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196208004>.
7. Припоров, И.Е. Разработка технологии приготовления комбикорма с применением современной компьютерной техники / И.Е. Припоров, Е.В. Гаврилов // Известия ОГАУ. — 2021. — № 4(90). — С. 142–145.
8. Папушин, Э.А. Интеллектуальные аналитические программные платформы для сельскохозяйственного производства / Э.А. Папушин, Э.В. Васильев, Е.В. Шалавина, С.Н. Матейчик // АгроЭкоИнженерия. — 2022. — № 1(110) — С. 52–64.
9. Исаев, С.Х. Влияние повторного посева мasha на плодородие почвы / С.Х. Исаев, Х.Х. Сафарова // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education / Collection of scientific articles lxix international correspondence scientific and practical conference (Boston, Usa, April 22–23, 2020). — Boston. Massachusetts printed in the united states of America, 2020. — p. 40–41.
10. Огородников, П.И. Повышение эффективности зернового производства в Оренбургской области: разработка мероприятий и поиск инноваций с учетом кластеризации [Электронный ресурс] / П.И. Огородников, Н.В. Спешилова, В.В. Храмова // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. — 2020. — № 1. — 10 с. (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2020-1/Articles/OPI-2020-1.pdf>). — DOI: 10.24411/2304-9081-2020-11006.
11. Яшина, М.Л. Развитие межрегиональных связей и внешнеэкономическая деятельность региона в общей стратегии регионального развития / М.Л. Яшина, О.В. Солнцева, Н.М. Нейф // Материалы международной научно-практической конференции «Стратегия социально-экономического развития АПК России: от импортозамещения к экспертно-ориентированной экономике» (Москва, 12 октября 2018 г.). — Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Научный консультант», 2019. — С. 143–151.
12. Курбанмагомедова, К.З. Анализ рисков деятельности экономических субъектов / К.З. Курбанмагомедова, А.А. Эрик, А.Р. Хазиахметова // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2022. — № 5-2. — С. 106–111.
13. Русанов, А.М. Структурно-экономическая трансформация сельского хозяйства как фактор естественного восстановления агроландшафтов Оренбургской области. / А.М. Русанов, Е.А. Семёнов // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2014. — № 6(167). — С. 139–143.
14. Огородников, П.И. Оптимизация структуры посевов — основа формирования затрат на производство зерна в регионе / П.И. Огородников, Н.В. Спешилова // Друкеровский вестник. — 2021. — № 1. — С. 198–209. — DOI: 10.17213/2312-6469-2021-1-198-209.
15. Серебрякова, М.Ф. Неопределенность в сельском хозяйстве: региональный аспект // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2017. — № 3. — С. 23–27.

Dosov Askar Ruslanovich

Orenburg State University, Orenburg, Russia
E-mail: askar4272@gmail.com

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1186508

Speshilov Evgeny Alekseevich

Orenburg State University, Orenburg, Russia
Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Orenburg branch, Orenburg, Russia
E-mail: evgenij.sp@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1129819

Application of mathematical and statistical methods to the problem of resource management in agricultural production, taking into account uncertainty and risk

Abstract. The agricultural sphere of production has always been accompanied by the influence of a wide range of factors, among which a large share is assigned to natural and climatic. The activities of agricultural organizations, especially in the field of crop production, are directly related to weather events, and in addition, a number of unstable processes of economic content (prices, demand, etc.), as well as problems caused by sanctions and the need to resolve import substitution issues, force management decisions to be made in conditions of uncertainty and risk. At the same time, the competent use of resource potential enables enterprises to reduce production costs and increase its efficiency in general. The purpose of the study was to develop a procedure for the formation of alternative solutions to the problem of land management for optimal placement of crops in fields using mathematical and statistical methods. The article presents an overview of a number of scientific studies related to the improvement of the activities of agricultural organizations, the results of which highlight and consider the main factors, methods and methods of increasing its effectiveness. According to official statistical sources, the analysis of the state of agricultural production in Russia, the Volga Federal District and the Orenburg Region in the context of the crop industry is given. The methods of game theory are chosen as tools that allow the formation of alternative options according to a number of criteria (Maximax criterion, Wald maximin criterion, Savage minimum risk criterion, Hurwitz pessimism-optimism criterion). The testing of the computational algorithm was carried out on the materials of one of the agricultural organizations of the Orenburg region. As a result of the study, several strategies for the use of land resources were formed when the enterprise was operating under conditions of uncertainty and risk, depending on the behavior of market conditions and natural and climatic factors. The analysis of the presented calculations showed an increase in the profit of the organization when planning the distribution of areas for agricultural crops using mathematical and statistical tools, and the possibility of automating the computational process (against the background of the digitalization of data flow processing that is relevant today) will significantly reduce the time when making managerial decisions. The results of the work can be recommended to agricultural organizations for use in the process of land management to achieve maximum efficiency and profitability of the business.

Keywords: agricultural production; resource management; optimization; statistical processing of data flows; uncertainty and risk; crop production; acreage; game theory; criteria; rational placement; efficiency