

Алгоритм моделирования характеристик производства растениеводческой продукции при неблагоприятных условиях

Я.М. Иваньо, М.Н. Барсукова, С.А. Петрова, В.В. Цыренжапова

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского

Аннотация: В работе приведен алгоритм моделирования производственно-экономических характеристик для получения растениеводческой продукции, с помощью которого решаются задачи планирования с применением методов многоуровневого параметрического программирования при усредненных и неблагоприятных условиях деятельности товаропроизводителей. Поскольку временные ряды характеристик, связанных с производством продукции, могут быть описаны трендами для оценки неблагоприятных событий, использован алгоритм их выделения на основе построения многоуровневых трендов согласно идее об иерархической структуре временного ряда. При использовании этого алгоритма из исходного ряда формируется последовательность локальных минимумов, строится тренд и выделяются уровни, располагающиеся ниже этого тренда, названные неблагоприятными событиями. Оценка вероятностей этих событий определяется по закону распределения, описывающему ряд разностей фактических данных и значений тренда последовательности локальных минимумов. При отсутствии трендов и рассмотрении рядов характеристик в виде случайных величин для выделения неблагоприятных событий применимы статистические и физические критерии. В качестве такового предложено использовать среднее значение локальных минимумов. Из полученных неблагоприятных событий выделяются наименьшие из них, которые представляют собой редкие явления. По выделенным событиям и другим характеристикам формируется задача оптимизации производства аграрной продукции, решение которой позволяет получить оптимальные объемы производства в соответствии с максимальными доходами, соответствующие расчетной вероятности событий. Сравнительный анализ результатов планирования в усредненных условиях и с учетом неблагоприятных событий показывает вероятные потери товаропроизводителей на уровне предприятия и муниципального района.

Ключевые слова: параметрическое программирование, тренд, неблагоприятное событие, производственно-экономическая характеристика, растениеводство, потери, риски.

Одним из важнейших направлений ведения сельского хозяйства является оптимальное использование ресурсов для получения необходимой продукции [1-3]. Аграрное производство является одной из ключевых сфер национальной экономики, так как формирует продукт, необходимый для удовлетворения жизнеобеспечивающей потребности людей в питании, для обеспечения продовольственной независимости и безопасности страны [4]. Большое значение в развитии агропромышленного комплекса имеет

системная государственная поддержка сельскохозяйственных товаропроизводителей разных категорий [5, 4].

В разных регионах страны производство сельскохозяйственной продукции подвержено сильному влиянию гидрометеорологических факторов, которые во многом определяют конечные результаты товаропроизводителей [6-8]. Так, к примеру, своеобразие климата некоторых регионов состоит в его высокой степени континентальности, большой изменчивости погоды и частой повторяемости засух, что существенно снижает сельскохозяйственный потенциал [9-11]. Особую опасность для хозяйственной деятельности человека представляют редкие события [1, 12, 10]. Так, согласно [13], изменения климата могут сократить сельскохозяйственную производительность, отрицательно влиять на продовольственную стабильность и доходы. При этом необходимо время для адаптации предприятия к новым условиям производственной деятельности.

Однако, используя методики по улучшению планирования производства [14, 15] и определённые способы и технологии ведения сельского хозяйства, можно нивелировать влияние негативных явлений – событий [16].

В Иркутской области организации и крестьянские (фермерские) хозяйства теряют часть произведенных объемов продукции почти каждый год. Поэтому вероятные ущербы необходимо учитывать при планировании [6, 17]. Моделирование неблагоприятных ситуаций и их влияния на производственные процессы позволяют определить долгосрочную стратегию деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя по минимизации ущерба.

Целью работы является разработка алгоритма моделирования производственных характеристик для планирования деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя в неблагоприятных условиях. Для достижения цели решались следующие задачи: построение алгоритма

прогнозирования и вероятностной оценки производственно-экономических характеристик на основе рассмотрения временных рядов в виде иерархической структуры; построение алгоритма для определения оптимальных планов производства растениеводческой продукции с учетом неблагоприятных событий на основе многоуровневой параметрической модели; реализация предложенных моделей на примере материалов отрасли растениеводства муниципального района.

В работе использована идея об иерархической структуре временного ряда климатических и производственно-экономических характеристик [18, 19]. Для выделения и построения многоуровневых трендов привлечен корреляционно-регрессионный анализ. Построение и реализация моделей оптимизации производства растениеводческой продукции основана на методах стохастического и параметрического программирования [20]. Предложенный алгоритм прогнозирования и вероятностной оценки производственно-экономических характеристик прогнозирования и определения оптимальных планов производства растениеводческой продукции с учетом неблагоприятных событий апробирован на материалах Иркутскстата о характеристиках отрасли растениеводства Балаганского района Иркутской области за период 1996 – 2023 гг.

Алгоритм оценки характеристик моделей математического программирования и планирования производства аграрной продукции (рис.

1) включает в себя следующие операции:

1) из временных рядов y_t выделяются последовательности локальных минимумов y_t^{min} и максимумов y_t^{max} ;

2) анализируются ряды характеристик на наличие многоуровневых трендов;

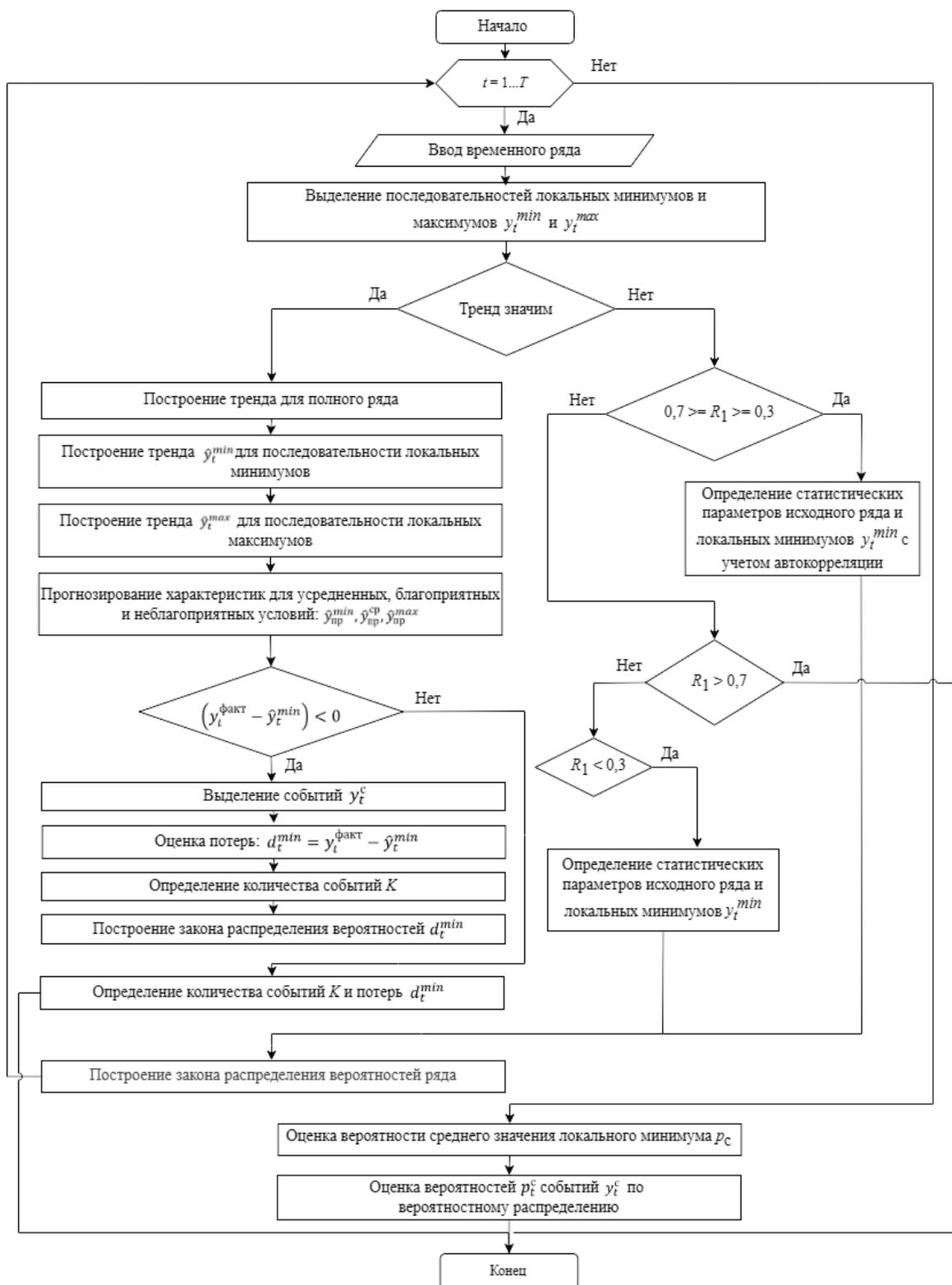


Рис. 1. – Алгоритм прогнозирования и вероятностной оценки производственно-экономической характеристики при рассмотрении временного ряда в виде иерархической структуры

3) при наличии значимых регрессионных выражений строятся тренды всего ряда и последовательностей локальных минимумов \hat{y}_t^{\min} и максимумов \hat{y}_t^{\max} ;

4) при незначимых регрессионных выражениях и отсутствии значимого первого коэффициента автокорреляции R_1 определяются статистические параметры исходного ряда и локальных минимумов с учетом автокорреляции;

5) по трендам осуществляется прогнозирование характеристик для усредненных \hat{y}_{pr} благоприятных \hat{y}_{np}^{\max} и неблагоприятных условий \hat{y}_{np}^{\min} ;

6) определяется количество событий K как отрицательных значений разностей между фактическими значениями и значениями трендов последовательности локальных минимумов $d_t^{\min} = y_t^{\text{фак}} - \hat{y}_t^{\min} < 0$, и оцениваются их вероятности p_c^t с помощью закона распределения вероятностей;

7) по вероятностным распределениям определяются вероятности перехода значений характеристики в события $p_{кр}$;

8) если ряды характеристик являются случайными, строятся законы распределения вероятностей и оцениваются вероятности $p_{кр}$ средних значений локальных минимумов \bar{y}_t^{\min} , которые характеризуют вероятности перехода значений в неблагоприятные события, определяется число событий, а также потери как разности между событиями и средними значениями локальных минимумов;

9) на основе полученных прогностических и вероятностных значений характеристик строят экстремальные задачи: с вероятностными (стохастическая задача математического программирования), прогностическими (задача параметрического программирования) и смешанными характеристиками;

10) решаются экстремальные задачи разных вариантов для определения планов производства сельскохозяйственной продукции.

В задаче стохастического программирования определяются оптимальные решения, соответствующие разным вероятностям: 1) с событиями, 2) редкими явлениями.

В задаче параметрического программирования определяются оптимальные решения, позволяющие планировать производство объемов продукции на краткосрочную, среднесрочную перспективу для разных условий деятельности товаропроизводителя.

В задаче параметрического программирования с вероятностными характеристиками определяются оптимальные решения с расчетом планов на перспективу и вероятностной оценкой неблагоприятных ситуаций (рис. 2).

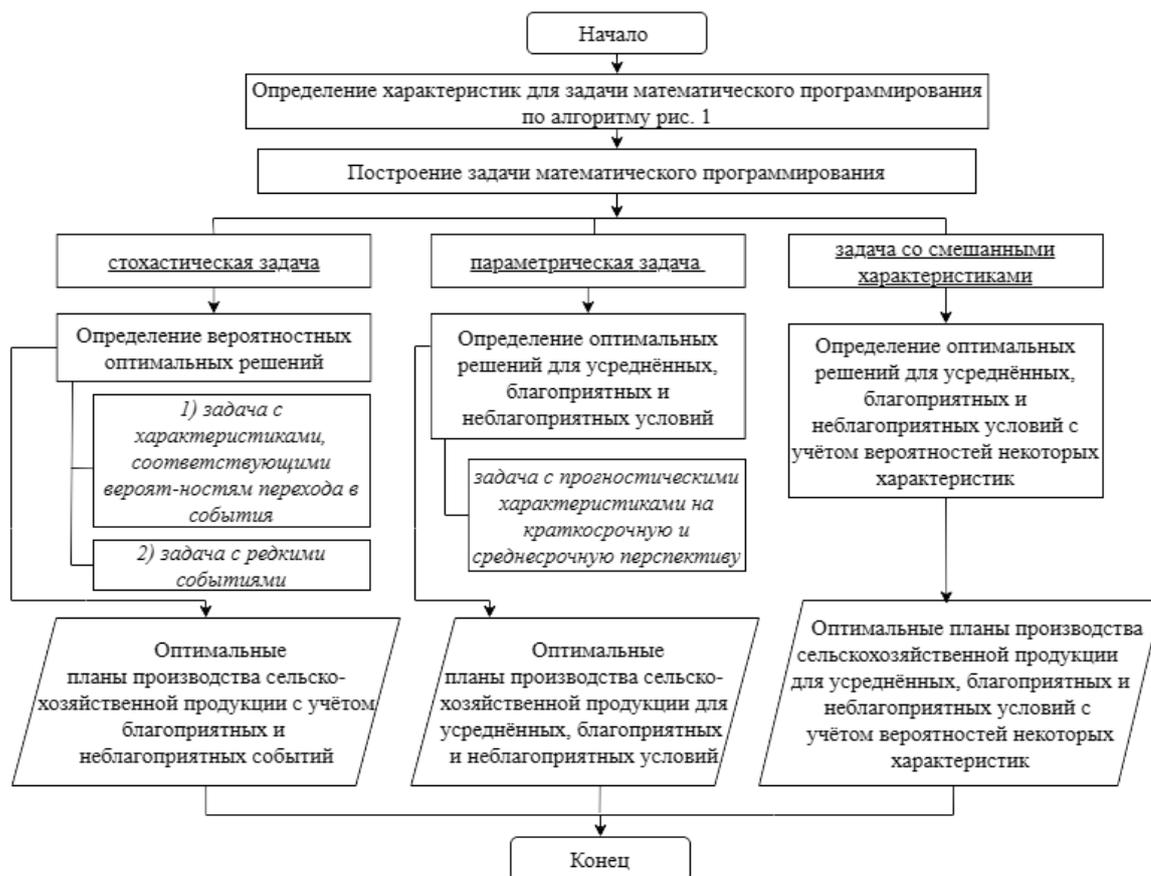


Рис. 2. – Алгоритм построения и решения экстремальных задач для планирования производства растениеводческой продукции в неблагоприятных условиях

Реализуем приведенный алгоритм на примере данных о растениеводстве в Балаганском районе за 1996 – 2022 гг. с использованием сведений 2023 г. для сравнения фактических и расчетных результатов планирования.

На основе статистического анализа временных рядов урожайности сельскохозяйственных культур выделены тренды всего ряда, локальных минимумов и локальных максимумов (таблица №1).

Для моделирования характеристики биопродуктивности наиболее приемлемыми по значимости выражений и их коэффициентов линейная и степенная функции. Точность выражений оценивалась коэффициентом детерминации R^2 , а значимость уравнения и его коэффициента по F -критерию Фишера и t -статистике Стьюдента. Отметим, что регрессионные выражения получены после анализа динамики урожайности приведенных культур. В частности, рост биопродуктивности зерновых культур в Балаганском районе, согласно локальным минимумам, начался в 2004-2006 гг., картофеля – в 2008, а моркови в 2002 г. Тенденция увеличения урожайности капусты наблюдалась с 1996 г.

В ситуациях отсутствия значимых трендов, описывающих весь временной ряд и последовательность локальных минимумов, строятся законы распределения вероятностей исходного ряда. Число событий K определяется по статистическим критериям [21]. Один из таких критериев перехода значения характеристики в события – $l\bar{y}$, где \bar{y} - среднее многолетнее значение ряда урожайности сельскохозяйственных культур, l – коэффициент меньше единицы. Авторы этой статьи предлагают в качестве l использовать соотношение $\bar{y}_t^{min}/\bar{y}_t$, где \bar{y}_t^{min} - среднее значение локальных минимумов, \bar{y}_t - среднее значение временного ряда. Вероятностная оценка наибольших потерь урожайности сельскохозяйственных культур

относительно значений трендов всего ряда $d_{tc}^{min} < 0$ и локальных минимумов $d_{min}^{min} < 0$ за многолетний период приведена в таблице №2. В приведенных выражениях y_t^c, y_{min}^{min} - события, наименьшее значение ряда.

Таблица №1

Статистическая оценка многоуровневых трендов урожайности сельскохозяйственных культур для Балаганского района по данным за 1996 – 2022 гг.

Культура	Уровень ряда	Уравнение	R^2	F-критерий	t-статистика
Пшеница	Весь ряд	$\hat{y}_t = 7,2 + 0,432t$	0,68	36,9	6,07
	Верхний уровень	$\hat{y}_t^{max} = 8,17 + 0,409t$	0,90	43,3	6,58
	Нижний уровень	$\hat{y}_t^{min} = 6,61 + 0,39t$	0,61	9,26	3,04
Овес	Весь ряд	$\hat{y}_t = 5,24 + 0,696t$	0,63	29,3	5,41
	Верхний уровень	$\hat{y}_t^{max} = 7,62 + 0,629t$	0,63	8,52	2,92
	Нижний уровень	$\hat{y}_t^{min} = 2,0 + 0,723t$	0,76	12,4	3,52
Ячмень	Весь ряд	$\hat{y}_t = 3,82 + 0,718t$	0,69	33,4	5,78
	Верхний уровень	$\hat{y}_t^{max} = 4,57 + 0,780t$	0,81	16,6	4,07
	Нижний уровень	$\hat{y}_t^{min} = 1,56 + 0,786t$	0,77	16,6	4,08
Картофель	Весь ряд	$\hat{y}_t = 99,6t^{0,144}$	0,84	70,4	8,39
	Верхний уровень	$\hat{y}_t^{max} = 98,8t^{0,165}$	0,96	63,9	7,99
	Нижний уровень	$\hat{y}_t^{min} = 98,9t^{0,127}$	0,83	15,0	3,87
Капуста	Весь ряд	$\hat{y}_t = 6,42t + 146,4$	0,54	29,9	5,46
	Верхний уровень	$\hat{y}_t^{max} = 6,43t + 190,4$	0,87	39,1	6,25
	Нижний уровень	$\hat{y}_t^{min} = 5,72t + 118,0$	0,55	7,20	2,69
Морковь	Весь ряд	$\hat{y}_t = 148,7t^{0,228}$	0,75	57,30	7,57
	Верхний уровень	$\hat{y}_t^{max} = 152,7t^{0,244}$	0,66	7,90	2,81
	Нижний уровень	$\hat{y}_t^{min} = 124,2t^{0,275}$	0,90	36,90	6,08

Для случайного ряда потери определялись как разность значений событий и среднего значения ряда или среднего локальных минимумов. При этом к событиям отнесены значения ряда, расположенные ниже среднего локальных минимумов.

Таблица № 2

Вероятностная оценка потерь урожайности сельскохозяйственных культур в Балаганском районе по данным за 1996 – 2022 гг.

Культура	K	Потери, ц/га		Год d_{min}^{min}	p_{min} для d_{min}^{min}	Событие y_t^c (т/га) при d_{min}^{min}	Год y_t^{min}	$p_{кр}$	$\bar{y}_t^{min} / \bar{y}_t$
		d_c^{min}	d_{min}^{min}						
Пшеница	4	-5,3	-4,2	2015	0,0165	0,71	2015	0,211	0,85
Ячмень	3	-5,7	-4,1	2015	0,0210	0,40	2010	0,236	0,87
Овес	3	-4,9	-2,0	2015	0,0397	0,49	2009	0,164	0,80
Картофель	2	-13,2	-10,2	2010	0,0193	10,35	2010	0,197	0,94
Капуста	5	-109,7	-69,3	2012	0,0815	14,11	2009	0,197	0,81
Морковь	6	-37,7	-16,2	2006	0,0494	15,56	2002	0,273	0,91
Среднее	4	-	-	-	0,0379	-	-	0,213	0,86

В таблице №2 вероятности редких неблагоприятных событий p_{min} и вероятности перехода значений в события $p_{кр}$, соответствующие $d_c^{min}=0$, определены по закону Пирсона III типа [22].

Расчетные значения урожайности сельскохозяйственных культур использованы в задаче параметрического и стохастического программирования с рассмотрением рядов урожайности сельскохозяйственных культур в виде иерархической структуры: все уровни ряда, локальные минимумы и максимумы.

Модель с целевой функцией в виде максимального дохода имеет вид:

$$\sum_{i \in I} \sum_{s \in S} c_{is}^h x_{is}^h \rightarrow \max (h \in H); \quad (1)$$

при условиях:

ограниченности производственных ресурсов

$$\sum_{s \in S} v_{lis}^h x_{is}^h \leq V_{li} \quad (l \in L), (i \in I); \quad (2)$$

ограниченности размера растениеводческой отрасли

$$\underline{n} \leq \sum_{i \in I} \sum_{s \in S} (1 + \eta_s^h) x_{is}^h \leq \bar{n}; \quad (3)$$

производства конечной продукции заданного объема

$$\sum_{i \in I} y(t)_{is}^h x_{is}^h \geq Y_s; \quad (4)$$

ограниченности вносимых удобрений и средств защиты растений

$$\sum_{s \in S} w_{mis}^h x_{is}^h \leq W_{mi} \quad (m \in M), (i \in I); \quad (5)$$

неотрицательности переменных

$$x_{is}^h \geq 0 \quad (i \in I), (s \in S). \quad (6)$$

Здесь x_{is}^h – искомая площадь s - культуры на i -ом поле (га); c_{is}^h – удельный доход от произведенной продукции s с поля i (руб./га); $y(t)_{is}^h$ – выход продукции с единицы площади s -культуры с поля i (ц/га), связанный с параметром t , характеризующим время; v_{lis}^h – расход l -ресурса на единицу площади s -культуры поля i (тыс. чел.-ч/га, тыс. руб./га); V_{li} – наличие ресурса l -вида для поля i ; Y_s – гарантированный (минимальный) объем производства продукции сельскохозяйственной культуры s (ц); \bar{n} , \underline{n} – максимально и минимально возможная площадь возделывания культур (га); η_s^h – коэффициент площади посевов семян s -культуры; w_{mis}^h – расход удобрения m (средства защиты растений) на единицу площади поля i для культуры s (ц/га); W_{mi} – наличие удобрения вида m поля i (ц), h – условия производства: 1- усредненные, 2 – благоприятные, 3 - неблагоприятные.

Если выход продукции s с единицы площади $y(t)_{is}^h$ представляет собой случайную величину, тогда неравенство (4) примет следующий вид:

$$\sum_{i \in I} y_{is}^{ph} x_{is}^h \geq Y_s, \quad (7)$$

где p – вероятность, которая связана с усредненными уровнями h локальных минимумов и максимумов.

В таблице №3 приведены оптимальные решения задачи стохастического программирования (1) – (3), (5) – (7) для неблагоприятной ситуации, когда урожайности сельскохозяйственных культур соответствуют средним значениям локальных минимумов с вероятностями $p_{кр}$. Для конкретного примера средняя $p_{кр}=0,213$. Максимальный доход от полученных объемов продукции превысил 91 млн руб. Во втором случае, для усредненных характеристик, значение целевой функции оказалось на 16,2% выше. При этом полученные объемы растениеводческой продукции возросли на 18,6%. Полученные результаты не учитывают наличие значимых трендов во временных рядах.

Между тем, согласно таблице №1, урожайность зерновых культур, картофеля и овощей имеет значимые тренды, благодаря которым можно осуществлять прогнозы для усредненных и неблагоприятных условий. В таблице №4 для примера приведены результаты моделирования объемов производства растениеводческой продукции на основе прогностических значений урожайности сельскохозяйственных культур с использованием всех уровней и локальных минимумов рядов. Из полученных оптимальных планов выделены результаты для 2024 и 2026 гг.

В 2024 году в Балаганском районе можно получить более 144, а в 2026 – выше 153 млн руб. в усредненных условиях деятельности товаропроизводителей. Вместе с тем при неблагоприятных условиях потери доходов могут составить 8,8 и 8,3 %, а объемов продукции еще больше – 9,6 и 9,0 %. При этом вероятные потери относительно ситуации с урожайностью сельскохозяйственных культур в виде локальных минимумов могут соответствовать 34,5 %.

Следует обратить внимание на то, что фактические данные 2023 г. хорошо согласуются с расчетными данными того же года. Планируемые значения для усредненных условий оказались выше фактических по доходу и объемам производства растениеводческой продукции на 2,6 и 3,4 %. Фактический доход от полученной продукции составил 135,795 (таблица №3), а планируемый - 139,342 млн руб.

Таблица №3

Результаты оптимизации производства растениеводческой продукции при средних локальных минимумах и усредненных характеристиках для Балаганского района

Характеристика	Пшеница	Ячмень	Овес	Картофель	Капуста	Морковь	Максимальные доходы, млн руб.
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	
Фактические данные 2023 г.							
Площадь, га	1724	623	2057	173	4	2	135,795
Урожайность, ц/га	1,82	1,26	1,68	14,88	31,13	27,35	
Объемы, т	3137,7	785,0	3455,8	2574,2	124,5	54,7	
Характеристики в виде средних локальных минимумов ($p_{кр} = 0,213$)							
Площадь, га	1724	623	2057	173	4	2	91,334
Урожайность, ц/га	1,03	0,953	0,876	12,09	19,16	22,92	
Объемы, т	1768,8	593,8	1801,9	2091,6	76,6	45,8	
Усредненные характеристики							
Площадь, га	1724	623	2057	173	4	2	106,136
Средняя урожайность, ц/га	1,152	1,028	1,221	13,100	28,370	24,870	
Объемы, т	1986,0	640,4	2511,6	2266,3	113,5	49,7	

Таким образом, предложен алгоритм определения характеристик моделей математического программирования на основе представления временных рядов в виде иерархической структуры с выделением последовательностей локальных минимумов и максимумов.

Предложенный алгоритм позволяет оптимизировать производство продукции на разных уровнях, соответствующих усредненным и

неблагоприятным условиям ведения сельского хозяйства. При этом выделен случай оценки оптимальных планов в условиях низких значений производственно-экономических характеристик, соответствующих средним локальным минимумам. Кроме того, алгоритм применим для решения экстремальной задачи с учетом редких событий.

Таблица №4

Планируемое производство растениеводческой продукции в Балаганском районе в 2024, 2026 гг. согласно решению задачи параметрического программирования

Характеристика	Пшеница	Ячмень	Овес	Картофель	Капуста	Морковь	Значение целевой функции, млн руб.
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	
Усредненные условия, 2024 г.							
Площадь, га	1741	629	2078	175	4	2	144,101
Прогноз урожайности, т/га	1,63	1,75	1,99	14,97	33,27	30,43	
Объемы, т	2838,2	1101,2	4134,4	2615,7	133,1	60,9	
Усредненные условия, 2026 г.							
Площадь, га	1776	642	2119	178	4	2	153,299
Прогноз урожайности, т/га	1,71	1,89	2,13	15,21	34,56	31,02	
Объемы, т	3037,4	1213,1	4514,2	2711,1	138,2	62,0	
Неблагоприятные условия, 2024 г.							
Площадь, га	1741	629	2078	175	4	2	131,488
Прогноз урожайности, т/га	1,48	1,65	1,72	14,16	28,39	29,37	
Объемы, т	2577,0	1038,2	3573,4	2474,2	113,6	58,7	
Неблагоприятные условия, 2026 г.							
Площадь, га	1776	642	2119	178	4	2	140,532
Прогноз урожайности, т/га	1,56	1,83	1,86	14,36	29,53	30,05	
Объемы, т	2770,9	1174,6	3942,0	2559,6	118,1	60,1	

Результаты моделирования можно использовать для планирования производства растениеводческой продукции в Балаганском районе при усредненных и неблагоприятных условиях.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (СОГЛАШЕНИЕ № 24-21-00502).

Литература

1. Бочков А.Б., Сафонов В.С. Специфика анализа и оценок показателей риска редких событий на опасных производственных объектах // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». – 2020. - №1 (42). – С. 84 – 95.

2. Малова М.Е., Рогатнев Ю.М. Влияние негативных природных условий на состояние использования земель Севера Омской области (на материалах Усть-Ишимского муниципального района) // Актуальные проблемы геодезии, кадастра, рационального земле- и природопользования : материалы Международной научно-практической конференции, Тюмень, 24 ноября 2017 года / Ответственный редактор А. М. Олейник. Том 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 6-10. – EDN YANPAT.

3. Мальцев В.Т., Султанов Ф.С., Останин В.А., Солодун В.И. Основы ресурсосберегающего земледелия Приангарья. Методические рекомендации. - Иркутск, 2001. – 176 с.

4. Потапов А.П. Моделирование влияния ресурсных факторов на выпуск продукции аграрного производства // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 154-168. – DOI 10.15838/esc.2020.4.70.9. – EDN ZRKSIM.

5. Бураева Е.В. Анализ факторов роста производства сельскохозяйственной продукции в контексте инновационного развития отрасли (на примере Орловской области) // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – № 14(317). – С. 20-30. – EDN OIWCXM.

6. Барсукова М.Н., Иваньо Я.М., Петрова С.А. Об одной модели оптимизации производства аграрной продукции в благоприятных и неблагоприятных внешних условиях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2020. – №3 (19). - С. 73-85.

7. Гонова О.В. Моделирование эколого-экономической эффективности регионального сельскохозяйственного производства // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2013. – № 2(34). – С. 39-44. – EDN QBPYUD.

8. Довгополая Е.А. Эколого-экономическая эффективность плодородия почв // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1076

9. Пряхина С.И., Гужова Е.И., Злобин Р.И. Засухи и критерии их оценки // Известия Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. - 2013. - Т. 13, вып. 2. – С. 21 – 27.

10. Belyakova A.Yu., Ivanyo Ya.M., Petrova S.A. Modeling of rare rain floods on the example of middle rivers of Angara basin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 42103. – DOI 10.1088/1755-1315/677/4/042103. – EDN YODDDV.

11. Zhupley I.V. Simulation modeling for sustainable development of production activities of an agricultural enterprise under risk conditions // . Vol. 981, 2022. – P. 032012. – DOI 10.1088/1755-1315/981/3/032012. – EDN AEZOQC.

12. Иваньо Я.М., Петрова С.А. О двух алгоритмах оптимизации производства растениеводческой продукции с учетом оценок редких природных событий // Экологический вестник. – 2013. – №2. – С. 91-97. – EDN GFHQJQJ.



13. Жорова М.Д. Влияние глобальных климатических изменений на сельское хозяйство и продовольственную безопасность // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 4. – С. 12-18. – EDN OJNVBL.

14. Бурда А.Г., Косников С.Н., Осенний В.В., Бурда С.А. Информационные системы планирования производства и оценки эффективности управления в прецизионном сельском хозяйстве. - Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – 174 с. – EDN FLQCPX.

15. Voronkova O.Y., Kundius V. Economic and mathematical modeling of the process of production of quality agricultural products // Quality - Access to Success. – 2019. – Vol. 20, No. 173. – P. 116-120. – EDN ADLEBN.

16. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: В 2 ч. Монография / Под ред. Иваньо Я.М., Дмитриева Н.Н. . - Ч.1. изд. - Иркутск: ООО «Мегапринт», 2019. - 319 с.

17. Иваньо Я.М., Петрова С.А., Барсукова М.Н., Столопова Ю.В. Задача параметрического программирования с моделями прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур // Прикладная информатика. – 2021. – Т. 16, № 6(96). – С. 131-143. – DOI 10.37791/2687-0649-2021-16-6-131-143. – EDN XXWMXF.

18. Дружинин И.П., Смага В.Р., Шевнин А.Н. Динамика многолетних колебаний речного стока . - М.: Наука, 1991. - 176 с.

19. Иваньо Я.М., Петрова С.А. Об одном алгоритме выделения аномальных уровней временного ряда для оценки рисков // Актуальные вопросы аграрной науки. - 2022. - № 42. - С. 48-57.

20. Белякова А.Ю., Бузина Т.С., Иваньо Я.М. Многокритериальная параметрическая оптимизация получения продовольственной продукции // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2024/9268



21. Кренке А.Н., Чернавская М.М., Браздил Р. Изменчивость климата Европы в историческом прошлом. - М.: Наука, 1995. - 223 с.

22. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 270 с.

References

1. Bochkov A.B., Safonov V.S. Nauchno-tehnicheskij sborni «Vesti gazovoj nauki». 2020. №1 (42). pp. 84 – 95

2. Malova M.E., Rogatnev Ju.M. Aktual'nye problemy geodezii, kadastra, racional'nogo zemle- i prirodnopol'zovanija: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Tjumen', 24 nojabrja 2017 goda Otvetstvennyj redaktor A. M. Olejnik. Tom 2. Tjumen': Tjumenskij industrial'nyj universitet, 2018. pp. 6-10.

3. Mal'cev V.T., Sultanov F.S., Ostanin V.A., Solodun V.I. Osnovy resursosberegajushhego zemledelija Priangar'ja. Metodicheskie rekomendacii [Fundamentals of resource-saving agriculture in the Angara region. Methodical recommendations]. Irkutsk, 2001. 176 p.

4. Potapov A.P. Jekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz. 2020. T. 13, № 4. pp.154-168.

5. Buraeva E.V. Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika. 2013. № 14(317). pp.20-30.

6. Barsukova M.N., Ivan'o Ja.M., Petrova S.A. Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii. 2020. № 3 (19). pp.73-85.

7. Gonova O.V. Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhenie. 2013. № 2(34). pp. 39-44.

8. Dvognopolaja E.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1076

9. Prjahina S.I., Guzhova E.I., Zlobin R.I. Izvestija Saratovskogo universiteta. Nov. ser. Ser. Nauki o Zemle. 2013. T. 13, vyp. 2. pp. 21 – 27.
 10. Belyakova A.Yu., Ivanyo Ya.M., Petrova S.A. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 nojabrja 2020 goda Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. 42103 p.
 11. Zhupley I.V. Simulation modeling for sustainable development of production activities of an agricultural enterprise under risk conditions. Vol. 981, 2022. P. 032012. DOI 10.1088/1755-1315/981/3/032012.
 12. Ivan'o Ja.M., Petrova S.A. Jekologicheskij vestnik. 2013. №2. pp. 91-97.
 13. Zhorova M.D. Mezhdunarodnyj tehniko-jekonomicheskij zhurnal. 2011. № 4. pp. 12-18.
 14. Burda A.G., Kosnikov S.N., Osennij V.V., Burda S.A. Informacionnye sistemy planirovanija proizvodstva i ocenki jeffektivnosti upravlenija v precizionnom sel'skom hozjajstve [Information systems for production planning and management efficiency assessment in precision agriculture]. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2021. 174 p.
 15. Voronkova O.Y., Kundius V. Quality Access to Success. 2019. Vol. 20, No. 173. pp.116-120.
 16. Sistema vedenija sel'skogo hozjajstva Irkutskoj oblasti: V 2 ch. Monografija [Agricultural system of the Irkutsk region: In 2 hours. Monograph] Pod red. Ivan'o Ja.M., Dmitrieva N.N. Ch. 1. izd. Irkutsk: OOO «Megaprint», 2019. 319 p.
 17. Ivan'o Ja. M., Petrova S. A., Barsukova M. N., Stolopova Ju.V. Prikladnaja informatika. 2021. T. 16, № 6(96). pp.131-143.
-



18. Druzhinin I.P., Smaga V.R., Shevnin A.N. Dinamika mnogoletnih kolebaniy rechnogo stoka [Dynamics of long-term fluctuations in river flow]. М.: Nauka, 1991. 176 p.
19. Ivan'o Ja.M., Petrova S.A. Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki. 2022. № 42. pp. 48-57.
20. Beljakova A.Ju., Buzina T.S., Ivan'o Ja.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. № 6(114). pp.154-169.
21. Krenke A.N., Chernavskaja M.M., Brazdil R. Izmenchivost' klimata Evropy v istoricheskom proshlom [Historical climate variability in Europe]. М.: Nauka, 1995. 223 p.
22. Rozhdestvenskij A.V. Ocenka tochnosti krivyh raspredelenija gidrologicheskikh harakteristik [Assessing the accuracy of distribution curves of hydrological characteristics]. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 270 p.

Дата поступления: 10.07.2024

Дата публикации: 25.08.2024