



ЗАДАЧА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ СО СЛУЧАЙНЫМИ ВЕЛИЧИНАМИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОПТИМИЗАЦИИ ТРУДОЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Ж.И. Вараница-Городовская* and Я.М. Иваньо

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Иркутск, Россия

*Corresponding author: zhanna_gorodovsk@mail.ru

ABSTRACT

Основным показателем, характеризующим производительность труда, а также его эффективность на сельскохозяйственных предприятиях, является трудоемкость производства отдельных видов продукции, т. е. затраты труда в человеко-часах на единицу производимой продукции. Поэтому задача оптимизации (минимизации) трудовых затрат на производство аграрной продукции имеет научно-практическое значение. Ее постановка и решение повышает эффективность планирования работ на сельхозпредприятиях и определяет перспективы развития хозяйства. В статье приведена методика минимизации трудовых затрат на производство аграрной продукции, учитывающая сочетание детерминированных и вероятностных производственно-экономических параметров, реализованная на примере одного из средних по размеру предприятий Иркутской области. В описанной задаче математического программирования часть параметров целевой функции может быть описана в виде нелинейных трендов с учетом верхних и нижних оценок. Другие коэффициенты при неизвестных целевой функции являются случайными величинами. Кроме того, ограничения оптимизационной задачи включают в себя вероятностные коэффициенты при неизвестных левых частях ограничений. Другими словами, сформулирована задача параметрического программирования со случайными коэффициентами при неизвестных в целевой функции и левых частях ограничений. Алгоритм решения такой задачи основан на использовании прогностических значений по выделенным трендам и моделировании случайных величин с помощью метода Монте-Карло по определенным законам распределения вероятностей. Построенная модель оптимизации трудовых затрат реализована для среднего хозяйства «Иркутские семена». При решении реальной задачи трудовых затрат на производство картофеля вычислялись по нелинейному гиперболическому тренду, а затраты на получение зерна согласно гамма-распределению. При этом урожайность зерновых культур моделировалась с помощью того же закона распределения. Таким образом, полученные оптимальные планы связаны с вероятностью затрат труда на производство этой культуры и вероятностью ее урожайности. Результатом решения задачи является распределение целевой функции, каждому значению которой соответствует оптимальный план. Кроме того, рассмотрен другой вариант модели, в которой использована линейная зависимость урожайности зерновых культур от трудовых затрат. Анализ полученных оптимальных планов показал, что результаты моделирования по второму варианту характеризуются меньшим рассеянием. Поэтому применительно к рассматриваемому хозяйству предпочтительнее использовать модель со связью урожайности зерновых и трудовых затрат на ее производство.

KEY WORDS: Оптимизация, трудозатраты, аграрное производство, тренд, вероятность

INTRODUCTION

Правильное планирование затрат труда на производство продовольственной продукции имеет теоретическое и практическое значение для повышения эффективности управления, улучшения экономических параметров и развития производительных сил. В работах [1, 3, 5, 7 и др.] определены некоторые факторы, влияющие на трудозатраты на производство растениеводческой и животноводческой продукции, и получены тенденции их многолетней изменчивости. При этом следует учитывать разнородность информации [4, 6]. Очевидно, что динамика затрат труда имеет свои особенности для каждого сельскохозяйственного предприятия. При этом наблюдаются некоторые общие закономерности [2, 3], характерные для групп предприятий, различающихся по численности работников [8]: микропредприятия, малые, средние и крупные. Исследования многолетней изменчивости трудозатрат на производство аграрной продукции показывают, что, как правило, они уменьшаются нелинейно

[3]. Причем это касается малых, средних и крупных хозяйств. Динамика же трудозатрат на микропредприятиях характеризуется непредсказуемостью [2, 3]. Что касается вида нелинейных трендов, то предложено их описание с помощью гиперболы или экспоненты с учетом верхних и нижних оценок трудозатрат. Следует иметь в виду различную точность тренда трудозатрат. Даже при наличии значимых тенденций неопределенность в изменчивости параметра остается. Наличие статистически значимых связей позволяет уменьшить степень неопределенности параметров, входящих в оптимизационные модели, способствуя повышению эффективности планирования. Целью данной работы является построение алгоритма оптимизации трудозатрат на производство аграрной продукции для средних по размеру хозяйств с учетом особенностей производственно-экономических параметров предприятий.

MATERIALS AND METHODS

При подготовке работы использованы данные о производственно-экономических показателях работы средних сельскохозяйственных предприятий за 2006-2014 гг. по Иркутскообласти [9]. Выполнен статистический анализ многолетних данных для определения особенностей изменчивости параметров, входящих в модель оптимизации трудозатрат на производство сельскохозяйственной продукции.

Согласно степени определенности рассматриваемых параметров осуществлена их кластеризация. По свойствам данных выбирается наилучший вид задачи математического программирования для оптимизации трудозатрат на производство аграрной продукции. И, наконец, создается модель, реализуемая на конкретном реальном объекте для выработки предложений по планированию.

RESULTS

Свойства параметров производства аграрной продукции оценивались на основе: определения ряда на случайность с помощью автокорреляции; выявления закона распределения по свойствам статистических параметров и критерию согласия Колмогорова-Смирнова; выделения трендов, авторегрессионных зависимостей и оценки их качества. В таблице 1 на примере среднего хозяйства ЗАО «Иркутские семена»,

специализирующемуся с дополнительным возделыванием зерновых, кормовых культур и получения мяса свиней, приведены результаты статистического анализа затрат труда за многолетний период.

Параметры \bar{x} , c_v , R^2 представляют собой среднее значение, коэффициент вариации и

детерминации. Из таблицы следует, что трудозатраты на производство картофеля описываются гиперболой с верхней и нижней оценкой, зерна – гамма-распределением, а кормовых культур и свинины – усредненными

значениями. В качестве усредненных величин приняты объемы производства, земельные ресурсы, основные фонды, оплата труда и реализация товаров.

Table-1

Параметры изменчивости трудозатрат на производство аграрной продукции в ЗАО «Иркутские семена»

Вид продукции	\bar{x}	c_v	R^2	Примечание
Зерновые	0,63	0,16	0,0	Гамма-распределение
Картофель	1,15	0,34	0,66	Тренд с учетом верхних и нижних оценок $y=0,8/(0,447+0,0569t)$

Параметры \bar{x} , c_v , R^2 представляют собой среднее значение, коэффициент вариации и детерминации. Из таблицы следует, что трудозатраты на производство картофеля описываются гиперболой с верхней и нижней оценкой, зерна – гамма-распределением, а кормовых культур и свинины – усредненными значениями. В качестве усредненных величин приняты объемы производства, земельные ресурсы, основные фонды, оплата труда и реализация товаров. Приведем модель оптимизации затрат труда на производство аграрной продукции с учетом трендов и случайных параметров. Такая задача в общем виде содержит в целевой функции помимо коэффициентов при неизвестных, описываемых трендами, случайные величины:

$$\sum_{s \in S} c_s(t)x_s + \sum_{\alpha \in A} c_\alpha^p x_\alpha + \sum_{h \in H} c_h(t)x_h \rightarrow \min; (1)$$

где x_s , x_h - искомые переменные объемы производства растениеводческой s и животноводческой продукции h ; $c_s(t)$ - затраты труда на единицу производимой растениеводческой продукции с учетом изменчивости во времени t (номер года); $c_h(t)$ - затраты труда на единицу животноводческой продукции h , изменяющиеся за время t ; c_α^p - затраты труда на единицу производимой растениеводческой продукции, подчиняющиеся законам распределения вероятностей p . В задаче определены следующие условия.

Во-первых, имеет место ограниченность производственных ресурсов:

$$\sum_{s \in S} w_{ls}^p x_s + \sum_{h \in H} w_{lh} x_h \leq W_l \quad (l \in L); (2)$$

где w_{ls}^p - расход ресурса l на единицу продукции s -культуры с вероятностью p ; w_{lh} - расход ресурса l на единицу продукции животноводства h ; W_l - наличие ресурса вида l ; Во-вторых, необходимо учитывать ограниченность размера отраслей, в том числе: растениеводства:

$$\underline{n}_r \leq \sum_{s \in S_r} (1 + \alpha_s) x_s / v_s \leq \bar{n}_r \quad (r \in R); (3)$$

где \bar{n}_r , \underline{n}_r - максимально и минимально возможная площадь культур группы r ; α_s - коэффициент, учитывающий площадь семенных посевов для культуры s ; v_s - урожайность сельскохозяйственной культуры; животноводства:

$$x_h = \lambda_{hh'} x_{h'} \quad (h, h' \in H); (4)$$

где $\lambda_{hh'}$ - коэффициент пропорциональности между поголовьем животных h и их группами h' ; h' - группы животных;

В-третьих, производство конечной продукции должно быть не менее заданного объема, в том числе: растениеводства:

$$\sum_{s \in S} v_{sq}^p x_s \geq V_q \quad (q \in Q); (5)$$

где V_q - гарантированный объем производства продукции вида q ; v_{sq}^p - выход товарной продукции q с единицы площади культуры s для вероятности p ; животноводства:

$$\sum_{h \in H} v_{q_1 h} x_h \geq V_{q_1} \quad (q_1 \in Q_1); \quad (6)$$

где V_{q_1} - гарантированный объем производства продукции вида q_1 ; $v_{q_1 h}$ - выход единицы животноводческой продукции вида q_1 ; неотрицательности переменных:

$$x_s, x_h \geq 0. \quad (7)$$

Приведенная задача оптимизации трудозатрат (1)-(7) является параметрической задачей линейного программирования со случайными параметрами в целевой функции и ограничениях. При этом полученные оптимальные планы зависят от точности прогноза трудозатрат на получение растениеводческой и животноводческой продукции и степени изменчивости коэффициентов при неизвестных левых частях ограничений в зависимости от законов распределения вероятностей. Приведенная модель может быть применена для среднего хозяйства «Иркутские семена». В этом случае изменчивость трудозатрат на производство картофеля характеризуется гиперболой, а затраты труда на получение зерновых подчиняются гамма-распределению. Этот же закон распределения справедлив при описании урожайности зерновых культур. Алгоритм решения подобных задач состоит в следующем. На основе нелинейных трендов определяются прогностические значения трудозатрат с упреждением 1-2 года. Затем с помощью метода статистических испытаний моделируются значения вероятностных параметров. Решается задача линейного программирования, оптимальный план которой соответствует смоделированной вероятности. Приведенные операции повторяются многократно. Решением экстремальной задачи является вероятностное распределение значений целевой функции с соответствующими оптимальными планами. Приведем результаты реализации алгоритма решения задачи оптимизации трудозатрат для ЗАО «Иркутские семена» с количеством испытаний, равным 100. При этом отметим, что исследования различного числа испытаний от 50 до 150 показывает, что 100 операций получения оптимальных планов вполне достаточно для отображения различных ситуаций

использования трудозатрат. Итак, точечный прогноз затрат труда на производство картофеля получен по гиперболической зависимости (табл.). При использовании функции распределения вероятностей в виде гамма-распределения для $p=0,5$ общие затраты труда на предприятии составили около 140500 чел.-часов. Для худших и лучших вариантов при $p=0,1$ и $0,9$ значения целевой функции соответствуют более 150100 и около 132000 чел.-часов. К этому следует добавить другой вариант модели минимизации трудозатрат для среднего предприятия «Иркутские семена», что связано с определением линейной зависимости между урожайностью зерновых культур от трудозатратами:

$$v_a = \mu_0 + \mu_1 c_a, \quad (8)$$

где μ_0, μ_1 - параметры линейного выражения, c_a - затраты труда, v_a - урожайность сельскохозяйственной культуры. В этом случае, как и в предыдущем, удельные трудозатраты по производству картофеля определяются по гиперболе, удельные затраты труда для получения зерна с помощью гамма-распределения, а урожайность зерновых согласно выражению (8). При моделировании значений случайных параметров применяется метод Монте-Карло. Испытания проводятся многократно. Их число определено в размере 100. Сравнения результатов моделирования показали, что во втором случае рассеяние значений целевой функции ниже, чем при использовании первого варианта модели. При этом критерий оптимальности второй задачи с линейной зависимостью урожайности сельскохозяйственных культур от трудозатрат для вероятностей $p=0,1, 0,5$ и $0,9$ равен 148500, 141900 и 134200 чел.-часов. Оба варианта моделей более адекватно отображают реальную ситуацию, связанную с использованием трудовых ресурсов по сравнению с линейной детерминированной моделью, позволяя учитывать различное развитие событий. Между тем интервал разброса полученных значений целевой функции по второй модели почти на 30% меньше, чем в первом случае. Следует так же отметить, что расчетные оптимальные планы согласуются с результатами деятельности предприятия.

DISCUSSION

Таким образом, в работе приведена методика получения оптимальных планов трудозатрат при производстве сельскохозяйственной продукции для средних предприятий по данным товаропроизводителей Иркутской области. Оценены свойства производственно-экономических параметров, что позволило предложить в качестве оптимизации трудозатрат на производство сельскохозяйственной продукции задачу параметрического программирования со случайными величинами. Предложенная оптимизационная модель реализована на примере одного из средних по размеру предприятий региона. Полученные

результаты способствуют согласно выявленным закономерностям изменчивости параметров эффективнее планировать затраты труда на производство различных видов продукции, учитывать благоприятные и неблагоприятные условия ведения сельского хозяйства. Между тем прикладная модель может быть улучшена за счет детализации ограничений и использовании дополнительных условий. Кроме того, в работе рассмотрено только точечное прогнозирование. Поэтому имеет смысл расширить информативность модели, используя интервальные прогнозы.

CONCLUSION

В работе предложена задача параметрического программирования со случайными величинами применительно к оптимизации трудозатрат для производства сельскохозяйственной продукции. Приведены два варианта моделей. В первом из них параметры, входящие в модель являются независимыми, а во втором имеет место связь урожайности сельскохозяйственных культур с удельными трудозатратами. В обоих случаях использованы полученные нелинейные тренды с

верхними и нижними оценками для описания части удельных трудозатрат на производство продукции. Для описания второй части удельных трудозатрат использованы законы распределения вероятностей.

Предложенные модели реализованы для среднего предприятия Иркутской области, позволяя повысить эффективность распределения трудовых ресурсов.

REFERENCES

1. Ван Диен Хуа. Математическое моделирование рынка продовольствия России /Диен Хуа Ван, Н.Ю. Гаврикова, Н.С. Носкова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11-2. – С. 201-203.
2. Вараница-Городовская Ж.И. Изменчивость трудовых ресурсов и агротехнологий на примере средних предприятий Иркутского района /Вараница-Городовская Ж.И., Петрова С.А. // Научно-практический журнал «Актуальные вопросы аграрной науки». – 2017. – Вып. 23, июнь. – С. 52-61.
3. Вараница-Городовская Ж.И. Моделирование изменчивости затрат труда на сельскохозяйственных предприятиях различного уровня агрегирования на примере Иркутской области / Ж.И. Вараница-Городовская, Я.М. Иваньо // Известия Байкальского государственного университета. — 2016. — Т. 26, № 5. – С. 834-839.
4. Головченко В.Б. Прогнозирование с использованием разнородной информации /В.Б. Головченко. - Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2005. - 71 с.
5. Коршунова Л.Н. Оптимизационная модель использования потенциала сезонной рабочей силы растениеводческих хозяйств /Л.Н. Коршунова // Экономический вестник Ростовского государственного университета, 2010. Т. 8 - № 2. - Ч. 2. С. 109-118.
6. Пузынина Н.В. Апробация методики прогнозирования показателей социально-экономического развития Забайкальского края на основе разнородной информации /Н.В. Пузынина //Известия Иркутской государственной экономической академии. — 2010. — № 4 (72). – С. 152-156
7. Солодовникова А.М. Оптимизация рационов кормления в мясном скотоводстве /А.М. Солодовникова //Известия

- Оренбургского государственного аграрного университета, 2014. - Вып. №2. – С. 220-223.
8. Федеральный закон от 24.07.2007 N 209-ФЗ (ред. от 29.06.2015) "О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации" (с изм. и доп.) Статья 4. Категории субъектов малого и среднего предпринимательства.
9. Формы годовой отчетности о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей агропромышленного комплекса Иркутской области за 2006-2014 гг.