

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра теории функций и стохастического анализа

**МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 248 группы
направления 09.04.03 — Прикладная информатика

механико-математического факультета
Санниковой Марины Олеговны

Научный руководитель

д-р ф.-м. наук, доцент

С. П. Сидоров

Заведующий кафедрой

д-р ф.-м. наук, доцент

С. П. Сидоров

Саратов 2024

Введение

Актуальность выбранной темы. В отечественной экономической науке эффективность производства продукции является базовым микроэкономическим понятием и одним из основных объектов изучения. Традиционно в качестве показателей эффективности производства продукции используются коэффициенты, позволяющие соотносить полученный результат и вложенные ресурсы, то есть позволяющие определить сколько получено продукции на единицу использованного ресурса. Информативность таких показателей и их ценность для принятия решений в области снижения ресурсоемкости бесспорно высоки, однако они не позволяют делать выводы об относительной эффективности работы предприятия в сравнении с конкурентами, о возможностях роста производства. Такие возможности предоставляет методика оценки технической эффективности производства продукции на основе построения моделей стохастической граничной производственной функции.

Учитывая высокую аналитическую значимость результатов оценки технической эффективности при принятии решений, а также сложность построения соответствующих экономико-математических моделей и недостаточную изученность проблем оценки их параметров с помощью специализированного программного обеспечения, тема работы может быть признана актуальной.

Объект исследования – реализация методологии оценки технической эффективности экономических субъектов в специализированном программном обеспечении обработки данных.

Предмет исследования – методология решения задач оценки технической эффективности экономических субъектов и практическое применение получаемых результатов.

Целью исследования является изучение теоретических основ и прикладных аспектов решения задач оценки технической эффективности производства продукции с использованием программного обеспечения для обработки данных.

Для достижения цели были поставлены следующие *задачи*:

- изучить категориально-понятийный аппарат оценки продуктивности и технической эффективности производства продукции;
- рассмотреть развитие методологии экономико-математического мо-

делирования производства продукции;

— обосновать применение стохастической граничной производственной функции для оценки технической эффективности производства продукции;

— провести анализ современного программного обеспечения, имеющего функции решения задач оценки технической эффективности производства продукции;

— рассмотреть особенности спецификации стохастической граничной производственной функции Кобба-Дугласа и оценки технической эффективности производства продукции в среде R;

— подготовить исходные данные и осуществить спецификацию моделей оценки технической эффективности с применением инструментария среды R;

— сформировать прогнозные сценарии развития зернового производства в Саратовской области на основе моделей оценки технической эффективности сельскохозяйственных предприятий.

Гипотеза исследования состоит в предположении, что применение возможностей обработки данных современных программных средств позволяет получать достоверные результаты, позволяющие формировать информационную базу для принятия решений и прогнозирования экономических процессов.

Методы исследования: в процессе изучения понятийно-категориального аппарата исследования применялись исторический, монографический, абстрактно-логический методы. При подготовке эмпирических данных и в ходе работы по оценке технической эффективности предприятий использовались экономико-статистические методы, методы сравнительного анализа, экономико-математические методы и модели.

Методологической и теоретической базой исследования послужили положения теории факторов производства и связанной с ней концепции производственных функций. В работе также использована концепция экономической эффективности, основанная на оценке границы производственных возможностей и технической эффективности. В исследовании в качестве базовой формы производственной функции использовалась функция Кобба-Дугласа с технологическим параметром экономического роста ρ . Солоу.

В качестве *информационной базы исследования* использовались научно-

практическая литература, официальные статистические данные, законодательные правовые акты, информационные ресурсы сети Интернет по рассматриваемой тематике, эмпирические данные. В том числе материалы Федеральной службы государственной статистики РФ, Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области, отчетность сельскохозяйственных предприятий Саратовской области.

Научная новизна исследования заключается в уточнении методологии оценки технической эффективности и разработке методических подходов к использованию программных средств в ходе моделирования и прогнозирования экономических процессов, в том числе формирования моделей граничной производственной функции.

Теоретическая значимость работы состоит в уточнении теоретико-методологической базы подбора экономико-математической модели для оценки технической эффективности предприятий с применением программных средств, в частности пакета *frontier* среды R.

Практическая значимость. Выводы, сформулированные в выпускной квалификационной работе представляют собой конкретные практические рекомендации и предложения по применению методики моделирования и прогнозирования технической эффективности предприятий и использованию полученных результатов для разработки инструментов повышения эффективности и роста производства. Предложения могут быть использованы предприятиями в процессе планирования технико-технологической модернизации и стимулирования инновационных процессов.

Работа прошла *апробацию* на международной и всероссийских научно-практических конференциях, в частности: Международной научно-практической конференции «CFarEastCon-2019» (ФГАОУ ВО Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, 2019 год), Всероссийской научно-практической конференции «Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы» (ФГБОУ ВО Саратовской ГАУ, Саратов, 2019 год), II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты» (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, Нальчик, 2022 год), XII Международной научно-практической конференции «Математическое и компьютерное моде-

лирование в экономике, страховании и управлении рисками» (Саратов, 16–18 ноября 2023 г.), ежегодной студенческой конференции «Актуальные проблемы математики и механики» (ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», секция «Анализ данных», 24 апреля 2024 г.).

Основные результаты опубликованы в *следующих статьях*:

1. Санникова, М. О. Оценка и повышение технической эффективности сельскохозяйственного производства в условиях риска // Научное обозрение: теория и практика. – 2019. – Том 9, Выпуск 8. – С. 1139–1153.

2. Sannikova, M. O. (2020) The Influence of Technical Efficiency and Weather Risk on Crop Production in Russian Agriculture. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 753.

3. Санникова, М. О. Влияние производственного риска и технической эффективности на производство продукции растениеводства в Саратовской области // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 5. – С. 37–43.

4. Санникова, М. О. Развитие методологии анализа экономической эффективности использования продовольственного потенциала России и ее регионов / В сборнике: Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, ООО «ЦеСАин», 2022. – С. 20–24.

Структура исследования: Настоящая работа состоит из введения, трех разделов основного текста, заключения, списка использованных источников и приложений. Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы объект и предмет, определены цель, задачи и методы исследования.

В первом разделе исследованы базовые понятия эффективности деятельности экономических субъектов, в том числе «продуктивность», «эффективность», «техническая эффективность», систематизированы эконометрические модели оценки технической эффективности на основе граничных производственных функций, особое внимание уделено изучению возможностей стохастических граничных производственных функций и перспектив их использования в анализе и прогнозировании экономических процессов.

Во втором разделе представлены результаты анализа современных инструментов решения задач оценки технической эффективности: их актуальности, используемых платформ, функционала, особенностей обработки исходных данных и получаемой информации.

В третьем разделе на основе эмпирических данных о деятельности производителей зерна Саратовской области, с использованием пакета *frontier* среды R, получены спецификации моделей оценки технической эффективности разных видов и модификаций. Разработаны параметры сценариев развития производства зерна в Саратовской области, в их рамках с применением эконометрических моделей получены прогнозные значения показателей отрасли на период до 2030 года.

В *заключении* представлены выводы по проведенному исследованию.

Основное содержание

В первом разделе **«Теоретико-методологические основы оценки технической эффективности производства продукции»** раскрывается концепция технической эффективности деятельности экономических субъектов, рассматриваются подходы к ее оценке с применением аппарата детерминированных и стохастических производственных функций.

Исторически в российской и зарубежной науке при оценке деятельности предприятий применяются различные показатели продуктивности. Понятие продуктивности обобщенно описывает результативность использования факторов производства (в классическом представлении – труда, земли, капитала). Продуктивность как показатель в самом общем представлении отражает соотношение конечного продукта, произведенного предприятием, и затраченных на его производство ресурсов.

Довольно часто в литературе понятия продуктивности и эффективности используются как синонимы. Разграничению этих понятий, а также разработке подходов к понятию эффективности в середине прошлого века были посвящены работы G. Debreu, T. C. Koopmans, M. J. Farrell, с чьими именами связана разработка концепций границы производственных возможностей (production possibility frontier) и технической эффективности (technical efficiency). Исследователи указывали на возможность оценивать эффективность, с помощью сравнения наблюдаемых показателей деятельности пред-

приятая с некоторым стандартом идеальной эффективности. Техническая эффективность в данном случае означает получение максимально возможного объема выпуска при заданном наборе ресурсов или отношение фактической продуктивности к максимально возможной. Максимальная продуктивность может быть выражена через границу производственных возможностей (production possibility frontier), а эффективность отражает разницу между фактической продуктивностью и границей производственных возможностей.

Определение максимальной или теоретической эффективности как базы сравнения представляет собой определенную проблему. Поэтому считается, что максимальная эффективность достигнута, если нет оснований признать производство продукта неэффективным в ходе сравнения с другими сопоставимыми производствами. Сопоставимыми в этом случае являются производства, имеющие одни и те же цели, одинаковое количество задействованных факторов, одинаковый производимый продукт.

Таким образом имело место изменение взглядов на изучение производственных функций: акцент сместился с анализа продуктивности ресурсов (factor productivity) на анализ отклонений от нее. Развитие получили соответствующие модели и методы оценки. К настоящему времени разработано большое количество моделей оценки технической эффективности с применением аппарата детерминированных и стохастических производственных функций.

Концепция стохастической граничной производственной функции (stochastic frontier production function) была разработана G. Aigner, W. Meeusen, J. Van den Broeck.

Согласно работам G. Aigner, граничная производственная функция:

$$y_i = f(\mathbf{x}_i; \alpha) + \varepsilon_i \quad i = 0, 1, \dots, N, \quad (1)$$

где y_i — максимально возможный выпуск i -й фирмы, получаемый при использовании вектора затрат ресурсов \mathbf{x}_i , α — оцениваемый вектор неизвестных параметров. Структура ошибок имеет вид: $\varepsilon_i = v_i + u_i$ ($u_i \leq 0$). Неположительная компонента u_i отражает тот факт, что объем производства должен находиться либо на границе производственных возможностей, либо ниже нее. Сама граница может варьироваться случайным образом для разных фирм

или с течением времени для одной и той же фирмы. Граница является стохастической, причем случайные возмущения – результат как благоприятных, так и неблагоприятных внешних событий, таких как климат или погодные условия, расположение производства, производительность машин и пр. Разработанный подход получил название SFA (Stochastic Frontier Approach).

Предполагается, что компонента неэффективности u_i имеет несимметричное распределение (полунормальное или усеченное в нуле), а v_i – нормальное распределение $N(0, \sigma_v^2)$. Компоненты ошибок распределены независимо.

В большей степени анализ стохастической границы направлен на оценку технической неэффективности (или в обратной интерпретации – технической эффективности). Наиболее распространенной мерой технической эффективности является отношение наблюдаемого количества произведенной продукции к соответствующему стохастическому граничному производству:

$$TE_i = \frac{q_i}{\exp(\mathbf{x}_i' \beta + v_i)} = \frac{\exp(\mathbf{x}_i' \beta + v_i - u_i)}{\exp(\mathbf{x}_i' \beta + v_i)} = \exp(-u_i). \quad (2)$$

Этот показатель технической эффективности принимает значение от нуля до единицы. Он измеряет производство продукции i -го предприятия по отношению к производству продукции, которая могла бы быть произведена абсолютно эффективным предприятием, использующим те же ресурсы.

Во втором разделе «**Инструменты решения задач оценки технической эффективности**» был проведен сравнительный анализ современных инструментов построения граничных производственных функций и оценки технической эффективности.

Среди наиболее известных специализированных программных средств для оценки моделей стохастической граничной производственной функции и анализа технической эффективности производства продукции на макро- и микроэкономическом уровне можно выделить STATA 18, FRONTIER 4.1, пакет *frontier* для программной среды R.

Пакет *frontier* для программной среды R предназначен для оценки стохастических граничных функций производства продукции с помощью метода максимального правдоподобия. Пакет обеспечивает построение двух модификаций модели: моделей с изменяющимися во времени (динамическими)

показателями технической эффективности и моделей с включением дополнительных переменных, оказывающих влияние на производство продукции.

В третьем разделе «**Практическая часть**» на примере выборки данных о деятельности производителей зерна Саратовской области получены модели оценки технической эффективности, осуществлен их сравнительный анализ, проанализирована динамика технологических изменений в производстве зерна за 2010–2022 гг., уровень технической эффективности хозяйств, сформированы прогнозные сценарии развития отрасли до 2030 года.

Для решения задач оценки технической эффективности использовались данные производителей зерновых и зернобобовых культур. Была сформирована несбалансированная панельная база данных, включающая сведения о хозяйствах за период 2010–2022 гг. с общим количеством наблюдений 3516. В целом по области доля землепользования хозяйств, попавших в выборку, в земельной площади Саратовской области составила 30 %.

После процедур отбора переменных, спецификация модели (1) приобрела следующий вид: в качестве меры выпуска продукции используется количество произведенного зерна (y , переменная *Grane*); в качестве факторных ресурсных переменных в модели технической эффективности используются размер посевных площадей (x_1 , переменная *PlantLand*) как мера масштаба производства, затраты на оплату труда (x_2 , переменная *Labour*), затраты на семена (x_3 , переменная *Seed*), затраты на удобрения (x_4 , переменная *Fert*), амортизация основных средств (x_5 , переменная *Capital*).

Материальные затраты были приведены к уровню 2010 года с помощью применения индексов цен на промышленные товары и услуги, приобретенные сельскохозяйственными организациями. Затраты на оплату труда были скорректированы на значения индексов реальной заработной платы.

В качестве центральных моделей в работе рассмотрены спецификации моделей, позволяющие получать оценки технологических изменений и технической эффективности производителей зерна, основанные на применении стохастических граничных производственных функций. В частности модель независимой от времени технической эффективности и модель зависимой от времени технической эффективности (реализованные в двух вариантах – с учетом технологических изменений и без их учета).

Стохастические граничные модели оценки технической эффективности имеют общий вид:

$$\ln y_{kt} = \ln f(x_{kt}, t, k) - u_{kt} + v_{kt} \quad (3)$$

где $k = 1, \dots, K$ – сельскохозяйственное предприятие, $t = 1, \dots, T$ – период.

Перечень используемых в работе моделей и их модификаций представлены в виде матрицы на рисунке 1. Из приведенных видов моделей наиболь-

		Без определения технической эффективности	С определением независимой от времени технической эффективности	С определением зависимой от времени технической эффективности	
		Без дополнительных переменных, объясняющих значения технической эффективности	Без дополнительных переменных, объясняющих значения технической эффективности	Без дополнительных переменных, объясняющих значения технической эффективности	С дополнительными переменными, объясняющими значения технической эффективности
Без учета технологических изменений	Анализ панельных данных		Модель независимой от времени технической эффективности (CDSfaInv)	Модель зависимой от времени технической эффективности (CDSfaVar)	
С учетом технологических изменений	Анализ панельных данных	Модель технологических изменений на основе оценки панельных данных (CDplm)	Модель независимой от времени технической эффективности (CDSfaInvTime)	Модель зависимой от времени технической эффективности (CDSfaVarTime)	
	Анализ перекрестных данных	Модель технологических изменений на основе объединенной оценки перекрестных данных (CDlm)			

Рисунок 1 – Систематизация моделей оценки технической эффективности, используемых в работе

ший аналитический интерес представляют модель зависимой от времени технической эффективности без учета технологических изменений и модель зависимой от времени технической эффективности с учетом технологических изменений (на базе производственной функции Кобба-Дугласа).

Особенность этих моделей заключается в предположении, что для всех предприятий имеется единая граница производственных возможностей ($f(x_{kt}, t, k) = f(x_{kt}, t) \forall k, t$) и зависимая от времени техническая эффективность ($u_{kt} = u_k \exp(-\eta(t - T)) \forall k, t$). Здесь $k = 1, \dots, K$ – номер, идентифицирующий сельскохозяйственное предприятие, $t = 1, \dots, T$ – период. Такая постановка задачи означает, что каждое предприятие имеет индивидуальную эффективность и, соответственно, показатель неэффективности u_{kt} , которые могут изменяться с течением времени с одинаковым коэффициентом η .

По результатам оценок обеих моделей средняя техническая эффективность производителей зерна незначительно отличается и составляет 0,727 и 0,731 (рисунок 2), все коэффициенты факторных переменных значимы и положительны. Модель с учетом технологических изменений демонстрирует технологический рост на уровне 1,6 % в год. Эластичности выхода продукции двух моделей по факторам производства одинаковы и составляют: для затрат на оплату труда – 0,18, для затрат на семена – 0,12, для затрат на удобрения – 0,01, для амортизации – 0,25. Сумма коэффициентов превышает единицу, что означает возрастающую отдачу от масштаба.

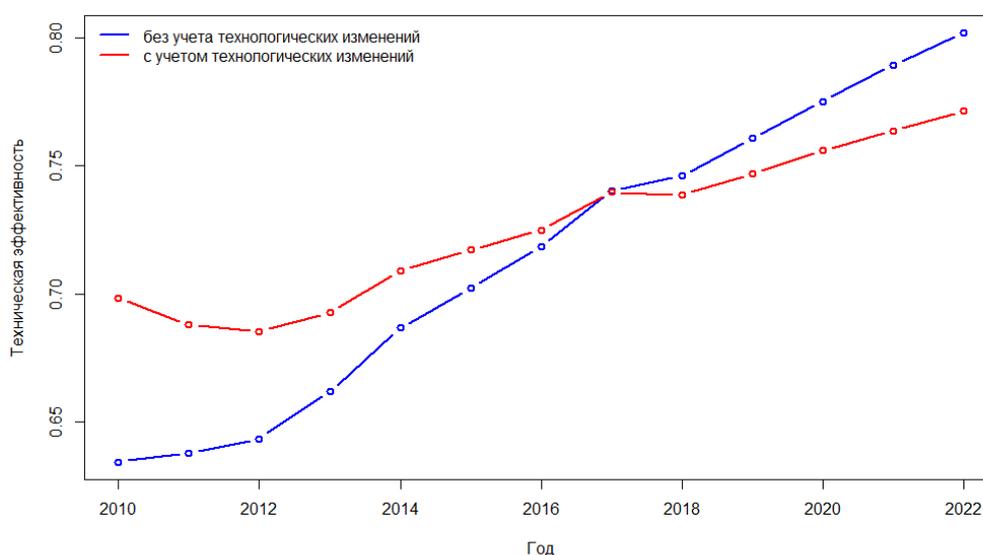


Рисунок 2 – Динамика средних значений коэффициентов технической эффективности производителей зерна Саратовской области

Приоритетные направления государственной поддержки, задачи стимулирования развития зернового производства установлены Госпрограммой «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия», а также Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года.

Стратегия предлагает два сценария развития АПК – базовый и целевой, характеризуемые определенным набором показателей. В частности индексы физического объема инвестиций в основной капитал за период 2020–2030 гг. должны составить 114 % и 150 % соответственно в базовом и целевом вари-

анте, внесение минеральных удобрений на 1 га посевов (в пересчете на 100 % питательных веществ) должно достичь в 2030 году 81,7 и 115,6 кг/га в рамках соответствующих сценариев. Установленная зависимость выхода продукции зернового производства от ресурсных факторов позволяет предположить ускорение технологического роста и повышение технической эффективности производителей при выполнении целевых показателей Стратегии.

Для прогнозирования урожайности зерновых и зернобобовых культур в Саратовской области до 2030 года в рамках сохранения текущих тенденций были использованы линейная модель, метод Хольта, модель ARIMA. С учетом всех факторов и допущений наилучшей спецификацией была признана модель ARIMA (2,1,0). В 2030 года ожидаемое значение урожайности зерновых и зернобобовых культур составляет 18,0–19,0 ц/га.

Для прогнозирования производства зерна по сценариям Стратегии использовались две модификации модели зависимой от времени технической эффективности – без учета технологического развития и с учетом технологического развития. Оценки коэффициентов временных переменных для модели с учетом технологического развития характеризовались низкой значимостью, поэтому для дальнейшей работы использовалась первая модель.

Значения амортизации основных средств для каждого хозяйства рассчитывались с применением индексов физического объема инвестиций до 2030 года. Затраты на удобрения определялись с учетом средней стоимости комплексных удобрений в пересчете на 100 % питательных веществ, по данным ЕМИСС. Результаты моделирования производства зерна в 2030 году с применением указанных условий по двум сценариям по модели зависимой от времени технической эффективности представлены в таблице 1.

Достижение целевых значений физического объема инвестиций и внесения удобрений существенно повысит производство зерна хозяйствами Саратовской области. Ожидаемая урожайность составит в соответствии с базовым сценарием 29,40 ц/га, в соответствии с целевым сценарием – 31,58 ц/га. Прогнозы урожайности зерновых и зернобобовых культур в Саратовской области, предполагающие сохранение прежнего уровня ресурсного обеспечения и текущих тенденций, показали более пессимистичный результат (18,00–19,00 ц/га).

Таким образом, с помощью моделей оценки технической эффективно-

Таблица 1 – Фактические и прогнозные значения показателей производства зерна в Саратовской области

Показатель	Фактические значения			Прогноз на 2030 г.	
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	базовый сценарий	целевой сценарий
Урожайность зерновых и зернобобовых культур в среднем по выборке, ц/га	22,02	17,09	31,23	29,40	31,58
Итого затрат на 1 га в среднем по выборке, тыс. руб.	8,51	7,67	9,98	8,51	8,51
Затраты на оплату труда на 1 га в среднем по выборке, тыс. руб.	1,22	1,08	1,32	1,22	1,22
Затраты на семена на 1 га в среднем по выборке, тыс. руб.	1,03	1,04	1,13	1,03	1,03
Затраты на удобрения на 1 га в среднем по выборке, тыс. руб.	0,34	0,57	0,69	1,06	1,45
Амортизация основных средств на 1 га в среднем по выборке, тыс. руб.	2,33	2,11	2,95	2,65	3,49

сти были выявлены проблемы ресурсного обеспечения сельхозтоваропроизводителей Саратовской области, для устранения которых необходима разработка соответствующих инструментов, в том числе техническое переоснащение и соблюдение научно-обоснованных систем ведения хозяйства, что позволит перевести зерновой комплекс региона на новый качественный уровень и повысить техническую эффективность сельхозтоваропроизводителей.

Заключение

В ходе выполнения работы установлено, что техническая эффективность отражает отношение фактической продуктивности к максимально возможной, т.е. соответствует наиболее эффективной практике, улучшить показатели которой невозможно без изменения объемов ресурсов или технологии.

Рассмотрены подходы к оценке технической эффективности с применением аппарата детерминированных и стохастических производственных функций: граничной производственной функции, стохастической граничной производственной функции, функции, учитывающей производственный риск.

Также установлено, что стохастическая граничная производственная функция предоставляет необходимый инструмент для оценки технической эффективности. Получение ее оценок основано на вычислении параметров стохастической граничной производственной функции с неположительной компонентой неэффективности и случайной компонентой ошибок, в основе

которой могут лежать производственные функции различных классов (линейные, Кобба-Дугласа, квадратичные и др.).

Проведенный анализ программного обеспечения, имеющего функции решения задач оценки технической эффективности производства продукции, выявил основные программные продукты с требуемым функционалом: STATA 18, FRONTIER 4.1, пакет *frontier* для R. В процессе изучения работы пакета *frontier* для R установлено, что он предназначен для оценки стохастических граничных функций производства продукции с помощью метода максимального правдоподобия, обеспечивает построение двух модификаций модели: моделей с изменяющимися во времени (динамическими) показателями технической эффективности и моделей с включением переменных, оказывающих влияние на производство.

Теоретические результаты исследования использованы для получения стохастических граничных производственных функций и оценки технической эффективности по эмпирическим данным о работе сельскохозяйственных предприятий Саратовской области, специализирующихся на производстве зерновых и зернобобовых культур. В выборку вошли данные о производстве зерна и затратах на выращивание зерновых за 2010–2022 гг. сельскохозяйственных предприятий, сформировавшие несбалансированную панель, содержащую до 340 наблюдений в одном периоде.

С применением пакета *frontier* была осуществлена спецификация ряда моделей на основе граничной производственной функции: модель технологических изменений на основе объединенной оценки перекрестных данных; модель технологических изменений на основе оценки панельных данных; модель независимой от времени технической эффективности (с учетом и без учета технологических изменений); модель зависимой от времени технической эффективности (с учетом и без учета технологических изменений).

По критериям качества и аналитическим возможностям оптимальной была признана модель зависимой от времени технической эффективности. Изучение ее выходных данных позволило сделать выводы о постоянном росте технической эффективности предприятий за последние 13 лет, влиянии общего технологического развития отрасли на показатели технической эффективности производителей зерна. Также установлено, что перспективным

для ускорения технологического развития и повышения технической эффективности является рост инвестиций и доведение внесения в почву минеральных удобрений до научно-обоснованных норм.

С помощью пакета *forecast* среды R и других инструментов нами был получен инерционный прогноз динамики урожайности зерновых до 2030 г. с использованием средних показателей по Саратовской области за 1990—2021 гг. на основании анализа текущих тенденций. Ожидаемые значения урожайности зерновых составили 18,0–19,0 ц/га.

При разработке сценариев прогноза производства зерна предприятиями Саратовской области нами в соответствии с выбранными направлениями развития (рост инвестиций и внесения удобрений), основываясь на индикаторах Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, были сформированы базовый и целевой сценарий. Сценарии предусматривают рост внесения удобрений до 81,7 и 115,6 кг/га к 2030 году и индекс физического объема инвестиций в основные средства 114,0 и 150 % за 2020–2030 гг. соответственно. Использование полученных моделей и, в частности, модели зависимой от времени технической эффективности позволило получить прогнозные значения развития отрасли. В том числе рост урожайности прогнозируется на 25,41 % по базовому сценарию и на 34,68 % по целевому; при этом ожидаемая урожайность – 29,40 ц/га и 31,58 ц/га соответственно.

Таким образом с помощью инструментария среды R были получены модели оценки технической эффективности производителей зерновых и зернобобовых культур Саратовской области, которые позволили определить ключевые факторы роста производства зерна. К таким факторам отнесены инвестиции в основной капитал и обеспечение норм внесения минеральных удобрений. Результаты прогнозирования подтвердили верность сделанных предположений, показав рост урожайности зерновых культур. Считаем, что использование возможностей специализированного программного обеспечения для моделирования экономических процессов является необходимой основой анализа, прогнозирования и принятия решений в сфере стимулирования роста и развития как на микро- так и макроэкономическом уровне.