

*Е. В. Понькина, Д. В. Курочкин***Технологическая эффективность производства продукции растениеводства: измерение на основе эконометрических методов Data Envelopment Analysis и Stochastic Frontier Analysis****E. V. Ponkina, D. V. Kurochkin***Technical Efficiency in Crop Production: Measurement Based on Econometric Methods of Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis**

Цель работы — исследование и применение базовых эконометрических методов измерения эффективности: *метод оболочки данных (Data Envelopment Analysis — DEA)* и *метод стохастической границы (Stochastic Frontier Analysis — SFA)* для измерения эффективности сельскохозяйственного производства. Новизна полученных результатов заключается в обосновании методического подхода синтеза оценок эффективности, полученных на основе методов DEA и SFA, его апробации на реальных данных 100 сельскохозяйственных предприятий Алтайского края за период 2008–2012 гг. В процессе исследования выявлены значимые факторы, влияющие на технологическую эффективность производства продукции растениеводства, главные из которых: масштаб деятельности предприятия, доля выручки от производства продукции растениеводства, урожайность зерновых и зернобобовых культур, численность рабочих на предприятии, возраст руководителя. Анализ эффективности производства продукции растениеводства в условиях Алтайского края показал, что прирост рентабельности производства продукции растениеводства при эффективном функционировании в действующих экономических условиях возможен на 48–62%, за счет прироста урожайности зерновых и зернобобовых культур на 2–3 ц/га, выручки — на 0,85–1,36 тыс. руб./га и снижения затрат на производство.

Ключевые слова: эффективность, граница эффективности, эконометрический подход, метод обволакивающей поверхности, метод стохастической границы, растениеводство, Алтайский край, Кулундинская степь.

DOI 10.14258/izvasu(2014)1.1-38

Введение. Управление субъектами хозяйствования в изменяющихся социально-экономических условиях связано с измерением и анализом эффективности

The purpose of the research is to study the main econometric methods of efficiency measurement — Data Envelopment Analysis (DEA) and Stochastic Frontier Analysis (SFA), and their practical application for measuring the technical efficiency in crop production. The results are new and crucial due to the fact that DEA and SFA are utilized for obtaining mixed measurements of efficiency. Based on the proposed approach, we evaluate technical efficiency in crop production of 100 farms at Kulunda steppe (Altai Region) for the last five years. Within the research, some significant factors are revealed that affects the technical efficiency in crop production at Kulunda steppe. Some of them are: size of sown area, share of revenue from crop production, yield of grain and leguminous crops, number of workers employed in a farm, age of a farm head, and type of ownership. The analysis of technical efficiency in crop production at Kulunda steppe leads to the following conclusions: crop production rentability of 48–62% under the current economic conditions is available due to yield growth of grain and leguminous crops by 2–3 center per ha with the revenue growth of 0.85–1.36 thousands of rubles per ha, and decreasing of production costs.

Key words: efficiency, efficiency frontier, econometric approach, Data Envelopment Analysis, Stochastic Frontier Analysis, crop production, Altai Region, Kulunda steppe.

их деятельности. В последние годы в рамках решения этой проблемы активное развитие получил *граничный эконометрический подход*, в соответствии с которым

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект №13-06-98019 «Количественная оценка влияния технологических и социально-экономических факторов на результативность сельскохозяйственных предприятий Алтайского края на основе методов Data Envelopment Analysis (DEA) и Stochastic Frontier (SF)»).

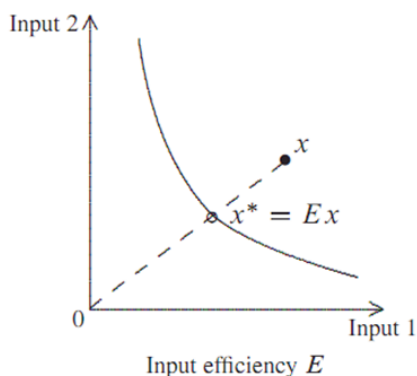
организация выступает в роли преобразователя имеющихся у нее на «входе» ресурсов/факторов $x = (x_1, \dots, x_s)$ (переменных/параметров «входа») в получаемые на «выходе» результаты $y = (y_1, \dots, y_r)$ (выпуск продукции, результирующие переменные/параметры «выхода»)). Организация считается технологически эффективной (*Koopmans-Efficiency*), если вектор «входов-выходов» (x, y) является «граничной» точкой в пространстве производственных возможностей T ($T = \{(x, y) \in R^{s+r}_+ : x \text{ производит } y\}$), доминирует позиции других оцениваемых объектов ($x \leq x_i; y \geq y_i, (x_i, y_i) \in T$) и не может быть доминирован ни одним другим объектом выборки [1, с. 24]. Выявление среди N сравниваемых объектов доминирующих позволяет построить границу эффективности T^E (*Efficiency Frontier*), множество точек которой описывается $(x^*, y^*) \in T$, удовлетворяющих свойству эффективности по Купмансу: $T^E = \{(x^*, y^*) \in T : M(D(x^*, y^*)) = \emptyset\}$, где $M(D(x^*, y^*))$ — мощность множества доминирующих ситуацию (x^*, y^*) объектов $D(x^*, y^*) = \{(x, y) \in T : (x, y) \succ (x^*, y^*)\}$ (знак « \succ » означает доминирование) [1, с. 25].

Идея оценки технологической эффективности (*Technical Efficiency*) как степени пропорционального

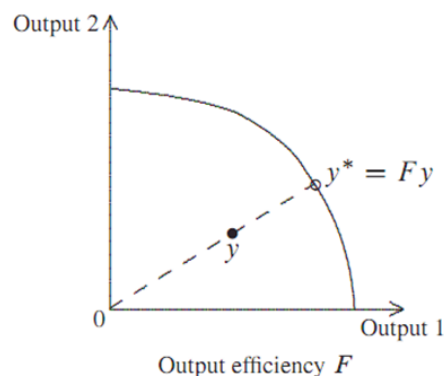
уменьшения (увеличения) входов (выходов), необходимой для достижения границы эффективности T^E , была впервые сформулирована в 1951 г. Ж. Дебрэ [2] и развита в 1957 г. М. Фарреллом [3], который обосновал декомпозицию общей эффективности (*Overall Efficiency*) на технологическую и аллокативную составляющие. Измерение технологической эффективности по Фарреллу (*Farrell-Efficiency*) базируется на вычислении радиальной меры отклонения наблюдаемого состояния оцениваемого объекта (x, y) от граничного (эффективного) (x^*, y^*) и выражается в виде индекса эффективности (*Index Efficiency*) — IE ($IE \leq 1$).

Технологическая эффективность по входу (*Input Efficiency*) измеряется путем вычисления величины возможного пропорционального сокращения входов при заданном выходе: $E = \min\{E > 0 : (Ex, y) \in T^E, (x, y) \in T\}$, $E \leq 1$ и $IE = E$ (рис. а).

Технологическая эффективность по выходу (*Output Efficiency*) характеризуется величиной возможного пропорционального увеличения выходов при заданном входе: $F = \max\{F > 0 : (x, Fy) \in T^E, (x, y) \in T\}$, $F \geq 1$, $IE = 1/F$ (рис. б).



а



б

Принцип измерения технологической эффективности по Фарреллу: а — измерение эффективности по входу;

б — измерение эффективности по выходу

Подход Дебрэ-Фаррелла к измерению эффективности функционирования экономических систем получил широкое распространение в зарубежной практике менеджмента в различных сферах деятельности. Объекты, лежащие на границе эффективности либо ближайшие к ней, осуществляют более эффективно преобразование входов в выходы, соответственно характеризуются наилучшей (среди сравниваемых объектов) практикой организации деятельности (*the best practice*). Регулирование внутренних параметров в направлении достижения граничных показателей (x^*, y^*) обеспечивает улучшение производственных

и экономических результатов, а величины отклонения от граничных значений $\Delta x = x - x^*$ и $\Delta y = y^* - y$ — потенциальную экономию ресурсов и резервы роста выпуска соответственно. Знание особенностей организации производства на предприятиях, реализующих наилучшие практики, оценка Δx и Δy , анализ условий и факторов, обуславливающих высокую (либо, наоборот, низкую) эффективность деятельности, создают информационную основу принятия решений по совершенствованию механизмов функционирования объектов на различных уровнях управления.

Базовыми методами измерения эффективности в соответствии с концепцией Дебрэ-Фаррелла являются *метод обволакивающей поверхности* (*Data Envelopment Analysis — DEA*) и *метод стохастической границы* (*Stochastic Frontier Analysis — SFA*), развитые в рамках детерминированного и стохастического подходов приближения границы эффективности. Методы DEA и SFA получили широкое распространение в зарубежной практике оценки эффективности деятельности организаций, в том числе сельскохозяйственных предприятий. В последние годы наблюдается повышенный интерес к теории и практике применения данных методов среди российских ученых, однако результаты оценки эффективности сельскохозяйственного производства носят единичный характер [4–7].

Исследование структуры эффективного и неэффективного производственного процесса с точки зрения рациональности использования ресурсов, потерь продуктивности, прибыли и снижения рентабельности при производстве сельскохозяйственной продукции, выявлении условий и факторов, существенно влияющих на эти процессы, является важнейшими задачами управления региональной агропроизводственной системой. Эта проблема особенно актуальна для Алтайского края, в котором сельское хозяйство играет решающую роль в развитии региональной экономики. Указанные аспекты обуславливают актуальность и недостаточную исследованность вопросов практического использования данных методов для оценки эффективности сельскохозяйственного производства, в частности производства продукции растениеводства. Требуют уточнения: выбор модели измерения эффективности; процедуры сбора и обработки первичных данных с учетом особенностей действующей системы статистического наблюдения; алгоритмы последующей обработки и анализа результатов. Кроме того, как показывает зарубежная практика, методы DEA и SFA дополняют друг друга, способствуя повышению объективности суждений о степени эффективности функционирования объектов. В связи с этим в работе предлагается подход получения смешанной оценки эффективности на основе указанных методов. Апробация предложенного подхода выполнена по данным ряда сельскохозяйственных предприятий Алтайского края.

Методология оценки эффективности. Теоретические основы методологии DEA были разработаны группой авторов (А. Чарниз, В. Купер, И. Родес и Р. Бэнкер [8, 9]), обосновавших конструкцию базовых DEA-моделей (CCR и BCC). В настоящее время существует восемь вариантов базовых моделей, используемых для исследования различных аспектов эффективности. Оценка эффективности объекта по Фарреллу осуществляется в результате решения задачи линейного программирования, вид которой

зависит от ориентации процесса управления (вход, выход, смешанная). Анализ результатов совместного применения DEA и SFA показал, что наиболее часто используется CCR-модель с ориентацией на выход. В связи с этим в качестве базовой в исследовании принята модель CCR-output вида:

$$\varphi_0^* = \max_{(\varphi, \lambda, d^-, d^+) \in Q_0} \varphi, \quad o = 1, \dots, N, \quad (1)$$

$$Q_0 = \{\varphi \in R_+; \lambda \in R_+^n; (d^+, d^-) \in R_+^R \times R_+^S\}:$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{js} + d_s^- = x_{os}, \quad s = 1, \dots, S;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{jr} - d_r^+ = \varphi y_{or}, \quad r = 1, \dots, R\}.$$

Модель (1) предполагает наличие постоянного эффекта от расширения масштабов деятельности (*Constant Return to Scale — CRS*) и, как правило, найденное решение сравнивается с результатом, полученным на основе модели BCC-output, учитывающей переменный эффект от расширения масштабов (*Variance Return to Scale — VRS*). Модель BCC-output образуется за счет добавления к задаче (1) ограничения $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$.

В результате решения задачи (1) для модификаций CRS и VRS для каждого из объектов выборки формируются оптимальные в сравниваемых условиях оценки:

- относительных резервов прироста выпуска продукции: $\varphi_{CRS}, \varphi_{VRS}$;
- индексов эффективности: $IE_{DEA_VRS} = 1/\varphi_{VRS}$; $IE_{DEA_CRS} = 1/\varphi_{CRS}$;
- неэффективности, связанной с влиянием масштабов деятельности (*Scale Efficiency — SE*): $IE_{SE} = IE_{CRS} / IE_{VRS}$;
- резервов экономии ресурсов: d_s^- по видам ($s = 1, \dots, S$);
- потенциальных объемов выпуска: $y_{or}^* = y_{or} \varphi_o + d_{or}^+$ по видам ($r = 1, \dots, R$);
- потенциальных затрат ресурсов: $x_{os}^* = x_{os} - d_{os}^-$ ($s = 1, \dots, S$).

Доказано, что объекты, для которых $IE_{DEA} = 1$ и $d_{or}^+, d_{os}^- = 0$ ($r = 1, R; s = 1, S$), эффективны [10], а полученные $\varphi_{CRS}, \varphi_{VRS}$ являются оценками эффективности по Фарреллу F при гипотезе детерминированной природы неэффективности [1]. DEA-граница эффективности представляет собой выпуклую оболочку множества производственных возможностей, образованную путем отсечения полуплоскостей, проходящих через смежные, граничные точки. В связи с этим оценка эффективности объектов, не лежащих на границе, существенно зависит от позиции каждого граничного объекта, что рассматривается как один из основных недостатков метода.

Выявление ключевых факторов неэффективности деятельности на основе DEA осуществляется в результате идентификацией модели неэффективности (*Tobit-model*) при VRS и CRS вида:

$$IE_{DEA} = \sum_{i=1}^M b_i^{DEA} z_i + \varepsilon,$$

где z_i — факторы, обуславливающие эффективность производственной деятельности в исследуемом контексте; ε — неэффективность, связанная с действием неучтенных факторов.

Параметрический метод стохастического граничного анализа (SFA) предложен в 1977 г. Дж. Эйгнером, К. Ловеллом и П. Шмидтом [11], впоследствии существенно развит в работах Ж. Баттиза и Т. Коэлли [12]. В отличие от метода DEA, SFA предполагает наличие случайных отклонений от границы эффективности, связанных со стохастической природой производственного процесса (например, различия в климатических условиях производства). Оценка эффективности связана с идентификацией производственной функции:

$$y = f(x, \beta) + \varepsilon, \quad (2)$$

где ε — отклонение от граничной оценки выпуска ($\varepsilon = v - u$), содержащей компоненты v и u (v — случайная ошибка, имеющая стандартное нормальное распределение $N(0, \sigma_v^2)$ и описывающая влияние на выход неучтенных в модели факторов, действие которых не связано с неэффективностью деятельности; u — неотрицательная, независимая от v случайная величина, характеризующая неэффективность производства, часто предполагается гипотеза об усеченном в нуле нормальном распределении u с параметрами μ и σ_u^2 — $N^+(\mu, \sigma_u^2)$).

Индекс эффективности по методу SFA вычисляется как:

$$IE_{SFA} = \frac{E(y^*, x, u; u \geq 0)}{E(y^*, x, u; u = 0)},$$

где $E(\cdot)$ — функция вычисления граничного уровня y^* при фактическом расходе ресурсов x , при $u = 0$ получаем граничную оценку выпуска, а при $u \geq 0$ — фактическую оценку с учетом действия случайных факторов.

Анализ результатов применения методов DEA и SFA для оценки эффективности сельскохозяйственного производства показал, что наиболее часто в качестве производственной функции в модели (2) используется функция Кобба-Дугласа $y = e^{v-u} \cdot \beta_0 \cdot x_1^{\beta_1} \cdot \dots \cdot x_s^{\beta_s}$, соответственно $IE_{SFA} = e^{-u}$.

Использование оценок эффективности IE_{SFA} позволяет идентифицировать тобит-модель эффективности по совокупности факторов z_i ($i = 1, \dots, M$):

$$IE_{SFA} = \sum_{i=1}^M b_i^{SFA} z_i + \varepsilon.$$

Применение метода максимального правдоподобия, реализованного в программе FRONTIER 4.1, позволяет получить значения и стандартные ошибки коэффициентов β модели (2), величину общей дисперсии $\sigma_\varepsilon^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, значение параметра $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma_\varepsilon^2$, описывающего долю дисперсии, объясняемой неэффективностью детальности организации и индексы эффективности IE_{SFA} .

Как показал опыт практического применения данных методов различными авторами, полученные оценки эффективности (IE_{DEA} и IE_{SFA}) часто коррелируют ($R > 0,8$). Поэтому в процессе синтеза результатов, полученных по разнородным методам, приняты следующие принципы:

- методы не должны возвращать противоречивые результаты, т. е. должна сохраняться схожесть упорядоченности объектов по эффективности;

- выводы об эффективности не должны входить в противоречие с результатами, полученными при использовании традиционных показателей (прибыль и рентабельность), т. е. в группу объектов лидеров по эффективности не должны входить убыточные предприятия, и в группу аутсайдеров не должны входить высокоприбыльные предприятия;

- величина шума v (отражающая различия в условиях функционирования объектов) не должна быть существенной, так как в этом случае выборка содержит объекты, находящиеся в существенно различающихся условиях, а значит сравнение их по эффективности затруднено.

Синтез оценок эффективности, полученных на основе методов DEA и SFA, предлагается осуществлять по следующим этапам.

Этап 1. Цензурирование выборки. В результате сравнения полученных индексов эффективности по методу DEA (IE_{DEA}) и SFA (IE_{SFA}) выявляются аномальные объекты, для которых $|IE_{DEA} - IE_{SFA}| \geq a$, где a — приемлемое различие оценок эффективности, которое выбирается в зависимости от отклонения диапазона индекса эффективности по SFA для группы лидирующих объектов от единицы (количество лидирующих объектов должно совпадать с количеством эффективных по DEA ($IE_{DEA} = 1$)). Объекты, имеющие аномальные, не согласующиеся оценки, подлежат исключению из исходной выборки (рассматриваются как выброс). В результате исключения аномальных объектов оценки эффективности по DEA подлежат пересчету.

Этап 2. Получение совместных оценок эффективности $IE_{DEA \& SFA}$. В пространстве состояний максимальной эффективной (граничной) является позиция $(IE_{DEA}, IE_{SFA}) = [1, 1]$, а максимально неэффективной — $[0, 0]$. Неэффективность объекта характеризуется отклонением полученных оценок эффективности относительно идеального (граничного) состояния: $D(IE_{DEA}, IE_{SFA}; 1, 1)$, а эффективность — степенью близости расстояния $D(IE_{DEA}, IE_{SFA}; 0, 0)$ к $D(1, 1; 0, 0)$,

где $D(\cdot)$ — функция расстояния между точками на плоскости. Применяя подход Фаррелла, с учетом положения о том, что для абсолютно эффективного объекта $IE_{DEA\&SFA} = 1$, полагаем смешанной оценкой эффективности (*Mixed Measures DEA&SFA*) считать отношение:

$$IE_{DEA\&SFA} = \frac{D(IE_{DEA}, IE_{SFA}; 0, 0)}{D(1, 1; 0, 0)}.$$

В работе в качестве меры принято Евклидово расстояние:

$$IE_{DEA\&SFA} = \left(\frac{IE_{DEA}^2 + IE_{SFA}^2}{2} \right)^{1/2}.$$

Используя итоговую оценку эффективности $IE_{DEA\&SFA}$, осуществляется группировка предприятий по степени, выявление интегральных характеристик группы эффективных и неэффективных объектов.

Этап 3. Обобщение влияния комплекса разнородных социоэкономических факторов на эффективность экономической деятельности. Сравнительный анализ статистически значимых коэффициентов тобит-моделей b_i^{SFA} и b_i^{DEA} за ряд лет позволяет выявить существенные, устойчивые во времени факторы, обуславливающие эффективность функционирования предприятий на территории наблюдения.

Особенности применения методов DEA и SFA для оценки эффективности производства продукции растениеводства. Система моделей (1) — (2) рассматривается в качестве базовой для практического исследования уровней экономической эффективности производства продукции растениеводства в условиях Алтайского края. В качестве входных факторов рассматриваются фактические затраты предприятий, направленные на возделывание зерновых и зернобобовых культур. На основе экспериментальных расчетов определена приемлемая для практического использования группировка затрат, описывающих входы: x_1 — семена; x_2 — удобрения; x_3 — средства защиты растений; x_4 — горюче-смазочные материалы и энергия; x_5 — запасные части и материалы для ремонта; x_6 — оплата услуг; x_7 — затраты на заработную плату с отчислениями; x_8 — прочие расходы. В качестве выхода в рамках решения задачи рассматривается y — выручка от реализации продукции растениеводства. Исследуется влияние 14 разнородных факторов на технологическую эффективность производства продукции растениеводства, перечень которых приведен в таблице 1.

Оценка эффективности методом SFA осуществляется в программе FRONTIER 4.1. Для решения задачи (1) и итоговой обработки результатов моделирования разработана авторская программа в среде MS Excel.

Сравнительный анализ вариантов оценки эффективности производства продукции растениеводства по данным тестовой выборки (в расчете на 1 га пло-

щади посева и на всю обрабатываемую площадь), проведенный авторами в [13, 14], показал, что граница эффективности более четко сформирована при расчете с учетом фактических площадей посева. Этот вывод согласуется с тем фактом, что сельскохозяйственное производство, как и большинство видов экономической деятельности, характеризуется переменным эффектом от расширения масштабов деятельности. Поэтому измерения входов и выходов выполнены (в тыс. руб.) при фактическом масштабе производства.

Важным практическим аспектом данного исследования является оценка технологически эффективного уровня урожайности, оценки потерь продуктивности вследствие неэффективности и потенциального уровня рентабельности.

Результаты оценки эффективности. В качестве территории наблюдения рассматривается степная зона Алтайского края (Кулундинская степь), где расположено 32 муниципальных района, а сельскохозяйственным производством занимается 576 сельскохозяйственных организаций, 1325 крестьянско-фермерских хозяйств и 228 тыс. личных подсобных хозяйств. Территория Кулундинской степи характеризуется разнообразием климатических и почвенных условий и подразделяется на три зоны: зона сухих степей (DS), типичных степей (TS) и лесостепи (FS). Выборка объектов наблюдения фокусировалась на категории сельскохозяйственных организаций частных и коллективных форм собственности. Объем выборки составил 100 объектов, период наблюдений 5 лет (2008–2012 гг.), метод формирования — случайный (рандомизированный). Период наблюдений 2008–2012 гг. характеризуется разнообразными климатическими условиями в крае (от сильной засухи, минимальной продуктивности культур и ростом цен в 2012 г. до благоприятных климатических условий и высокой урожайности в растениеводстве, но сильным падением цен в 2009 г.). Для формирования базы исходных данных использовались результаты сплошного статистического наблюдения Главного управления сельского хозяйства Алтайского края. В зоне сухих степей расположено 17 объекта выборки, сухих степей и типичных степей (DS-TS) — 21; типичных степей — 11; типичных и лесостепей (TS-FS) — 13 и в зоне лесостепи — 38. Перечень исходных показателей и обобщенная характеристика объектов выборки приведены в таблице 1.

Изменение показателей эффективности за этот период является косвенным признаком адаптивности предприятий к негативным условиям внешней среды как климатическим, так и экономическим. Важен также анализ различий в достижении технологической эффективности в зависимости от природных условий производства.

Таблица 1

Среднее значение основных показателей производства
продукции растениеводства по выборке предприятий

Показатель	Ед. изм.	Обозначение	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Выход							
Выручка по растениеводству	тыс. руб.	y	26 292	22 466	30 209	26 706	23 738
Входы							
Семена и посадочный материал	тыс. руб.	x1	3 643	4 484	3 851	4 833	5 762
Минеральные удобрения	тыс. руб.	x ²	470	390	377	671	531
Гербициды	тыс. руб.	x ³	1 003	1 090	1 162	1 547	1 475
Энергия и нефтепродукты	тыс. руб.	x4	7 118	5 805	5 439	6 064	6 488
Запасные части и материалы для ремонта	тыс. руб.	x5	4 099	3 624	3 652	3 557	3 911
Оплата услуг	тыс. руб.	x6	1 373	2 005	2 180	2 365	2 284
Заработная плата и отчисления на социальные нужды	тыс. руб.	x7	5 137	5 834	6 421	7 636	7 127
Прочие	тыс. руб.	x8	2 582	2 919	2 987	3 819	3 226
Исследуемые социально-экономические факторы, обуславливающие эффективность							
Размер предприятия, общая площадь посева	га	z1	12 464	11 062	11 097	10 921	10 774
Доля выручки растениеводства в общем объеме	%	z ²	84,9	60,4	59,9	55,2	51,6
Доля выручки по растениеводству от зерновых и зернобобовых культур	%	z ³	34,2	69,4	68,5	66,4	63,9
Субсидии	тыс. руб./га	z4	0,364	0,008	0,329	0,622	0,271
Численность занятых	чел.	z5	33	32	31	28	27
Возраст руководителя	лет.	z6	53,4	53,1	53,1	53,1	53,1
Наличие специального образования у руководителя	кол-во лиц, имеющих образование	z7	68	68	68	68	68
Опыт работы (срок руководства предприятием)	лет	z8	11	11	11	11	11
Урожайность зерновых и зернобобовых	ц/га	z9	10,6	15,0	11,9	9,8	5,4
Принадлежность к территории	DS, DS-TS	z10	38	38	38	38	38
	TS, DS-TS, TS-FS	z11	45	45	45	45	45
	FS, TS-FS	z12	51	51	51	51	51
Вид организационно-правовой формы собственности	количество А	z13	60	60	60	60	60
	количество Б	z14	40	40	40	40	40

Примечание: количество А — численность предприятий частной формы собственности; количество Б — численность предприятий государственной и общественной формы собственности.

В результате применения методов DEA и SFA получены смешанная оценка эффективности $IE_{DEA \& SFA}$, оценки резервов прироста продуктивности и рентабельности производства продукции растениеводства (табл. 2). Корреляция оценок эффективности IE_{DEA_CRS}

и IE_{SFA} составила 71–84%, IE_{DEA_VRS} и IE_{SFA} — 53–81%, IE_{DEA_VRS} и IE_{DEA_CRS} — 88–96%. В результате цензурирования выборки аномальных объектов выявлено в 2012 г. — 10, в 2011 г. — 7, в 2010 г. — 4; в 2009 г. — 6 и в 2008 г. — 4.

Таблица 2

Результаты измерения эффективности производства продукции растениеводства
на территории Кулундинской степи

Территория	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Среднее
1. Индекс эффективности по выручке ($IE_{DEA\&SFA}$)						
Сухая степь (DS)	0,61	0,68	0,73	0,62	0,58	0,64
Сухая и типичная степь (DS-TS)	0,72	0,69	0,77	0,71	0,63	0,70
Типичная степь (TS)	0,68	0,70	0,78	0,69	0,71	0,71
Типичная и лесостепь (TS-FS)	0,73	0,73	0,77	0,71	0,63	0,71
Лесостепь (FS)	0,65	0,76	0,77	0,74	0,65	0,71
2. Доля эффективных предприятий от общего числа ($IE_{DEA\&SFA} \geq 0,9$), %						
Сухая степь (DS)	18	24	12	12	24	18
Сухая и типичная степь (DS-TS)	24	14	29	19	10	19
Типичная степь (TS)	9	18	27	18	27	20
Типичная и лесостепь (TS-FS)	31	8	38	31	15	25
Лесостепь (FS)	16	32	26	26	13	23
3. Резервы прироста выручки, тыс. руб./га						
Сухая степь (DS)	1,29	0,60	0,53	0,76	1,09	0,85
Сухая и типичная степь (DS-TS)	1,77	0,67	0,49	0,61	0,94	0,90
Типичная степь (TS)	1,25	0,97	0,63	0,94	0,82	0,92
Типичная и лесостепь (TS-FS)	1,23	0,98	0,85	1,05	1,36	1,09
Лесостепь (FS)	2,29	0,79	1,03	1,13	1,59	1,36
4. Резервы прироста урожайности зерновых и зернобобовых, ц/га						
Сухая степь (DS)	2,67	2,01	1,54	1,60	1,76	1,91
Сухая и типичная степь (DS-TS)	3,80	1,91	1,67	1,36	1,69	2,08
Типичная степь (TS)	2,57	3,32	1,64	2,36	1,37	2,25
Типичная и лесостепь (TS-FS)	2,55	3,31	2,66	2,52	2,85	2,78
Лесостепь (FS)	4,56	2,53	3,06	2,40	2,80	3,07
5. Резервы прироста рентабельности, %						
Сухая степь (DS)	76	40	54	53	61	57
Сухая и типичная степь (DS-TS)	49	42	43	36	69	48
Типичная степь (TS)	84	50	32	44	44	51
Типичная и лесостепь (TS-FS)	76	54	53	57	69	62
Лесостепь (FS)	77	41	48	57	60	57

Анализ итоговых показателей позволяет сделать следующие выводы:

— показатели эффективности производства в целом в условиях сухой степи ниже, чем на других территориях;

— доля эффективных предприятий в общей выборке составляет 18–25%, при этом в условиях лесостепи в неблагоприятных климатических условиях 2012 г. произошло резкое падение числа эффективно-хозяйствующих субъектов;

— резервы прироста урожайности культур в действующих экономических и климатических условиях составляют 2–3 ц/га, а выручки — 0,85–1,36 тыс. руб./га;

— прирост рентабельности производства продукции растениеводства при эффективном функцио-

нировании в действующих экономических условиях возможен на 48–62%;

— максимальная экономия для достижения эффективного состояния при производстве продукции растениеводства достигается в 2008 и 2011 гг. по затратам на запасные части, в 2009 г. — прочие расходы, в 2010 г. — оплате услуг, а в 2012 г. — по затратам на ГСМ и энергию;

— в засушливых условиях 2012 г. более эффективными оказались предприятия, сэкономившие на затратах на внесение удобрений.

В результате оценки параметров производственной функции (2) выявлено, что ключевыми направлениями производственных расходов, обуславливающими различия в эффективности производства продукции

растениеводства исследуемой группы предприятий, являются затраты на удобрения и прочие расходы. Доля общей дисперсии отклонения от граничной продуктивности, объясняемая неэффективностью функционирования (γ), существенно колеблется по годам. Так, в 2012 г. $\gamma = 0,05$, т.е. доля случайной составляющей ν составляет 0,95. Это свидетельствует о сильном различии в условиях производства, их неравнозначности в этот период. Действительно, 2012 г. оказался для сельскохозяйственных производителей

аномальным, проявившись сильнейшей засухой и рекордно низкой продуктивностью культур. В 2009 и 2011 гг., наоборот, $\gamma = 0,76$ и $0,86$ соответственно, что характеризует относительную схожесть внешних условий. В 2008 и 2010 гг. $\gamma = 0,59$ и $0,52$.

Результаты идентификации тобит-моделей эффективности с выделением статистически значимых факторов по методам DEA и SFA представлены в таблице 3 (показатель детерминации для всех моделей превышает 0,8).

Таблица 3

Итоговые оценки характера влияния факторов на эффективность производства продукции растениеводства

Показатель	2008 г.			2009 г.			2010 г.			2011 г.			2012 г.			Итого
	DEA	SFA	+/-	DEA	SFA	+/-	DEA	SFA	+/-	DEA	SFA	+/-	DEA	SFA	+/-	
Площадь посева (z_1)	-0,70	-0,22	-	-0,35	-0,07	-	-0,17	0,02	-/+	-0,71	-0,01	-	-0,20	0,01	-/+	-/+
Доля выручки от растениеводства (z_2)	0,35	0,26	+	0,42	0,44	+	0,32	0,19	+	0,25	0,21	+	0,21	0,02	+	+
Доля зерновых и зернобобовых культур (z_3)	0,08	0,01	+	0,03	0,01	+	-0,06	0,01	-/+	0,0	-0,06	+/-	0,15	0,002	+	+/-
Господдержка (z_4)	-0,04	-0,08	-	0,13	-0,12	+/-	-0,10	0,02	-/+	0,07	-0,09	+/-	-0,01	-0,003	-	-/+
Численность занятых (z_5)	-0,27	0,16	-/+	-0,02	0,29	-/+	-0,11	0,08	-/+	0,04	0,11	+	-0,41	0,01	-/+	+/-
Возраст руководителя (z_6)	-0,03	0,05	-/+	0,11	0,19	+	0,12	0,13	+	-0,04	-0,03	-	-0,06	0,01	-/+	+/-
Наличие специального образования (z_7)	0,01	-0,01	+/-	0,03	0,02	+	-0,02	-0,02	-	0,03	0,04	+	0,03	0,0003	+	+/-
Опыт работы (z_8)	-0,07	0,01	-/+	-0,10	-0,07	-	-0,04	0,03	-/+	-0,01	0,10	-/+	-0,08	-0,002	-	-/+
Урожайность зерновых и зернобобовых (z_9)	0,19	0,13	+	0,04	0,21	+	-0,05	0,18	-/+	-0,32	0,11	-/+	-0,05	0,01	-/+	+/-
Расположение — DS (z_{10})	0,28	0,03	+	0,03	-0,02	+/-	-0,05	0,02	-/+	-0,06	-0,04	-	-0,05	-0,001	-	-/+
Расположение — TS (z_{11})	0,12	0,04	+	0,02	-0,02	+/-	0,07	0,02	+	0,04	-0,04	+/-	0,05	0,0004	+	+/-
Расположение — FS (z_{12})	0,18	-0,01	+/-	-0,001	-0,02	-	-0,07	0,003	-/+	-0,03	0,0003	-/+	-0,07	-0,001	-	-/+
Частная форма собственности (ООО, ЗАО, ОАО) (z_{13})	0,18	0,42	+	0,53	0,12	+	0,77	0,40	+	0,94	0,44	+	0,74	0,87	+	+
Коллективная, государственная форма собственности (СПК, СХА, ФГУП) (z_{14})	0,13	0,42	+	0,46	0,12	+	0,78	0,38	+	0,92	0,45	+	0,77	0,87	+	+

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, являющиеся статистически значимыми в модели при степени доверия 0,01.

Как видно, устойчивыми факторами, обуславливающими эффективность производства продукции растениеводства, являются:

— общая площадь посева культур, включая пары (выявлено, что в 2008, 2009 и 2011 гг. предприятия,

имеющие большие площади посева, действовали менее эффективно);

— доля выручки от производства продукции растениеводства (при более выраженной растениеводческой специализации производители обеспечи-

вают более высокий уровень технологической эффективности);

— численность занятых на предприятии оказывает различный по характеру эффект и из пяти лет только в 2008, 2009 и 2012 гг. является статистически значимым фактором;

— возраст руководителя имеет преимущественно положительное влияние на эффективность, но редко является статистически значимым фактором;

— урожайность зерновых и зернобобовых оказывает положительное влияние на эффективность в 2008 и 2009 гг., в другие периоды регистрируются противоречивые оценки;

— коллективная и государственная форма собственности организации является менее эффективной относительно частных форм в 2008–2009 гг.

Следует отметить, что сумма государственной поддержки не является значимым фактором, что косвенно свидетельствует о ее недостаточности.

Заключение. Апробация методов DEA и SFA, а также предложенного методического подхода синтеза оценок эффективности на основе данных производства продукции растениеводства в Алтайском крае выявила, с одной стороны, возможности получения важных практико-ориентированных показателей, а с другой — необходимость углубленного исследования данных методов. В методологическом плане недостаточно исследованными остаются вопросы оценки эффективности при множестве выходов, точности оценок эффективности. Полученные выводы о влиянии разнородных социально-экономических факторов на эффективность производства требуют детального исследования.

Библиографический список

1. Bogetoft P., Otto L. Benchmarking with DEA, SFA and R. International Series in Operations Research & Management Science. — New York; Dordrecht; Heidelberg; London, 2011. — Vol. 157.
2. Debreu G. The Coefficient of Resource Utilization // *Econometrica*. — 1951. — Vol. 19 (3).
3. Farrell M. The Measurement of Productive Efficiency // *Journal of the Royal Statistical Society*. — 1957. — Vol. 120.
4. Svetlov N., Hockmann H. Optimal Farm Size in Russian Agriculture. Contributed Paper Prepared for Presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference. — Beijing, China, 2009. — August 16–22.
5. Кондрашова А. В. Оценка уровня развития производства семян подсолнечника в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края в зависимости от внедрения инноваций // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. — 2012. — № 11 (97).
6. Sedik D., Trueblood M., Arnade C. Corporate Farm Performance in Russia 1991–1995: an Efficiency Analysis // *Journal of Comparative Economics*. — 1999. — Vol. 27.
7. Grazhdaniniva M., Lerman Z. Allocative and Technical Efficiency of Corporate Farms in Russia. Paper Prepared for Presentation at the 99th Seminar of the European Association of Agricultural Economists. — Moscow, 2005. — July.
8. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units // *European Journal of Operational Research*. — 1978. — Vol. 2.
9. Banker R. Estimating Most Productive Scale Size Using Data Envelopment Analysis // *European Journal of Operational Research*. — 1984. — Vol. 17 (1).
10. Cooper W., Seiford L. M., Zhu J. Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations. Hand Book on Data Envelopment Analysis. Kluwer Academic Publishers. — New York, 2004.
11. Aigner D. J., Lovell C. A. K., Schmidt P. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models // *Journal of Econometrics*. — 1977. — Vol. 6.
12. Battese G., Coelli T. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India // *Journal of Productivity Analysis*. — 1992. — Vol. 3.
13. Понькина Е. В., Лобова С. В. Практические аспекты измерения эффективности производства зерна на основе методологии DEA // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. — 2013. — № 44 (182).
14. Понькина Е. В., Курочкин Д. В. Практико-ориентированное DEA-моделирование эффективности производства зерна // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. — 2013. — № 9 (107).