

**Ф.К. Ердавлетова\***

к.э.н., ассоциированный профессор  
Казахский национальный университет  
им. аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан  
e-mail: yerdavletova@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-6595-7602

**А.З. Нурмагамбетова**

к.э.н., PhD, ассоциированный профессор  
Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан  
e-mail: azhar.nurmagambetova@kaznu.kz  
ORCID: 0000-0001-9142-4420

**Л.А. Бимендиева**

к.э.н., ассоциированный профессор  
Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан  
e-mail: bimendiyeva@kaznu.kz  
ORCID: 0000-0003-4965-5908

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ DEA И SFA В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

***Аннотация.** В статье рассмотрен международный опыт применения непараметрического (DEA) и параметрического (SFA) подходов оценки эффективности деятельности. Проведен сравнительный анализ оценок DEA и SFA эффективности, выделены преимущества и недостатки каждого из методов. Цель исследования состояла в поиске наилучшего варианта применения моделей в задаче комплексной оценке эффективности национальных ресурсов в условиях, определяемых сложившейся системой показателей устойчивого развития Республики Казахстан. Авторами проведен анализ применения DEA для оценки эффективности деятельности по данным интегрированной отчетности. В результате анализа были сформулированы этапы применения метода DEA в методологии государственного аудита использования национальных ресурсов. Намечены показатели для интегральной оценки эффективности использования национальных ресурсов методом DEA. Выделены проблемы практического применения метода DEA. Сделан вывод, что модель оценки эффективности использования всех видов национальных ресурсов DEA будет являться одной из наиболее перспективных методов интегральной оценки эффективности, объединяющей экономические, экологические и социальные аспекты использования национальных ресурсов. Метод DEA не только дает оценку эффективности, но и указывает направления ее роста: до какого уровня необходимо сократить потребление ресурсов либо отдачу от них, чтобы выйти на эффективную границу. И это является весомым аргументом, для развития концепции государственного аудита иметь не сколько контрольные цель и функции, а, прежде всего, высискивать резервы (пути) эффективного использования национальных ресурсов.*

***Ключевые слова:** национальные ресурсы, методы оценки эффективности, DEA метод, SFA модель, государственный аудит, методология аудита.*

### ■ Введение

Эффективное использование национальных ресурсов не только способствует конкурентоспособности страны и, следовательно, устойчивому экономическому росту, но также помогает экономить ресурсы и способствует рациональному потреблению.

Целью эффективного использования национальных ресурсов является отделение экономического роста от потребления ресурсов. Разделение этих двух факторов не только способствует устойчивому экономическому росту, но в то же время помогает сохранять ресурсы. Однако эффективность использования ресурсов важна не только с социальной точки зрения, но и экономически значима, в том числе и на корпоративном уровне. Многие компании постоянно находятся в поиске новых возможностей для реализации мер, способных повысить эффективность использования ресурсов.

Таким образом, эффективность использования ресурсов оказывает положительное влияние как на успех бизнеса, так и на рост экономики.

Для целей анализа и оценки эффективности деятельности и задействованных в ней ресурсов в международной практике существует ряд эконометрических и математических методов. Одним из таких методов является Data Envelopment Analysis (DEA). Современные модели DEA («анализ среды функционирования») в большей степени сформированы исследователями Charnes, Cooper, Rhodes (1978) [1], усовершенствованы в 1984 (Banker, Charnes, Cooper) [2] и являются продолжением исследований Debreu (1951) и Farrell (1957) [3-4].

Сущность DEA-метода состоит в построении границ (предела) эффективности, что позволяет оценить эффективность каждого анализируемого объекта относительно заданного предела. Граница, или предел, строятся по определенным условиям и ограничениям, в которых функционирует система (деятельность).

Граница состоит из самых эффективных объектов анализа исследуемой деятельности, которые в сравнении с другими единицами дают наилучший результат. Объекты анализа, которые обеспечивают максимально возможную эффективность в рамках рассчитываемой ДЕА-модели, называют «системой, лежащей на границе эффективности по Парето» или «эффективными объектами» [5].

Результаты DEA-анализа позволяют ранжировать виды национальных ресурсов по их эффективности, выявить лучшую практику их использования и определить факторы, которые оказывают наибольшее влияние на эффективность. Таким образом, DEA-анализ позволяет определить, насколько эффективны изучаемые ресурсы в сопоставлении с другими аналогичными ресурсами. При этом оценка сравнительной эффективности основывается на сравнении величины полученного «результата» (данные на «выходе») с величиной использованных ресурсов (данные на «входе»). В итоге эффективность каждого вида национальных ресурсов определяется как отношение к наиболее оптимальному соотношению затрат и получаемых результатов. С этой целью исследуется большое число вариантов, чтобы выбрать наиболее эффективный результат.

В наши дни более 70% исследований проводится с применением данного непараметрического метода Data Envelopment Analysis. Интересен опыт казахстанских ученых (Айдынов и др., 2018), которые изучали особенности использования DEA метода для анализа определений эффективно действующих компаний в строительной отрасли, в результате авторы выявили наиболее успешные компании, определили их сильные и слабые стороны, а также разработали рекомендации для стратегии повышения их эффективности [6].

В то же время, к сожалению, как у зарубежных, так и у отечественных исследователей недостаточно исследований, посвященных применению DEA в комплексной оценке эффективности использования ресурсов. Это может быть связано с тем, что DEA – это достаточно сложный метод анализа, требующий специализированных знаний и навыков. Также, возможно, что DEA требует большого объема данных и вычислений, что может быть сложно реализовать без подготовленной методологии. Поэтому цель нашего исследования состояла в поиске оптимального варианта применения моделей в задаче комплексной оценки эффективности национальных ресурсов в условиях, определяемых сложившейся системой показателей устойчивого развития Республики Казахстан.

### ■ Основная часть

Основным допущением базовой модели DEA является «свободное использование результатов», поэтому считается, что метод DEA более прост в применении, поскольку требует, как правило, меньше условий и не диктует отображения на границе связи между объемами производства и выпуска готовых товаров или услуг, а также не требует специальных знаний по распределению ошибок [7-8]. В тоже время, данные свойства несколько ограничивают применение метода, потому как результаты исследований, достаточно за-

висимы от отклонений среднего значения выборки в единицах стандартного отклонения при наличии статистических ошибок, что, в свою очередь, может привести к отклонению от границы эффективности, а, значит, и к переоценке неэффективности. DEA рекомендуется, когда следует оценить результаты деятельности, основанные на неоклассической теории производства, и ошибки измерения при этом сведены к минимуму.

Существует также аналог метода DEA – анализ стохастической границы (stochastic frontier analysis, или SFA). Основное отличие данного метода SFA (Kumbhakar и др., 2000; Meeusen и др., 1977; Aigner и др., 1968), в том, что он выделяет отклонения и разделяет их на две части: неэффективность и случайные ошибки [9-11]. Это является преимуществом метода SFA – обработка ошибок измерения, но здесь необходимо четкое условие того, что функциональная форма должна иметь точные свойства базовой технологии деятельности. В рамках построения модели анализируемого объекта, метод стохастического анализа (SFA) позволяет оценить параметры производственной функции, что в свою очередь позволяет определить эластичность выпуска по факторам производства, эффективность отдачи в масштабах целой отрасли. Существующий стохастический аналог DEA, моделирует природу производственного процесса и может учесть случайные внешние факторы, отличающиеся из года в год. Тогда как сам метод DEA не учитывает случайные ошибки в данных или стохастическую природу процесса производства. Поэтому при наличии данных за ряд лет SFA может быть более предпочтительным, так как позволяет учесть изменчивость в процессе производства и случайные ошибки в данных. Однако, если у нас есть доступ только к данным за один отчетный период, то DEA может быть более удобным методом для проведения анализа эффективности и построения рейтингов объектов.

Поэтому сложно утверждать, какой из методов является более информативным. Banker, Charnes и Cooper считают, что выбор между DEA и SFA зависит от сферы деятельности компаний [2, с.1082]. Многие современные научные публикации подтверждают данный вывод. Так, например, исследование Perroni и др. (2017), основанное на измерениях эффективности более 10 тысяч компаний двадцати промышленных секторов США за периода с 1981 до 2015 годы, утверждает, что оценка по методу SFA представляет нефтяную отрасль эффективнее области машиностроения [12]. Тогда как оценка по методу DEA дала обратный результат. Более ранее исследование (Pereira de Souza и др., 2010) пришло к выводу, что оценка энергоэффективности по DEA (0,59) оказалась меньше коэффициента метода SFA (0,65) с коэффициентом корреляции 0,52 и DEA (0,67) < SFA (0,82) с коэффициентом корреляции 0,85. Аналогичные результаты подтверждаются другими научными работами (Al-Mana и др., 2020; Лобова и др., 2014; Ипатова и др., 2013; Din и др., 2007) [14-17].

Несмотря на имеющееся определенное количество исследований по применению методов DEA и SFA в оценке эффективности системы показателей. Нельзя однозначно утверждать или выделить одно исследование и назвать его исчерпывающим.

Познавательным, по нашему мнению, представляется исследование российских ученых (Светашова, 2019) по изучению применения DEA для оценки эффективности деятельности по данным корпоративной отчетности, включающей данные финансовой и управленческой отчетности [18].

Изучение данного исследования позволило сформулировать этапы применения метода DEA в методологии государственного аудита использования национальных ресурсов.

На первом этапе необходимо произвести подбор группы подвидов ресурсов для сравнительного анализа. В референтную группу отбираются виды и состав аудируемых национальных ресурсов.

Второй этап – это подбор показателей для сравнения. Показатели должны отражать экономическую, экологическую и социальную сферы деятельности. Количество экономических показателей должно быть ограниченным для того, чтобы избежать перевеса в средневзвешенной сумме оценок эффективности на основе качественных и количественных критериев.

Данный второй этап является важным ввиду особенности метода DEA, когда на входе и выходе нужны абсолютные показатели, а не заранее рассчитанные коэффициенты. И далее, уже в процессе расчета метода DEA, между абсолютными показателями и коэффициентами самостоятельно формируются все возможные соотношения между ними. Поэтому к подбору показателей необходим тщательный подход. Важно предусматривать, чтобы формируемые соотношения имели экономический смысл. Далее показатели эффективности должны быть разделены на два типа: входные и выходные. Как упоминалось выше, в классической постановке задачи DEA всегда имеются определенные виды ресурсов и конечный продукт, так называемые «вход» и «выход». Входные показатели показывают использование ресурсов, необходимых для производства товаров, услуг и ВВП. Выходные показатели отражают количество и объемы продукции или услуг, или ВВП в целом по региону или стране. Таким образом показатель эффективности имеет числитель и знаменатель. Входные данные – это числитель, выходные – знаменатель. При этом интегральная оценка эффективности позволяет принимать обоснованные решения, учитывая все стороны и аспекты деятельности. Учитываются не только положительные результаты и достижения, но и негативные последствия, в том числе воздействие на окружающую среду. Все положительные эффекты совместно с отдачей от вложенных ресурсов соответственно относятся в числитель. Отрицательный эффект совместно объемом вложенных или использованных ресурсов относится в знаменатель генерируемой функции анализа деятельности.

В таблице 1 представлены все возможные комбинации необходимых проверок соотношений, составленных исследователем Светашовой (2019) [18].

В итоговый набор показателей вошли нижеследующие, сформированные по вышеуказанным признакам и отнесению их к числителю и знаменателю в соотношениях по вложенным ресурсам и полученным результатам (табл. 1).

1. Отдача (результат) от вложенных или использованных ресурсов и положительные эффекты (числитель):

- 1) Доход от реализации;
- 2) Чистый доход;
- 3) Среднесписочная численность сотрудников;
- 4) Расходы на благотворительность, социальные программы и социальные инвестиции (не включая затраты на социальное обеспечение сотрудников).

**Таблица 1.** Проверка соотношений вложенных ресурсов и результатов

Затраты, ресурсы и негативные эффекты	Допустимость и сфера оценки в соотношениях со следующими результатами или положительными эффектами			
	Доход от реализации	Чистый доход	ср.-спис. числ.	Благотворит.
<b>Собственный капитал</b>	адекватное, экономическая	адекватное, экономическая	допустимое, экономическая	значимое, социальная
<b>Фонд оплаты труда</b>	адекватное, экономическая	адекватное, экономическая	значимое, социальная	значимое, социальная
<b>Травматизм</b>	допустимое, социальная	допустимое, социальная	значимое, социальная	возможное, социальная
<b>Выбросы в атмосферу</b>	значимое, экологическая	допустимое, экологическая	адекватное, социальная	возможное, социальная
<b>Водопотребление</b>	значимое, экологическая	допустимое, экологическая	адекватное, социальная	возможное, социальная
<b>Отходы</b>	значимое, экологическая	допустимое, экологическая	адекватное, социальная	возможное, социальная

*Примечание: составлено на основе источника [18]*

II. Объем использованных или потребленных ресурсов и негативный эффект (знаменатель):

1) Собственный капитал (соотносится с доходом от реализации, чистым доходом, влияет на затраты на благотворительность).

2) Фонд оплаты труда (соотносится со среднесписочной численностью сотрудников и с затратами на благотворительность).

3) Количество брака или несчастных случаев на производстве (соотносится со среднесписочной численностью сотрудников).

4) Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (соотносятся с доходом от реализации).

5) Расход воды (водопотребление) на производственные нужды (соотносится с доходом от реализации).

6) Твердые отходы, за исключением повторно используемых в производстве (соотносятся с доходом от реализации).

В таблице 1, исследователем использованы обозначения «адекватные», «допустимые» и «возможное». Рассмотрим примеры таких соотношений.

Взаимосвязи обозначены как «адекватные», потому что помогают упростить и улучшить понимание связей между параметрами. Например, отношение количества выброшенных вредных веществ к численности сотрудников, которые, как правило, проживают на той же территории, отражает экологическую нагрузку на население. При оценке качества продукции или услуг адекватные соотношения могут указывать на соответствие ожиданиям потребителя или стандартам качества. В процессе управления ресурсами адекватные соотношения могут указывать на соответствие затрат и результатов использования ресурсов. Таким образом, использование таких обозначений помогает более точно определить эффективность и успешность деятельности в анализируемой области. Соотношения названы «допустимыми», когда возникшие связи могут быть приняты как «истинные» не требуют специальных проверок и обоснований. Например, отношение количества брака или несчастных случаев на производстве к доходу от реализации и чистому доходу. Несчастные случаи на производстве, как и брак, снижают производительность труда, вызывают простой и увеличивают расходы на медицинское обслуживание и компенсации сотрудникам. Это, в свою очередь, уменьшает чистый доход. Поэтому и соотношение «доход – брак/травматизм» должно снижаться, что в конечном итоге положительно должно повлиять на конечный результат анализа.

Обозначение «возможное» использовано для соотношений параметров, которые не обязательно влияют друг на друга и, следовательно, анализ данных могут не подтвердить. В частности, соотношение «благотворительность – травматизм» может быть истолковано как покрытие социальных расходов обществу. Однако, рассматриваться отдельно не будут, поскольку и корпоративную, и государственную компенсацию пострадавшим от производственных травм нельзя отнести к благотворительности.

При построении взаимосвязей необходимо учитывать тот факт, что отдельные соотношения могут возникать одновременно в нескольких сферах деятельности. В таких случаях следует подбирать наиболее подходящий вариант по примерам, представленным в таблице 1. Кроме этого, во время подбора показателей могут возникать соотношения, которые при их максимизации или минимизации будут противоречить экономическим, социальным или экологическим целям. В случае возникновения такого рода «некорректных» соотношений необходим более тщательный подбор показателей и их распределение между «числителем» и «знаменателем». Следует заметить, что в таблице 1 примеры некорректных соотношений отсутствуют.

В данное время показатели для оценки результатов эффективности использования национальных ресурсов, по нашему мнению, требуют тщательной проработки. По аналогии с исследованиями зарубежных ученых, как предположение (проект) к числу показателей

позволяющих интегрально оценить эффективность национальных ресурсов методом DEA можно отнести:

- доход от реализации, млн. тенге;
- чистая прибыль, млн. тенге;
- собственный вложенный капитал, млн. тенге;
- фонд оплаты труда, млн. тенге;
- среднесписочная численность, чел;
- несчастные случаи на производстве, ед;
- благотворительность, млн. тенге;
- выбросы вредных веществ в атмосферу, млн. тенге;
- эксплуатация водных ресурсов, млн. м<sup>3</sup>;
- отходы за вычетом используемых, млн. т.

Если оценку производить по одному виду ресурсов, тогда следует брать данные целевого их предназначения и фактического использования, либо по производительности.

На третьем этапе для каждого вида ресурсов подбираются весовые коэффициенты для максимизации функции «затраты-выход».

Для построения моделей DEA существует специализированное программное обеспечение, которое облегчает процесс проведения анализа и расчетов. К наиболее популярным программам построения модели DEA относятся DEAP, R DEA, Saaty DEA, DEA Solver Pro и другие. Эти программы имеют удобный интерфейс для определения входных параметров, расчета модели DEA и проведения оптимизации для оценки каждого вида анализируемых ресурсов.

Следует заметить, что нами рассмотрен наиболее простой, базовый вариант DEA, который обеспечивает основу для различных модификаций и расширений, позволяющих учесть различные аспекты оценки эффективности национальных ресурсов. Выбор оптимального подхода к построению модели DEA зависит от специфики вида национального ресурса, доступных данных и требований к результатам.

Метод DEA позволяет каждому ресурсу занимать свою «нишу» на эффективной границе, оптимально сочетая входы и выходы для достижения наилучшей эффективности. Это делает метод DEA результативным инструментом для оценки и сравнения эффективности различных видов национальных ресурсов, учитывая их уникальную комбинацию. И если подбор показателей ограничен количеством видов оцениваемых (аудируемых) ресурсов, то состав выходных переменных будет также меняться внутри эффективной границы, сокращая модель.

Правильное сокращение модели DEA является важным шагом для сохранения наиболее значимых соотношений и обеспечения точности оценки эффективности национальных ресурсов. При сокращении модели следует учитывать важность каждой переменной и ее вклад в общую эффективность. Необходимо провести анализ значимости переменных, учитывая их влияние на результаты и способность отразить эффективность каждого ресурса.

Ряд исследователей (Zengerović и др. 2023; Monfared и др. 2023; Amin и др. 2022; Gong и др. 2018) рекомендуют при использовании DEA избегать избыточности переменных и сохранять сбалансированные соотношения для достижения объективной оценки эффективности [19-20]. Либо производить оценку разных показателей одними и теми же переменными [21-22].

В этом случае можно заметить, что модель оценки эффективности использования всех видов национальных ресурсов DEA будет являться одним из наиболее перспективных методов измерения эффективности, объединяющий экономические, экологические и социальные аспекты использования национальных ресурсов.

### ■ Заключение

Таким образом, DEA-метод позволяет получить оценку эффективности использования всех видов национальных ресурсов практически любого уровня и сферы деятельности, поддающихся процессу формализации. На примере проведенного исследования продемонстрированы возможности наилучшей практики DEA-метода в оценке эффективности использования всех видов национальных ресурсов.

Изучение зарубежного опыта применения вышеперечисленных методов в научных исследованиях, в частности возможности их практического использования, позволило установить, что наиболее интересным представляется подход, основанный на методе DEA. Данный подход способствует оптимизации использования национальных ресурсов и повышению их эффективности. Он также может быть использован для сравнения эффективности различных видов ресурсов, выступает мощным инструментом управления, позволяющим выявить потенциал для улучшения и рационального использования анализируемых ресурсов. Метод помогает определить оптимальное соотношение между вложенными ресурсами и полученными результатами для достижения максимальной эффективности процесса.

Таким образом подход, основанный на методе DEA, позволяет выявить потенциальные области улучшения и оптимизации процессов, что способствует созданию более устойчивых и конкурентоспособных моделей функционирования. Применение метода позволяет выявить наиболее эффективные пути и лучшую практику использования национальных ресурсов в целях достижения устойчивого развития бизнеса и экономики в целом. И это является весомым аргументом, поскольку концепция государственного аудита использования национальных ресурсов должна, по нашему мнению, развиваться таким образом, чтобы его механизм и инструменты имели не контрольную цель и функции, а прежде всего выявляли резервы (пути) эффективного использования национальных ресурсов.

Рассмотренный метод, по мнению авторов, имеет практическую значимость и будет полезен для развития методологии аудита. В заключении также хотелось бы выделить возможные проблемы применения данного метода, предупреждение которых облегчит его использование. К проблемам практического применения метода следует отнести:

- необходимость тщательного отбора исходных переменных. Так как необдуманый подход к отбору переменных влечет возможность манипуляций процессом оценки эффективности. Так, например, оценивая экологическую и социальную эффективность использования ресурсов, к «затратам» обычно относят уровень отходов, загрязнения среды и т.д., а к «результатам» – объем производства, выручку и т.д.;
- сложность и даже ограничения в индивидуальной оценке эффективности. Метод наиболее эффективен при анализе больших групп ресурсов, так как учет большого количества наблюдений повышает точность и надежность результатов. Пересмотр выборки может существенно повлиять на результаты, поэтому важно подходить к анализу с учетом этого ограничения.

В целом, же DEA-метод является мощным инструментом для оценки эффективности и оптимизации использования национальных ресурсов при правильном применении и интерпретации результатов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision-Making Units// European Journal of Operational Research. 1978. No. 2. Pp. 429–444.
2. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis // Management Science. 1984. Vol. 30, no. 9. Pp. 1078–1092.
3. Debreu, G. (1951) The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19, 273-292. <http://dx.doi.org/10.2307/1906814>.
4. Farrell, M.J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)*, 120, 253-290.

5. Покушко М.В., Ступина А.А., Дресвянский С.Д., Ступин А.О., Антипина С.М. Использование метода анализа охвата данных для оценки эффективности предприятий // Информатика. Экономика. Управление. 2022. Т. 1. № 1. С. 101–109. DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2022-1-1-0101-0109>
6. Айдынов З.П., Нуркашева Н.С., Булхайрова Ж.С. Использование Dea-Метода для исследования эффективности деятельности предприятия. *Central Asian Economic Review*. 2018;(4):17-25.)
7. Чернышова Г.Ю., Ковалев Р.Н. Применение модели анализа среды функционирования (data envelopment analysis) для оценки эффективности WEB-ресурсов // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 8. С. 453–457.
8. Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M. *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Kluwer, 1995.
9. Aigner D., Chu S. On Estimating the Industry Production Function // *American Economic Review*. 1968. No. 58. Pp. 826–839.
10. Kumbhakar S.C., Lovell C.A.K. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press, 2000.
11. Meeusen W., Van Den Broeck J. Efficiency estimation from Cobb – Douglas production functions with composed error // *International Economic Review*. 1977. No. 18. Pp. 435–444.
12. Perroni, M.G., Gouvea da Costa, S.E., Pinheiro de Lima, E., Vieira da S.W. The relationship between enterprise efficiency in resource use and energy efficiency practices adoption // *International Journal of Production Economics*. Volume 190, August 2017, Pages 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.023>
13. Pereira de Souza, M. V., Diallo, M., Castro Souza, R., Baidya, T. K. Nanda. The Cost Efficiency of the Brazilian Electricity Distribution Utilities: A Comparison of Bayesian SFA and DEA Models», *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2010, Article ID 593059, 20 pages, 2010. <https://doi.org/10.1155/2010/593059>.
14. Al-Mana A.A., Nawaz W., Kamal A., Koç M. Financial and operational efficiencies of national and international oil companies: An empirical investigation // *Resources Policy*. 2020. No. 68. P. 101701.
15. Ипатова И.Б., Пересецкий А.А. Техническая эффективность предприятий отрасли производства резиновых и пластмассовых изделий // *Прикладная эконометрика*. 2013. № 4 (32). С. 71–92.
16. Лобова С.В., Понькина Е.В., Межин С.А., Курочкин Д.В. Применение методов DEA и SFA для количественной оценки влияния технологической и социо-экономических факторов на эффективность сельскохозяйственных предприятий // *Вестник алтайской науки*. 2014. № 1. С. 258–266.
17. Din M., Ghani E., Mahmood T. Technical efficiency of Pakistan's manufacturing sector: a stochastic frontier and data envelopment analysis // *The Pakistan Development Review*. 2007. No. 46 (1). Pp. 1–18.
18. Светашова Ю. В. Развитие аналитического инструментария в аудите эффективности деятельности организации // *Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук*. Воронеж, 2019.
19. Zenzerović, Robert & Rabar, Danijela & Černe, Ksenija. (2023). A Longitudinal Analysis of Economic Activities' Relative Efficiency Using the DEA Approach. *Economies*. 11(11):281. DOI:10.3390/economies11110281
20. Hosseini Monfared, Seyede Nasrin & Lotfi, Farhad & Mozaffari, Mohammad Reza & Rostamy-Malkhalifeh, Mohsen. (2023). Classifying flexible measures in two-stage network DEA and DEA-RA using novel slacks-based models. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 46(1): 1-27. DOI:10.3233/JIFS-231925
21. Amin, Gholam R. & El-Temtamy, Osama & Garas, Samy. (2022). Audit Risk Evaluation Using Data Envelopment Analysis with Ordinal Data. *Abacus*. 58(6). DOI:10.1111/abac.12254.
22. Gong, Yande & Zhu, Joe & Chen, Ya & Cook, Wade. (2018). DEA as a tool for auditing: application to Chinese manufacturing industry with parallel network structures. *Annals of Operations Research*. 263(9). DOI:10.1007/s10479-016-2197-1.

## REFERENCES:

1. Charnes A., Cooper W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision-Making Units// *European Journal of Operational Research*. 1978. No. 2. Pp. 429–444.
2. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis // *Management Science*. 1984. Vol. 30, no. 9. Pp. 1078–1092.
3. Debreu, G. (1951) The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19, 273-292. <http://dx.doi.org/10.2307/1906814>.
4. Farrell, M.J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)*, 120, 253-290.
5. Pokushko M.V., Stupina A.A., Dresvyanskij S.D., Stupin A.O., Antipina S.M. Ispol'zovanie metoda analiza ohvata dannyh dlya ocenki effektivnosti predpriyatij // *Informatika. Ekonomika. Upravlenie*. 2022. Т. 1. № 1. С. 101–109. DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2022-1-1-0101-0109>
6. Ajdynov Z.P., Nurkasheva N.S., Bulhairova ZH.S. ISPOL'ZOVANIE DEA-METODA DLYA ISSLEDOVANIYA EFFEKTIVNOSTI DEYATEL'NOSTI PREDPRIYATIYA. *Central Asian Economic Review*. 2018;(4):17-25.)
7. Chernyshova G.YU., Kovalev R.N. Primenenie modeli analiza sredy funkcionirovaniya (data envelopment analysis) dlya ocenki effektivnosti WEB-resursov // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2017. № 8. С. 453–457.
8. Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M. *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Kluwer, 1995.
9. Aigner D., Chu S. On Estimating the Industry Production Function // *American Economic Review*. 1968. No. 58. Pp. 826–839.
10. Kumbhakar S.C., Lovell C.A.K. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press, 2000.
11. Meeusen W., Van Den Broeck J. Efficiency estimation from Cobb – Douglas production functions with composed error // *International Economic Review*. 1977. No. 18. Pp. 435–444.
12. Perroni, M.G., Gouvea da Costa, S.E., Pinheiro de Lima, E., Vieira da S.W. The relationship between enterprise efficiency in resource use and energy efficiency practices adoption // *International Journal of Production Economics*. Volume 190, August 2017, Pages 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.023>

13. Pereira de Souza, M. V., Diallo, M., Castro Souza, R., Baidya, T. K. Nanda. The Cost Efficiency of the Brazilian Electricity Distribution Utilities: A Comparison of Bayesian SFA and DEA Models», Mathematical Problems in Engineering, vol. 2010, Article ID 593059, 20 pages, 2010. <https://doi.org/10.1155/2010/593059>.
14. Al-Mana A.A., Nawaz W., Kamal A., Koç M. Financial and operational efficiencies of national and international oil companies: An empirical investigation // Resources Policy. 2020. No. 68. P. 101701.
15. Ipatova I.B., Pereseckij A.A. Tekhnicheskaya effektivnost' predpriyatij otrasli proizvodstva rezinovyh i plastmassovyh izdelij // Prikladnaya ekonometrika. 2013. № 4 (32). S. 71–92.
16. Lobova S.V., Pon'kina E.V., Mezhin S.A., Kurochkin D.V. Primenenie metodov DEA i SFA dlya kolichestvennoj ocenki vliyaniya tekhnologicheskikh i socio-ekonomicheskikh faktorov na effektivnost' sel'skohozyajstvennyh predpriyatij // Vestnik altajskoj nauki. 2014. № 1. S. 258–266.
17. Din M., Ghani E., Mahmood T. Technical efficiency of Pakistan's manufacturing sector: a stochastic frontier and data envelopment analysis // The Pakistan Development Review. 2007. No. 46 (1). Pp. 1–18.
18. Svetashova YU. V. Razvitie analiticheskogo instrumentariya v audite effektivnosti deyatel'nosti organizacii // Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk. Voronezh, 2019.
19. Zenzerović, Robert & Rabar, Danijela & Černe, Ksenija. (2023). A Longitudinal Analysis of Economic Activities' Relative Efficiency Using the DEA Approach. Economies. 11(11):281. DOI:10.3390/economies11110281
20. Hosseini Monfared, Seyede Nasrin & Lotfi, Farhad & Mozaffari, Mohammad Reza & Rostamy-Malkhalifeh, Mohsen. (2023). Classifying flexible measures in two-stage network DEA and DEA-RA using novel slacks-based models. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. 46(1): 1-27. DOI:10.3233/JIFS-231925
21. Amin, Gholam R. & El-Temtamy, Osama & Garas, Samy. (2022). Audit Risk Evaluation Using Data Envelopment Analysis with Ordinal Data. Abacus. 58(6). DOI:10.1111/abac.12254.
22. Gong, Yande & Zhu, Joe & Chen, Ya & Cook, Wade. (2018). DEA as a tool for auditing: application to Chinese manufacturing industry with parallel network structures. Annals of Operations Research. 263(9). DOI:10.1007/s10479-016-2197-1.

## ҰЛТТЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУДА DEA ЖӘНЕ SFA ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

**Ф.К. Ердавлетова\***

э.ғ.к., қауымдастырылған профессор  
 Эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
 Алматы қ., Қазақстан  
 e-mail: yerdavletova@gmail.com  
 ORCID: 0000-0001-6595-7602

**А.З. Нурмагамбетова**

PhD, э.ғ.к., қауымдастырылған профессор  
 Эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
 Алматы қ., Қазақстан  
 e-mail: azhar.nurmagambetova@kaznu.kz  
 ORCID: 0000-0001-9142-4420

**Л.А. Бимендиева**

э.ғ.к., қауымдастырылған профессор  
 Эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
 Алматы қ., Қазақстан  
 e-mail: bimendiyeva@kaznu.kz  
 ORCID: 0000-0003-4965-5908

***Аңдатпа.** Мақалада қызметтің тиімділігін бағалауда параметрлік емес (DEA) және параметрлік (SFA) тәсілдерін қолданудың халықаралық тәжірибесі қарастырылған. Тиімділіктің DEA және SFA бағалауларына салыстырмалы талдау жүргізіліп, әдістердің әрбірінің артықшылықтары мен кемшіліктері бөлінді. Зерттеудің мақсаты Қазақстан Республикасының орнықты даму көрсеткіштерінің қалыптасқан жүйесімен айқындалатын жағдайларда ұлттық ресурстардың тиімділігін кешенді бағалау міндетінде модельдерді қолданудың ең жақсы нұсқасын іздеу. Авторлар біріктірілген есептілік деректері бойынша қызметтің тиімділігін бағалау үшін DEA қолдану талдауын жүргізді. Талдау нәтижесінде ұлттық ресурстарды пайдаланудың мемлекеттік аудит әдіснамасында DEA әдісін қолдану кезеңдері тұжырымдалды. DEA әдісімен ұлттық ресурстарды пайдалану тиімділігін интегралды бағалау үшін көрсеткіштер белгіленді. DEA әдісін практикалық қолдану мәселелері атап өтілді. Ұлттық ресурстардың барлық түрін пайдалану тиімділігін бағалау моделі, DEA, ұлттық ресурстарды пайдаланудың экономикалық, экологиялық және әлеуметтік аспектілерін біріктіретін тиімділікті интегралды бағалаудың ең перспективалы әдістерінің бірі болады деген қорытындыға келді. DEA әдісі тиімділікті бағалауды ғана емес, сонымен бірге оның өсу бағыттарын да көрсетеді: тиімді шекараға жету үшін ресурстарды тұтыну немесе олардың қайтарымын қандай деңгейге дейін азайту керектігі көрсетілген. Бұл мемлекеттік аудит*

тұжырымдамасын дамыту үшін бақылау мақсаттары мен функциялары емес, ең алдымен ұлттық ресурстарды тиімді пайдаланудың резервтерін (жолдарын) іздеу үшін маңызды дәлел.

**Түйін сөздер:** ұлттық ресурстар, өнімділікті бағалау әдістері, DEA әдісі, SFA моделі, мемлекеттік аудит, аудит әдістемесі.

## THEORETICAL ASPECTS OF APPLYING DEA AND SFA METHODS IN EVALUATING THE EFFICIENCY OF UTILIZING NATIONAL RESOURCES

**F.K. Yerdavletova\***

c.e.s., associate professor  
al-Farabi Kazakh National University  
Almaty, Kazakhstan  
e-mail: yerdavletova@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-6595-7602

**A.Z. Nurmagambetova**

PhD, c.e.s., associate professor  
al-Farabi Kazakh National University  
Almaty, Kazakhstan  
e-mail: azhar.nurmagambetova@kaznu.kz  
ORCID: 0000-0001-9142-4420

**L.A. Bimendiyeva**

c.e.s., associate professor  
al-Farabi Kazakh National university  
Almaty, Kazakhstan  
e-mail: bimendiyeva@kaznu.kz  
ORCID: 0000-0003-4965-5908

**Abstract.** *The article examines international experience in applying non-parametric (DEA) and parametric (SFA) approaches to assessing the efficiency of activities. A comparative analysis of DEA and SFA efficiency assessments is conducted, highlighting the advantages and disadvantages of each method. The research aim was to find the best option for applying models in the comprehensive evaluation of the efficiency of national resources in the conditions determined by the established system of indicators for the sustainable development of the Republic of Kazakhstan. The authors analyze the application of DEA to assess the efficiency of activities based on integrated reporting data. As a result of the analysis, stages of applying the DEA method in the methodology of state audit of national resource utilization are formulated. Indicators for the integrated assessment of the efficiency of national resource utilization by the DEA method are outlined. Practical problems in the application of the DEA method are identified. It is concluded that the DEA model for assessing the efficiency of using all types of national resources will be one of the most promising methods for integrated efficiency assessment, combining economic, ecological, and social aspects of resource utilization. The DEA method not only provides an efficiency assessment but also indicates directions for its growth: up to what level it is necessary to reduce resource consumption or output from them to reach the efficient frontier. This is a compelling argument for developing the concept of state audit to focus not only on control objectives and functions but primarily on identifying reserves (ways) for the efficient use of national resources.*

**Keywords:** national resources, efficiency assessment methods, DEA method, SFA model, state audit, audit methodology.