Ипатова Ирина Борисовна. Динамика стохастической и детерминированной производственной границы на примере российских предприятий обрабатывающей промышленности: диссертация ... кандидата Экономических наук: 08.00.13 / Ипатова Ирина Борисовна;[Место защиты: ФГАОУВО Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики], 2017.- 118 с.

**Содержание к диссертации**

Введение

**Глава 1. Теоретические предпосылки исследования 12**

Раздел 1.1 Краткий обзор состояния российской обрабатывающей промышленности 12

Раздел 1.2 Обзор литературы по основным пунктам исследования 15

1.2.1 Общая теория индексов 15

1.2.2 Методы DEA и SFA 17

1.2.3 Анализ отдачи от масштаба на основе результатов оценивания методами DEA и SFA 19

1.2.4 Российский опыт оценивания СФП и ее компонент с помощью DEA и SFA 21

Раздел 1.3 Описание используемых методов 22

1.3.1 Общая теория индексов 22

1.3.2 Методы DEA и SFA 29

**Глава 2. Оценивание детерминированной и стохастической производственной границы 34**

Раздел 2.1 Сбор и обработка данных. Репрезентативность выборки 35

2.1.1 Сбор и обработка данных 35

2.1.2 Репрезентативность выборки 37

Раздел 2.2 Описательная статистика и корреляционный анализ переменных 42

2.2.1 Описательная статистика переменных 42

2.2.2 Корреляционный анализ переменных 46

Раздел 2.3 Оценивание детерминированной и стохастической производственной границы 48

2.3.1 Оценивание детерминированной производственной границы 48

2.3.2 Оценивание стохастической производственной границы, сквозные регрессии 56

2.3.3 Оценивание стохастической производственной границы, панельные регрессии 63

Раздел 2.4 Трехшаговый анализ отдачи от масштаба 69

2.4.1 Анализ отдачи от масштаба на основе суммы предельных эффектов 70

2.4.2 Анализ связи размера фирмы и оценок ее технической эффективности 74

2.4.3 Анализ динамики оценок эффективности от масштаба 78

**Глава 3. Робастность и консервативность полученных оценок. Их агрегирование 81**

Раздел 3.1 Робастность полученных оценок СФП и ее компонент 81

Раздел 3.2 Консервативность полученных оценок СФП и ее компонент 90

Раздел 3.3 Агрегирование полученных оценок 96

Заключение 101

Список литературы 103

* [Общая теория индексов](http://www.dslib.net/mat-metody/dinamika-stohasticheskoj-i-determinirovannoj-proizvodstvennoj-granicy-na-primere.html#7682481)
* [Репрезентативность выборки](http://www.dslib.net/mat-metody/dinamika-stohasticheskoj-i-determinirovannoj-proizvodstvennoj-granicy-na-primere.html#7682482)
* [Оценивание стохастической производственной границы, сквозные регрессии](http://www.dslib.net/mat-metody/dinamika-stohasticheskoj-i-determinirovannoj-proizvodstvennoj-granicy-na-primere.html#7682483)
* [Консервативность полученных оценок СФП и ее компонент](http://www.dslib.net/mat-metody/dinamika-stohasticheskoj-i-determinirovannoj-proizvodstvennoj-granicy-na-primere.html#7682484)

## Общая теория индексов

Общая теория индексов строится на применении двух методов — оболочечный анализ данных DEA (Data Envelopment Analysis) и анализ стохастической границы SFA (Stochastic Frontier Analysis). Оба этих метода позволяют оценить как СФП, так и отдельные ее компоненты, особое место среди которых занимает техническая эффективность.

Метод DEA был формализован в [Charnes et al., 1978]. С помощью данного метода оценивают детерминированную производственную границу, решая оптимизационные задачи математического программирования: в случае оценки технической эффективности — это максимизация агрегированного выпуска при фиксированных затратах факторов производства. Чуть позже данный метод получил развитие в [Banker et al., 1984]: авторы ослабили предположение о постоянной отдаче от масштаба, позволив ей изменяться вдоль производственной границы. Первая модель получила название CCR, вторая — BCC.

Метод SFA был одновременно предложен в двух работах — [Aigner et al., 1977] и [Meeusen, Van den Broeck, 1977]. Данный метод позволяет оценить стохастическую производственную границу, то есть предполагается, что не только фирмы могут отклоняться от границы при неэффективном производстве, но и граница может сдвигаться в обе стороны для отдельных предприятий под действием внешних факторов. В [Aigner et al., 1977] впервые встречается название метода и приводится определение понятия технической неэффективности с экономической точки зрения. Также описывается развитие моделей и методов оценивания, приведшее к возникновению SFA: [Weinstein, 1964] — вывод формулы для плотности распределения суммы двух случайных величин, одна из которых имеет нормальное распределение, а вторая — усеченное нормальное, предложенное в [Birnbaum, 1950]; [Amemiya, 1973] — вывод формулы для функции максимального правдоподобие и анализ ее свойств; [Schmidt, 1976] — допущение об одностороннем распределении ошибки в уравнении регрессии.

Оба метода также широко используются для оценки только технической эффективности. Считается, что для практических целей DEA более прост в применении, так как не требует дополнительных предположений о спецификации производственной функции и распределении ошибок, участвующих в регрессионных моделях SFA. К примеру, DEA был применен в следующих работах: [Badunenko, 2010] — химическая промышленность Германия за 1992–2004 гг.; [Kumar, Arora, 2012] — сахарная промышленность Индии за 1975–2005 гг.; [Memon, Tahir, 2011] — промышленные компании Пакистана за 2008–2010 гг.; [Rai, 2013] — американские авиакомпании за 1986–1995 гг. и т.д. Несмотря на дополнительные сложности при оценке регрессионных моделей метода SFA, они обладают рядом преимуществ, присущих параметрическим методам, поэтому зачастую выбор исследователей падает именно на них. Предпочтение использованию SFA было отдано в работах: [Castiglione, Infante, 2014] — промышленные компании Италии за 1995–2006 гг.; [Charoenrat, Harvie, 2014] — малые и средние промышленные предприятия Таиланда за 1997–2007 гг.; [Diaz, Sanches, 2008] — малые и средние промышленные предприятия Испании за 1995– 2001 гг.; [Feng, Serletis, 2010] — американские крупные банки за 2000– 2005 гг.; [Kumbhakar, Peresetsky, 2013] — сравнительный анализ банковского сектора в России и Казахстане за 2002–2006 гг. и т.д. Нередко авторы используют в своих исследованиях оба метода, а затем сравнивают полученные результаты, как это сделано в работах: [Bazrkar, Khalilpour, 2013] — десять банков Ирана за 2005–2010 гг.; [Eling, Luhnen, 2010] — межстрановой анализ страховых компаний за 2002– 2006 гг.; [Tingley et al., 2005] — рыболовство в проливе Ла-Манш за 1993– 2000 гг. и т.д.

Анализ отдачи от масштаба в традиционном понимании основывается на расчете суммы предельных эффектов всех факторов производства и сравнении получаемой величины с единицей.

В литературе встречается множество работ, исследующих отдачу от масштаба на основе результатов оценивания методом SFA. К примеру, в [Feng, Serletis, 2010] для американских крупных банков (активы которых превышают 1 млрд долл.) было выявлено действие возрастающей отдачи от масштаба за период с 2000 по 2005 гг. В [Paul, Nehring, 2005] исследовали техническую эффективность сельскохозяйственных ферм в США за 1996–2000 гг., для которых наблюдалась возрастающая отдача от масштаба, игравшая значительную роль в развитии сельскохозяйственного сектора.

Два исследования на данных по швейцарским предприятиям имели большое значение для проводимых в те годы реформ. В [Farsi, Fetz, Filippini, 2007] была обнаружена возрастающая отдача от масштаба для транспортных фирм, в [Farsi, Filippini, Kuenzle, 2007] — для 26 компаний сектора распределения газа за 1996–2000 гг.

В [Tovar et al., 2011] исследование было проведено уже после реформы в секторе распределения электричества Бразилии. Результаты свидетельствовали, что фирмы действовали в условиях возрастающей отдачи от масштаба с 1998 по 2005 гг.

В [Niquidet, Nelson, 2010] была выявлена возрастающая отдача от масштаба для лесопильных заводов Британской Колумбии, которая в некоторых регионах могла привести к образованию естественных монополий.

В [Liu, Li, 2012] показано, что значительная возрастающая отдача от масштаба в китайском промышленном секторе за 1999–2007 гг. стала важнейшим фактором роста китайской экономики в эти годы.

Также на основе оценок SFA возрастающая отдача от масштаба была выявлена в [Kumbhakar, Tsionas, 2006] для молочных ферм Испании за 1993–1998 гг., постоянная отдача от масштаба — в [Mari, Lohano, 2007] для ферм по производству лука, томатов и перца в Пакистане.

## Репрезентативность выборки

Оценивание производственной границы начинается с метода DEA. Как уже говорилось, для этого метода необходима сбалансированная панель, поэтому на этапе очистки данных от ошибок и выбросов предприятия при обнаружении проблем по одному из установленных критериев удалялись из выборки за все года. В качестве выпуска фирм выступает общая выручка, а в качестве факторов производства — численность занятых, основные и оборотные средства.

Оценивание проводилось с помощью программы DPIN (3.1)12. Она позволяет получить оценки уровня СФП и ее компонент и посчитанные индексы показателей к базовому наблюдению. Как уже было сказано, в настоящей работе использовался индекс Феэ-Примонта, удовлетворяющий аксиоме транзитивности и поэтому позволяющий сравнивать показатели эффективности и по компаниям, и во времени.

К сожалению, данная программа обладает ограничением по максимальному числу наблюдений в 5000. В связи с этим детерминированная производственная граница с помощью метода DEA оценивалась по отдельным отраслям, а не для всех предприятий российской обрабатывающей промышленности в целом. Это создает ряд неудобств, поскольку становится невозможным сравнения оценок СФП и ее компонент фирм из разных отраслей, а также сравнение с оценками, полученными по методу SFA. К тому же из-за большого числа компаний по пяти отраслям детерминированная граница не оценивалась. К ним относятся: производство пищевых продуктов, включая напитки (15), химическое производство (24), производство прочих неметаллических минеральных продуктов (26), производство готовых металлических изделий (27), производство машин и оборудования (28).

По другим отраслям производственные границы были оценены, были получены оценки СФП и ее компонент, а затем были посчитаны средние геометрические значения индексов показателей эффективности для каждой отрасли. Подобный анализ для широкого круга российских отраслей проводится впервые. Для примера рассмотрим несколько графиков динамики оценок СФП и ее компонент наиболее часто упоминаемых в тексте отраслей в силу их высокой значимости для экономики страны.

На рис. 9 рассмотрена динамика оценок СФП и ее компонент для отрасли производства кокса и нефтепродуктов. На СФП значительно сказался мировой экономический кризис 2008–2009 гг., за которым последовало восстановление в течение двух лет, но в 2012 г. падение СФП снова возобновилось, составив в 2014 г. всего 63,3% от уровня 2006 г. При этом максимальное значение СФП в отрасли, задающее технологическую границу, имело схожую динамику, но с большей дисперсией значений по годам, и в 2014 г. немного улучшилось, не достигнув уровня 2006 г. Динамика технической эффективности в отрасли отличается тем, что падение началось уже в 2007 г., а в 2009 г. наблюдался рост показателя. В

2011 г. снижение технической эффективности также предшествовало снижению СФП. Эффективность от масштаба имела наименьшую дисперсию по годам. Ее динамика схожа с динамикой остаточной эффективности от перераспределения факторов и выпусков вплоть до

2012 г. Снижение эффективности от масштаба означает процесс удаление фирмы от ее оптимального размера. В 2014 г. ситуация вернулась к ситуации 2006 г. Остаточная эффективность от перераспределения факторов и выпусков — единственная из компонент, которая продемонстрировала к концу периода улучшение по сравнению с началом периода, то есть фирмы в отрасли в среднем стали более эффективно устанавливать пропорции между выпуском и затратами факторов производства.

На рис. 10 изображен аналогичный график для отрасли производства резиновых и пластмассовых изделий. СФП не так сильно снизилась в кризисные годы, как в предыдущей отрасли, а после имела очень слабую вариацию. К концу периода уровень СФП составил 79,9% от уровня 2006 г. Технологическая граница отрасли развивалась более хаотично: большие подъемы чередовались с такими же большими спадами на рассматриваемом отрезке времени. Возможно, это связано со сменой лидеров в отрасли. Техническая эффективность имела схожую с предыдущим случаем динамику, за исключением спада в 2010 г. и роста в 2014 г. При этом динамика эффективности от масштаба оказалась значительно лучше: после спада в кризисный 2009 г. в 2012 г. наблюдался рост, позволивший к концу периода выйти на уровень, значительно превышающий уровень 2006 г. Другими словами, средний размер фирм стал гораздо ближе к оптимальному в отрасли. Остаточная эффективность от перераспределения выпусков и факторов после большого падения в 2008 г. росла до 2012 г. Однако очередное падение в 2013 г. не позволило ей в 2014 г. выйти хотя бы на уровень 2006 г.

## Оценивание стохастической производственной границы, сквозные регрессии

В ходе проведенного исследования было получено некоторое множество оценок СФП и ее компонент, включая техническую эффективность. Поскольку эти показатели не наблюдаемы, существует проблема выбора наилучшего метода и модели для их оценки. На сегодняшний день задача определения объективного критерия не решена, поэтому каждый исследователь при выборе метода и модели руководствуется особенностями имеющихся данных, целями исследования, доступностью средств анализа и т.д. Тем не менее, получив некий массив оценок, разумным шагом представляется анализ их робастности, или устойчивости, как подтверждение того, что интересующее нас ранжирование предприятий по значению показателей эффективности не зависит или слабо зависит от выбора конкретной модели или метода.

Для проверки робастности полученных оценок СФП и ее компонент был проведен корреляционный и визуальный анализ. В первом случае были посчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена, поскольку оценки показателей эффективности являются относительными и задают некое ранжирование фирм. Визуальный анализ графиков зависимости оценок по одним моделям от других позволит сделать вывод о степени линейности их связи, что немаловажно для дальнейшего анализа.

В табл. 16–18 содержатся коэффициенты ранговой корреляции для оценок технической эффективности, СФП и эффективности от масштаба. Все оценки технической эффективности, полученные из сквозных регрессий, имеют высокие коэффициенты корреляции между собой — выше 0,9. Модели, отличающиеся только распределением ошибки неэффективности, имеют коэффициент корреляции почти равный единице. С оценками по сквозным регрессиям также высоко коррелируют ранжирования по моделям TI и TVD — коэффициент Спирмена 0,7–0,8. Для моделей RE этот показатель находится в диапазоне 0,5–0,6, моделей FE еще ниже — 0,4–0,5. При этом и модели TI и TVD, и модели RE и FE внутри своих групп имеют коэффициенты корреляции выше 0,9, но между собой их ранжирования предприятий по значению технической эффективности не имеют никакой связи.

Ранжирование фирм по значению СФП (см. табл. 17) по всем моделям очень близко: почти все коэффициенты ранговой корреляции выше 0,9 (коэффициенты между моделями FE и сквозными регрессиями несущественно ниже).

Коэффициенты корреляции Спирмена по значению эффективности от масштаба (см. табл. 18) высоки только для сквозных регрессий между собой (почти все выше 0,8) и между моделями RE и FE (почти все равно 1). Между другими парами моделей, можно сказать, что связь ранжирований по данному показателю отсутствует, как следствие расчета оценок по остаточному принципу и большой зависимости от динамики максимального значения СФП. В табл. 19–20 также приведены коэффициенты корреляции Спирмена оценок технической эффективности и СФП13 по методу DEA в сравнении с моделями метода SFA по отраслям. К ранжированию по оценкам технической эффективности, полученным из метода DEA, ближе всего сквозные регрессии и модели TI и TVD с функцией Кобба-Дугласа. При этом при переходе к функции транслог сквозные регрессии дают менее похожее на метод DEA ранжирование, чем даже модели RE и FE. Для оценок СФП (см табл. 20) все коэффициенты ранговой корреляции большие, за редким исключением.

Аналогичная таблица для эффективности от масштаба не приведена в силу слишком разных подходов к оценке показателя по двум методам.

В целом, можно заключить о достаточно высокой степени устойчивости оценок технической эффективности и в особенности СФП по разным моделям и двум методам с учетом существующих различий в исходных предположениях и спецификациях.

На рис. 37–41 изображены графики зависимости оценок технической эффективности по одним моделям от других. Подписи к рисункам содержат лишь самую важную информацию о главном отличии между моделями. К примеру, на рис. 37 с почти линейной связью оценок модели отличаются только распределением ошибки неэффективности. На рис. 38 мы также можем сделать вывод о линейной связи, модели при этом отличаются видом производственной функции. На рис. 41 показано, как соотносятся оценки по моделям RE и FE — почти линейная связь. На оставшихся двух графиках — рис. 39 и 40 — связь нельзя назвать линейной, хотя некоторые наблюдения лежат на диагонали. Это зависимость между оценками из сквозной и панельной регрессий. Графики

## Консервативность полученных оценок СФП и ее компонент

Как уже было сказано в разделе 3.1, в результате проведенного анализа был получен целый ряд оценок СФП и ее компонент с помощью двух методов и различных моделей. Расчет коэффициентов ранговой корреляции Спирмена показал, что ранжирования предприятий по значениям показателей эффективности близки между собой. Тем не менее, вопрос выбора наилучшего метода и модели остается открытым. При отсутствии возможности сравнить разные ряды оценок по объективным критериям (к примеру, для небольших выборок можно прибегнуть к экспертному мнению о правильности ранжирования фирм) самым очевидным способом является их агрегирование по некоторому правилу.

Визуальный анализ связи оценок технической эффективности из разных моделей, проведенный в разделе 3.1, показал, что между рядами из близких моделей существует четкая линейная зависимость. Но в случае сравнения оценок из сквозной и панельной регрессий она приобретает нелинейную форму. Поэтому агрегирование для целей исследования необходимо проводить с осторожностью и учитывать существующую неравноценность оценок между собой. В настоящей работе данный пункт анализа описывает возможные альтернативы агрегирования на примере полученных оценок и является иллюстративным.

Чаще всего агрегирование рядов, или уменьшение размерности пространства переменных, подразумевает их линейную свертку с некоторыми весами. В данном разделе предлагается три способа задания весов.

Первым из рассматриваемых способов является взятие среднего арифметического оценок показателя для фирмы в определенный момент времени, полученных по разным моделям. В данном случае веса для рядов одинаковые и равны обратному числу количества рядов. В настоящей работе агрегировались оценки из шести моделей с функцией Кобба-Дугласа, для которой имелись оценки СФП: Модели 5 и 6 (сквозные регрессии), RE и FE (с полунормальным и экспоненциальным распределением ошибки неэффективности).14 Поскольку между некоторыми парами из этих рядов отсутствует линейная связь, а оценок из панельных регрессий в два раза больше, то итоговое ранжирование предприятий по значению оценок технической эффективности, СФП и эффективности от масштаба более близко к тому, что было получено по панельным регрессиям.

Вторым предлагаемым способом агрегирования показателей эффективности является средневзвешенная сумма оценок с весами, обратно пропорциональными квадрату случайной ошибки в модели. Наличие случайной ошибки подразумевает отклонение фирмы от общей производственной границы, относительно которой высчитываются оценки СФП и ее компонент. Поэтому чем больше случайная ошибка, тем менее корректно посчитаны показатели.

Несмотря на то, что для каждой фирмы в данном способе были посчитаны свои веса агрегирования для рядов оценок из шести моделей, на основе средних по выборке весов можно сделать вывод, что вклад сквозных регрессий чуть больше половины — 0,54.

Оценки из моделей TI и TVD не использовались из-за сильных различий в ядерных оценках плотности распределения. Третьим завершающим способом агрегирования оценок является метод главных компонент (МГК). Это широко известный метод уменьшения размерности пространства переменных при сохранении наибольшей части информации. В данном методе последовательно находят главные компоненты, равные линейным комбинациям исходных рядов. Они упорядочены по вкладу в общую дисперсию: первая главная компонента объясняет наибольшую долю дисперсии данных.

Весами для линейных комбинаций служат координаты собственных векторов ковариационной или корреляционной матрицы переменных. Собственные векторы этой матрицы являются ортогональными векторами, задающими систему координат оптимальной гиперплоскости, в которой лежат данные. Собственные числа ковариационной или корреляционной матрицы равны вкладам главных компонент в общую дисперсию. Метод реализуется в статпакете Stata.

По каждому из трех показателей эффективности — технической эффективности, СФП и эффективности от масштаба — был применен МГК. Для целей агрегирования берутся веса из линейной комбинации первой главной компоненты — координаты первого собственного вектора. Полученные веса были нормированы. Для оценок технической эффективности первая ГК объясняет 81,7% дисперсии признака, оценок СФП — 91,8%, оценок эффективности от масштаба — 67,4%. Наибольший вклад в формирование итоговых рядов вносят панельные модели. Обобщенные результаты по трем способам агрегирования приведены в табл. 24.

Способ задания весов М5 М6 RE полунорм. RE эксп. FE полунорм. FEэксп. Равные 0,17 0,17 0,17 0,17 0,17 0,17 Обратнопропорциональные квадрату случайной ошибки 0,19 0,35 0,09 0,12 0,11 0,14 Метод главных компонент техническая эффективность 0,14 0,15 0,18 0,18 0,18 0,18 СФП 0,16 0,16 0,17 0,17 0,17 0,17 эффективность от масштаба 0,07 0,07 0,22 0,22 0,21 0,21 На основе полученных результатов можно заключить, что в случае оценок технической эффективности и СФП способы линейной свертки с равными весами и весами из МГК почти идентичны для рассмотренных шести моделей метода SFA. Если учесть, что для агрегирования используются ряды оценок из четырех панельных регрессий и только двух сквозных регрессий, то очевидно, что итоговые ряды оценок технической эффективности и СФП будут ближе к рядам из панельных регрессий.

Подобная близость полученных двумя способами весов, скорее всего, является случайной и даже для тех же шести моделей нуждается в дальнейшей проверке на других данных. Однако в нашем случае вывод заключается в том, что не было необходимости применять МГК, за исключением агрегирования оценок эффективности от масштаба.

При этом второй способ дал отличные от двух других результаты: вклад двух рядов оценок из сквозных регрессий сравнялся с вкладом четырех рядов из панельных регрессий. По всей видимости, применение двухшаговой процедуры оценивания панельных регрессий увеличивает случайную ошибку, или отклонения фирм от общей производственной границы. Проведенный анализ робастности оценок СФП и ее компонент показал высокую степень устойчивости ранжирования предприятий по значению показателей эффективности к выбору моделей и метода оценивания. Консервативность оценок во времени также велика. При агрегировании оценок нужно руководствоваться предпочтениями относительно моделей и методов, чьи оценки будут включены в расчет итоговых рядов показателей, а также степенью линейности связи между различными рядами.