

Производственные функции в анализе динамики макроэкономических показателей развития региональных экономических систем

© 2009 А.В. Аксянова
доцент

Казанский государственный технический университет

Предложена методология исследования динамики макроэкономических показателей развития региональных систем с применением мультипликативных форм производственных функций, на основе которой проведен экономический анализ эффективности воспроизводственных процессов различных региональных групп.

Ключевые слова: валовой региональный продукт, степенная производственная функция, средняя и предельная эффективности факторов производства, коэффициенты эластичности факторов производства.

В современной концепции устойчивого развития экономических систем категории “региональная неоднородность” и “эффективность общественного производства” связаны между собой причинно-следственными связями. В теории и практике экономической науки термин “устойчивое развитие” характеризует постоянное, в пределах некоторого периода времени, улучшение основных показателей деятельности экономической системы того или иного уровня. При этом целью функционирования любой экономической системы является получение дохода от вложенных в ее функционирование ресурсов. Следовательно, для региональных систем, имеющих, наряду с общими свойствами экономических систем, присущее именно им свойство неоднородности развития в условиях конкуренции, равные вложения в ресурсы приведут в конечном итоге к разной отдаче в результирующих изменениях основных макроэкономических показателей экономической деятельности.

Традиционно количественная оценка изменений целевых состояний региональных экономических систем связана с изменением объемов инвестиций. В системе отношений расширенного воспроизводства инвестиции (в факторы производства, человеческий капитал) выполняют важную структурообразующую функцию и являются индикатором состояния эффективности общественного производства. Региональная неоднородность порождает и неоднородное инвестиционное пространство. Для национальной экономической системы под инвестиционным пространством можно понимать систему территориально распределенных инвестиционных потоков, объектов и субъектов инвестиционной деятельности и процессов, протекающих в пределах территориальных границ отдельных регионов страны. Соответственно, под региональной неодно-

родностью инвестиционного пространства следует понимать межрегиональные различия в фактических объемах инвестиций, поступающих в административно-территориальные единицы страны.

Таким образом, качественно обоснованный выбор показателей, характеризующих эффективность развития региональных экономических систем, и выявление факторов, порождающих изменение целевых состояний исследуемых систем, не являются главными условиями успешного решения проблемы достижения устойчивого экономического развития. Получение адекватных эконометрических моделей оценки макроэкономической динамики возможно только тогда, когда в неоднородном экономическом пространстве особым образом вычленяются однородные по воспроизводственному механизму региональные группы и осуществляется типологизация исследуемых систем.

Подобная методология была использована для получения статистических моделей оценки взаимосвязи между темпами роста валового регионального продукта в расчете на одного занятого и темпами роста инвестиционной отдачи в региональных группах, формируемых по различным профилям (демографическим, сырьевым и др.) и однородных по уровню инвестиционной эффективности¹. Это позволило получить для каждого профиля особые группы регионов, в которых динамика результирующих индикато-

¹ Аксянова А.В. Исследование взаимосвязей показателей эффективности неоднородных региональных экономических систем // Экон. науки. 2009. № 2. С. 121-127; Аксянова А.В., Гадельшина Г.А. Эконометрическое моделирование инвестиционной эффективности региональных экономических систем // Математические методы в технике и технологиях: Сб. науч. тр. XXII Междунар. науч. конф.: В 10 т. Т. 7. Секция 8 / Под общ. ред. В.С. Балакирева. Псков, 2009. С. 12-14.

ров хозяйственной деятельности имела особый характер изменений уровня инвестиционной отдачи, связанный с изменением структурных свойств исследуемой системы.

Полученные результаты могут быть использованы для анализа эффективности однородных региональных экономических систем с помощью моделирования их воспроизводственных механизмов на основе построения соответствующих производственных функций. Тем более, что построение производственных функций, связывающих объемы выпуска регионального валового продукта с затратами различных производственных факторов, по множествам регионов в соответствии с существующим административно-территориальным делением в большинстве случаев не позволяет получить достоверную оценку эффективности развития исследуемых систем.

Известно, что производственная функция является одним из способов прогнозирования развития экономических систем. Применение производственных функций способствует совершенствованию механизма управления развитием экономики, поскольку в этом случае экономическая система рассматривается сквозь призму внутренних проблем и факторов.

С математической точки зрения, производственная функция - это уравнение гиперповерхности эффективных технологических процессов, а именно непрерывная дифференцируемая функция $v = f(u)$, описывающая множество эффективных технологических процессов. Другими словами, данная функция однозначно определяет наибольший набор продуктов v , который может быть произведен для определенного набора факторов u .

Агрегирование наборов факторов и продуктов производства позволяет привести уравнение гиперповерхности к виду $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, реализующему связь (эффективное преобразование) между агрегированными факторами производства и производимым валовым региональным продуктом. Следовательно, с экономической точки зрения, производственная функция является выражением связи между максимальным выпуском продукта y и затраченными факторами производства x_1, x_2, \dots, x_n за период времени для заданного множества технологий.

Формально производственные функции могут быть представлены в различных формах - от простых, таких как линейная зависимость результата производства от одного исследуемого фактора, до сложных систем эконометрических систем уравнений, включающих рекуррентные соотношения, которыми связываются состояния изучаемого объекта в различные периоды времени.

Особое распространение в экономической науке получили мультипликативные формы производственных функций, основное преимущество которых состоит в том, что если один из множителей равен нулю, то результат обращается в ноль. Это реалистично отражает тот факт, что в большинстве случаев в производстве участвуют все анализируемые первичные ресурсы и без любого из них выпуск продукции оказывается невозможным (первое свойство неоклассических производственных функций)².

К таким функциям относится степенная функция и ее различные модификации (например, при наличии двух производственных факторов получают стандартную функцию Кобба - Дугласа). В общем виде степенная производственная функция выражает зависимость выпуска продукта от затрат ресурсов в различные моменты времени:

$$Y(t) = a_0 [x_1(t)]^{a_1} [x_2(t)]^{a_2} \dots [x_n(t)]^{a_n},$$

при этом чаще всего в исследованиях макроэкономической динамики рассматриваются двухфакторные (затраты труда и капитала) и трехфакторные (затраты труда, капитала и использование природных ресурсов) производственные функции.

При моделировании региональных производственных процессов также возможным является использование степенных производственных функций вида

$$Y(r) = a_0 [x_1(r)]^{a_1} [x_2(r)]^{a_2} \dots [x_n(r)]^{a_n},$$

в которых описывается не поведение системы в различные моменты времени, а поведение набора систем (регионов - r) в один и тот же момент времени³.

В данном исследовании показателей макроэкономической динамики по субъектам РФ, объединенных в однородные группы, были выбраны:

- трехфакторная степенная производственная функция

$$Y(t) = [L(t)]^{a_1} [K(t)]^{a_2} [S(t)]^{a_3},$$

где $Y(t)$ - валовой региональный продукт (ВРП) в период времени t по выделенной совокупности регионов - субъектов РФ;

$L(t)$, $K(t)$ и $S(t)$ - среднегодовая численность занятых в экономике, тыс. чел., стоимость основных производственных фондов, млн. руб. и площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га, соответственно, в год t в этой же совокупности регионов;

² Дрогобыцкий И.Н. Экономико-математическое моделирование. М., 2004.

³ Баранов С.В., Скуфьина Т.П. Методический подход использования производственных функций в исследовании региональных производственных процессов // Статистика в диалоге общества и власти: Сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2008. С. 266-268.

• двухфакторная производственная функция Я. Тинбергена (кинематическая), являющаяся модификацией стандартной двухфакторной функции Кобба - Дугласа и задающая экспоненциальный рост продукта во времени с учетом влияния НТП:

$$Y(t) = [L(t)]^{a_1} [K(t)]^{a_2} e^{a_3 t}.$$

Коэффициенты масштаба и в том и другом случае были приняты равными единице.

Известно, что оцениваемые параметры указанных производственных функций a_1 , a_2 , a_3 являются фактически коэффициентами эластичности по соответствующим факторам производства. В модифицированной функции (Тинбергена) параметр a_3 определяет влияние НТП на эффективность преобразования факторов в продукт.

Методология исследования состоит в следующем. Первоначально в общем экономическом пространстве регионов были сформированы различные профили (например, были образованы группы регионов по демографическим профилям, характеристика которых приведена в работе⁴). Затем внутри каждого профиля были выделены подмножества регионов, однородные по уровню инвестиционной отдачи. При этом в совокупности регионов можно выделить регионы с низкой, средней и высокой инвестиционной эффективностью. Так, для регионов, отнесенных к низкоэффективным, характерным является высокий уровень инвестиционной нагрузки на одного занятого в экономике, абсолютные приросты инвестиций на одного занятого больше, чем средние абсолютные приросты, и, как следствие, абсолютные приросты инвестиционной отдачи меньше среднего уровня. Регионы с высоким уровнем инвестиционной эффективности будут иметь обратные характеристики⁵.

Далее по каждому подмножеству регионов по значениям $Y(t)$, $L(t)$, $K(t)$ и $S(t)$ были образованы временные ряды на основе данных официальной статистической информации⁶ за 12 лет (1995 - 2006). Известным является тот факт, что существует задержка (два года) в опубликовании данных официальной статистической отчетности по системе национальных счетов по субъектам РФ, что вызывает определенные трудности, связанные с достаточностью выборочных данных. В настоящем исследовании за основу было взято правило, согласно которому для получения многофакторной производственной функции

⁴ Аксянова А.В. Исследование...

⁵ Аксянова А.В., Гадельшина Г.А. Эконометрическое моделирование...

⁶ См.: Национальные счета России в 1999-2006 годах: Стат. сб. / Росстат. М., 2007; Россия в цифрах. 2007: Крат. стат. сб. / Росстат. М., 2007.

объем необходимой информации должен соответствовать соотношению⁷:

$$(n + m) < (n - m)^2,$$

где n и m - соответственно, число наблюдений и количество факторов в модели производственной функции.

Также следует отметить, что динамические ряды по значениям L и K были подвергнуты процедуре взвешивания согласно методике, предложенной в работе⁸:

$$L_t = L_t \frac{w_t}{w_b},$$

где $w = \frac{Y}{L}$ - ВРП на одного занятого в экономике (производительность труда).

$$K_t = K_t \frac{w_t}{w_b},$$

где $w = \frac{Y}{K}$ - фондоотдача;

t - текущий момент времени;

b - период времени, взятый за базу сравнения.

По полученным временным рядам была произведена оценка параметров выбранных моделей производственных функций (с помощью ППП Statistica) и получены прогнозируемые объемы валового регионального продукта. Достоверность оцениваемых параметров подтверждается показателями качества уравнения регрессии (коэффициент детерминации больше 0,8), значимостью полученных коэффициентов a_1 , a_2 , a_3 .

В дальнейшем был проведен экономический анализ результатов моделирования на основе производственных функций. В большинстве случаев полученные производственные функции достаточно хорошо согласуются с региональными данными. Так, по трехфакторным производственным функциями было получено, что оцениваемые параметры a_1 (по труду) и a_2 (по капиталу) имеют значения в допустимых пределах, а именно: коэффициенты эластичности по труду изменяются в пределах от 0,63 до 0,95, по капиталу - от 0,019 до 0,33. Это свидетельствует о том, что в большинстве случаев $a_1 > a_2$, т.е. рост выпуска ВРП является фондосберегающим (трудointенсивным). Если сравнивать полученные производственные функции по демографическим профилям РФ, то значение коэффициента эластичности по капиталу возрастает в тех

⁷ Гришин А.Ф., Кочерова Е.В. Статистические модели: построение, оценка, анализ. М., 2005.

⁸ Гусев С.Н. Структурная динамика и обоснование политики промышленного роста (на примере Республики Татарстан): Дис. ... канд. экон. наук. Казань, 2002.

совокупностях регионов, где среднегодовая численность занятых в экономике имеет тенденцию к снижению.

Так, в демографическом профиле ДП4⁹, являющемся наименее привлекательным с точки зрения демографической ситуации, в подгруппах А и Б, характеризующихся самым высоким уровнем сокращения численности населения между переписями (от 20 до 54%), коэффициент эластичности по капиталу составил наибольшее значение, равное 0,078 (т.е. с увеличением стоимости основных производственных фондов на 1% ВРП увеличится на 0,078%). При этом средняя эффективность по капиталу (средняя фондоотдача) в данном профиле также получилась ниже в сравнении с другими и составила 4,8 руб. объема ВРП на рубль основных производственных фондов, а предельная фондоотдача оказалась выше (0,37 руб. объема ВРП на рубль основных производственных фондов). Предельная фондоотдача, как известно, представляет собой конечную скорость изменения объема ВРП в результате минимального увеличения среднегодовой стоимости основных производственных фондов. Во всех случаях предельная эффективность факторов оказалась ниже средней эффективности, что также может служить подтверждением адекватности полученных функций.

Несколько иная ситуация сложилась по трехфакторным производственным функциям, полученным по группам регионов, сформированных по демографическим профилям с учетом уровня инвестиционной эффективности. Здесь также значения коэффициентов эластичности по труду и капиталу варьируются в пределах от 0 до 1 и $a_1 > a_2$, но наименьшее значение коэффициента эластичности по капиталу ($a_2 = 0,019$) соответствует демографическому профилю ДПЗ, в котором были отобраны капиталоемкие регионы с низким уровнем инвестиционной эффективности. Наибольшее значение коэффициента $a_2 = 0,33$ было получено по профилю ДП2, в котором были отобраны преимущественно трудоемкие регионы, характеризующиеся высокой инвестиционной эффективностью. В целом, показатели средней и предельной эффективности факторов в рассматриваемом случае получились более "ровными" по значениям, хотя, например, совокупность низкоэффективных регионов профиля ДПЗ дала наименьшее значение и средней, и предельной фондоотдачи.

Во всех случаях (и по демографическим профилям, и по подмножествам регионов в зависимости от уровня инвестиционной отдачи) значения параметра a_3 оказались меньше нуля, т.е. при увеличении площади сельскохозяйственных угодий на 1% следует ожидать снижения объема ВРП на 0,09 - 0,16%. Такие результаты можно объяснить тем, что изменение площадей сельскохозяйственных угодий во времени имеет тенденцию к снижению и, видимо, при учете этого фактора также надо проводить процедуру взвешивания временных рядов, это является самостоятельной проблемой в плане обоснованного

выбора с экономической точки зрения величины Y/S .

Аналогичным образом был проведен экономический анализ по полученным кинематическим двухфакторным производственным функциям. В целом, результаты не противоречат выводам, полученным на основе трехфакторных производственных функций. Так, опять-таки по демографическим профилям наименьшее значение эластичности по капиталу дает профиль ДП4, подгруппы А и Б ($a_2 = 0,107$), а в подмножествах регионов по уровню инвестиционной отдачи минимальное значение коэффициента a_2 дает подмножество регионов профиля ДПЗ, а максимальное - подмножество трудоемких и высокоэффективных регионов ДП1, более многочисленное по числу входящих в него элементов, нежели подмножество профиля ДП2.

Однако при оценивании параметров кинематических двухфакторных производственных функций в ряде случаев было получено, что значения коэффициентов эластичности по капиталу меньше нуля. Это свойство оказалось характерным для подмножеств регионов, которые характеризуются меньшей численностью населения и большей долей ВРП в совокупном региональном продукте.

Параметр a_3 , определяющий влияние НТП на преобразование факторов в готовый продукт, варьировался в пределах от 0,014 до 0,04, т.е. в среднем ВРП с каждым годом увеличивался в 1,01 - 1,04 раза. При этом при разных способах формирования подмножеств регионов (по демографическим профилям и по уровню инвестиционной отдачи) было получено, что наименьшее значение коэффициента a_3 соответствует профилю ДП4, подгруппы А и Б, а наибольшее - профилю ДПЗ.

Завершая экономический анализ на основе полученных производственных функций, необходимо также отметить, что во всех случаях суммарное значение коэффициентов эластичности не превышало значения 0,98 (<1). Это означает, что ВРП растет не быстрее, чем в среднем растут факторы производства. Другими словами, нельзя делать однозначный вывод о том, что полученные производственные функции описывают растущую экономику.

Таким образом, полученные результаты дают необходимую базу для построения любых региональных моделей экономического роста (одно-, двух-, трехсекторных), так как любые из них базируются прежде всего на количественном выражении объема выпускаемого продукта на основе соответствующей производственной функции. Более того, аппарат производственных функций до сих пор остается актуальным при исследовании эффективности функционирования экономики на любом уровне, в том числе и на региональном, являясь оптимальным средством установления типа и специфики изменения показателей макроэкономической динамики. На основе моделей производственных функций, в том числе и степенных, возможным также является выражение экономического потенциала изучаемой экономической системы.

⁹ Аксянова А.В. Исследование...