

О.А. Косоруков, К.А. Мысина, С.Н. Мусихин
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОВОКУПНОГО СПРОСА В РФ*

В статье раскрыты особенности моделирования экономики регионов страны, при этом описываемые методы были адаптированы под экономику Российской Федерации. Отражены основные подходы к прогнозированию экономики и спроса на различные виды товаров, обоснован выбор конкретного принципа прогнозирования, большое внимание уделено основам работы со статистической базой, исходя из наличных данных и методологии их получения.

Ключевые слова: Российская Федерация, развитие региона, моделирование экономики, CGE-модели, совокупный спрос, рабочая сила, инвестиции.

Форм. 5. Рис. 1. Табл. 2. Лит. 16.

О.А. Косоруков, К.О. Мисіна, С.М. Мусіхін
МАТЕМАТИЧНІ ПРИНЦИПИ ДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ
ПРОГНОЗУВАННЯ СУКУПНОГО ПОПИТУ В РФ

У статті розкрито особливості моделювання економіки регіонів країни, при цьому описуються методи, які було адаптовано під економіку Російської Федерації. Відображено основні підходи до прогнозування економіки і попиту на різні види товарів, обґрунтовано вибір конкретного принципу прогнозування, велику увагу приділено основам роботи зі статистичною базою, виходячи з наявних даних і методології їх отримання.

Ключові слова: Російська Федерація, розвиток регіону, моделювання економіки, CGE-моделі, сукупний попит, робоча сила, інвестиції.

О.А. Kosorukov¹, К.А. Mysina², S.N. Musikhin³
MATHEMATICAL PRINCIPLES IN THE DYNAMIC MODEL FOR
THE AGGREGATE DEMAND FORECAST IN RUSSIAN FEDERATION

The article reveals the peculiarities of modelling the region's economy within a country, describing at this the methods which have been adapted for Russian economy. Key approaches to forecasting the economy and the demand for various types of commodities are demonstrated, the choice of a certain principle for forecasting is grounded; special attention is paid to the fundamentals of working with a statistical database taking into account the available data and the methodology of obtaining this data.

Keywords: Russian Federation; region's development; economy's modelling; CGE models; aggregate demand; labour force; investments.

Постановка проблемы. В настоящее время многие регионы Российской Федерации сталкиваются с трудностью принятия адекватных управленческих решений. Данные трудности вызваны необходимостью понимания картины развития региона в целом, в том числе кадрового состояния, развития видов

¹ Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Mathematical Methods in Economy, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.

² Laboratory of Mathematical Modelling, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.

³ Candidate of Economic Sciences, Laboratory of Mathematical Modelling, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.

* Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 9 апреля 2010 года №218) в рамках выполнения Договора № 13.G25.31.0065.

экономической деятельности, политики импорта-экспорта, баланса спроса и предложения и др. Для рассмотрения всей полноты происходящих процессов в регионе, факторов, влияющих на них, и возможных решений по их регулированию была разработана динамическая модель прогнозирования совокупного спроса в РФ.

Анализ существующих исследований и публикаций. Понятие совокупного спроса является базисным в макроэкономической науке, а «модель совокупного спроса – совокупного предложения» была изучена известными учеными, в том числе Дж. Кейнсом, разработавшим макроэкономическую модель, с помощью которой он пытался найти причины массовой безработицы и низких темпов роста производства [10]. В модели такого типа заложено множество экономических зависимостей, отражающих хозяйственные процессы в исследуемых регионах, а прогнозирование совокупного спроса является актуальной задачей для планирования торговой и экономической политики страны. Как известно, под совокупным спросом в макроэкономической модели понимается совокупность спроса в стране на рабочую силу, на товары и услуги, на финансовые ресурсы и на производственные фонды. Одним из способов моделирования совокупного спроса на сегодняшний день является построение системно-динамических моделей. Следует заметить, что само понятие «системная динамика» впервые предложил Дж. Форрестер [15] в середине 1950-х годов, а соответствующее направление изучения сложных систем впоследствии стремительно развивалось, чему главным образом способствовало компьютерное моделирование. Данные вопросы изучались в работах [4; 8; 11–13; 16].

Цель исследования – выявление закономерностей развития процессов в экономике и их формализация.

Основные результаты исследования. Для построения динамической модели прогнозирования совокупного спроса в РФ был выбран метод систем балансовых уравнений с использованием функций полезности экономических агентов и итерационных процедур (CGE-модель или агентно-ориентированная модель). Описание такого рода моделей начинается с того, что выделяются экономические агенты, деятельность и отношения которых определяют структуру изучаемой экономики. В модели выделены следующие экономические агенты: население регионов (домашние хозяйства), федеральное правительство, региональное и муниципальное правительства в совокупности (далее региональное правительство), зарубежные страны (как совокупность), организации в разрезе видов экономической деятельности (далее ВЭД), масштабам производства в регионах. Согласно текущему административно-территориальному делению страны в России выделено 83 субъекта. Исходя из особенностей методологического учета организаций в Росстате (Федеральная служба государственной статистики) в модели выделено 30 ВЭД (табл. 1), разбитых на две группы по масштабу производства – «крупные и средние организации» и «малые и микромалые организации» с досчетом на теневую деятельность организаций по ВЭД.

Заметим, что данные по подразделу DF «Производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов» отсутствуют. Вместо этого имеются данные по

пункту «Производства кокса и нефтепродуктов». Также отсутствуют данные по подразделу DK «Производство машин и оборудования». Здесь имеем возможность выбрать пункт «Производство машин и оборудования(без производства оружия и боеприпасов)». В связи с эти было решено самостоятельно выделять отдельный подкласс «Производство ядерных материалов, оружия и боеприпасов».

Таблица 1. Группировка организаций по видам экономической деятельности, используемой в модели*

№	Код ОКВЭД	Наименование ОКВЭД
1	Раздел А	Сельское хозяйство
2	Раздел В	Рыболовство, рыбоводство
3	Подраздел СА	Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых
4	Подраздел СВ	Добыча полезных ископаемых, кроме топливно- энергетических
5	Подраздел DA	Производство пищевых продуктов, напитков и табака
6	Подраздел DV	Текстильное и швейное производство
7	Подраздел DC	Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви
8	Подраздел DD	Обработка древесины и производство изделий из дерева
9	Подраздел DE	Целлюлозно-бумажное производство
10	Класс 26.9	Производство кокса и нефтепродуктов (без ядерных материалов)
11	Подраздел DG	Химическое производство
12	Подраздел DH	Производство резиновых и пластмассовых изделий
13	Подраздел DI	Производство прочих неметаллических минеральных продуктов
14	Подраздел DJ	Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий
15	Класс 38.9	Производство машин и оборудования (без оружия и боеприпасов)
16	Подраздел DL	Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования
17	Подраздел DM	Производство транспортных средств и оборудования
18	Подраздел DN	Прочие производства
19	Класс 26.3 + Класс 29.6	Производство ядерных материалов, оружия и боеприпасов
20	Раздел E	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды
21	Раздел F	Строительство
22	Раздел G	Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования
23	Раздел H	Гостиницы и рестораны
24	Раздел I	Транспорт и связь
25	Раздел J	Финансовая деятельность
26	Раздел K	Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг
27	Раздел L	Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное социальное обеспечение
28	Раздел M	Образование
29	Раздел N	Здравоохранение и предоставление социальных услуг
30	Раздел O	Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг
31	Раздел С	Добыча полезных ископаемых
32	Раздел D	Обрабатывающие производства

* составлено по данным [9].

Следующим важным пунктом при построении CGE-модели является выделение рынков, через которые осуществляется перераспределение финансовых ресурсов экономических агентов. Каждый рынок определяется продуктом (товаром или услугой), который торгуется на нем, ценой на этот продукт и механизмом работы рынка.

Рынок любых товаров имеет два механизма работы – государственное ценообразование и рыночное. В зависимости от типа рынков в модели выделены следующие продукты: промежуточный и конечный продукт. Помимо этого, в модели выделено 3 уровня рынков – внутрирегиональный рынок ценообразования, общероссийский и экспертно оцениваемый международный. Главной задачей модели совокупного спроса является прогнозирование потребности экономики в трудовых ресурсах. Данная потребность определяется согласно группировке организаций по ВЭД, масштабу производства в каждом субъекте РФ.

Финансовая активность экономических агентов в модели не выделена в отдельные рынки, как это сделано в CGE-модели В.Л. Макарова «Вычислимая модель российской экономики» [12]. Доходы от финансовой и инвестиционной деятельности в связи с большой зависимостью российской экономики от мирового финансового инвестиционного климата задаются экспертно. Возможно также исследование и выявление зависимостей показателя финансовой прибыли от показателей финансовой образованности населения региона, финансовой активности организаций по ВЭД, наличия сбережений и макроэкономической конъюнктуры.

Основной характеристикой CGE-модели является валюта баланса экономических агентов. Эта величина определяется как «бюджет экономического агента», равный величине располагаемых финансовых ресурсов экономических агентов в расчетном году. Для организаций бюджет равен сумме нераспределенных финансовых средств предыдущего периода, производственных возможностей организаций, суммарной финансовой помощи федерального и регионального правительств и экспертно оцененных финансовых доходов организаций от инвестиционной и финансовой активности:

$$B(t) = B(t-1) \times Ost(t-1) + Y(t) \times Oy(t) + U(t) + F(t), \quad (1)$$

где B – бюджет экономического агента; Ost – доля нераспределенных финансовых ресурсов предыдущего периода; Y – производственные возможности организации; Oy – доля реализованной продукции; U – суммарная финансовая помощь организации от федерального и регионального правительств; F – экспертно оцененные доходы организации от инвестиционной и финансовой деятельности.

Из анализа слагаемых бюджета организаций по различным ВЭД значимость слагаемых их факторов различна. Так, основой бюджетов организаций-производителей товаров и услуг небюджетного сектора (ВЭД от 1 до 26) являются их производственные возможности, которые задаются производственной функцией следующего вида:

$$Y = f(K, L, Z), \quad (2)$$

где в качестве производственных факторов выступают основные производственные фонды (K), среднесписочная численность занятых в организации, скорректированная на долю неудовлетворенной трудовой потребности организаций, ранжированной по важности ее использования в производственном процессе (L) и располагаемые оборотные ресурсы организации в течение года (Z). Значение производственной функции (Y) показывает объем выпуска това-

ров и услуг в год в стоимостном выражении в ценах базисного года. Базисным годом в модели целесообразно выбрать 2002, так как в дальнейшем Росстатом публикуется информация в новой классификации организаций по видам экономической деятельности (взамен старой классификации Общесоюзного классификатора отраслей народного хозяйства (ОКОНХ)).

Классический подход к построению производственной функции от капитала и труда (производственная функция Кобба-Дугласа) был детализирован под объект исследования – оценку влияния трудовых ресурсов на выпуск конечного продукта. Для этих целей был проведен опрос экспертов по рынку труда и занятости, а результаты обобщены в векторы престижа профессий по каждому ВЭД.

Для ВЭД «Государственного управления», «Здравоохранения» «Образования», где доля бюджетных организаций значительна, основой формирования бюджетов являются перераспределяемые ресурсы федерального и региональных правительств (U).

Следующее действие состоит в том, что созданный продукт Y разделяется экономическим агентом на части в зависимости от того, на каких рынках этот продукт реализуется:

$$Y = Qx + Qc + Qex, \quad (3)$$

где Qx – промежуточный продукт; Qc – конечное потребление; Qex – экспортируемые товары и услуги.

Спрос D на конкретный продукт определяется 3 вещами: располагаемым бюджетом – B , долей расходования средств на конкретный продукт – O , ценой продукта P на рынке. А именно:

$$D = \frac{B \times O}{P}. \quad (4)$$

Таким образом, проблема экономического агента-производителя состоит в том, чтобы разделить общий бюджет, которым он располагает, на доли (части) по числу покупаемых продуктов плюс часть, оставляемая про запас, а также на оплату налогов. В простейшем варианте эти доли на потребление продуктов фиксированы, например, принимаются равными долям предыдущего периода. Это так называемое абсолютно инерционное поведение. Инерционность уменьшается, если в последующем периоде происходит корректировка долей в зависимости от целевой функции агента, которую он старается максимизировать.

Процесс перераспределения финансовых ресурсов между агентами достигается по средством итерационной процедуры Эрроу-Дэбре, которая подразумевает пересчет цены продукта в зависимости от несоответствия спроса и предложения на конкретный продукт на рассматриваемом рынке. Математически данная процедура ценообразования выглядит следующим образом:

$$P(t) = P(t - 1) + \frac{D(t) - Q(t)}{(D(T) - Q(T) \times 100)}, \quad (5)$$

где $P(t)$ – цена на продукт в итерационной процедуре, где первоначальное значение цены продукта на конкретном рынке равно цене продукта прошлого года $P(t - 1)$; $D(t)$ – спрос на продукт в текущем периоде, формируется аналогично цене в итерационной процедуре; $Q(t)$ – предложение продукта в

текущем периоде, формируется аналогично цене и спросу в итерационной процедуре.

Данная формула пересчитывается n раз в зависимости от эластичности рассматриваемого рынка ε . То есть пока разница между спросом D и предложением Q продукта больше показателя эластичности ε ($|D(T) - Q(T)| > \varepsilon$), итерационная процедура продолжается. При полностью инерционном прогнозе модели, в котором доли спроса и предложения продукта не изменяются, а также не отслеживается эластичность рынков, число итераций $n = 100$.

После определения цен на товары происходит перераспределение финансов между экономическими агентами, пересчитываются активы экономических агентов и запускается динамическая процедура расчета показателей следующего прогнозируемого периода.

При проведении обследований большая часть деятельности остается неохваченной. В частности, в настоящий момент в официальной статистике отсутствуют данные по теневой деятельности при разделении экономики на ВЭД или при другом детальном ее рассмотрении. В связи с этим встает вопрос о количественной оценке показателей в данном секторе экономики. Введем некоторые определения. Под неформальным сектором обычно понимается совокупность мелких хозяйственных единиц, а также экономическая деятельность, осуществляемая на базе домохозяйств или индивидуально. Следует заметить, что понятие неформального сектора не тождественно понятию теневой или ненаблюдаемой экономики. К теневой экономике относится любая нерегистрируемая и необлагаемая налогами экономическая деятельность, включая криминальную, а также нерегистрируемую в рамках крупных или средних зарегистрированных предприятий, тогда как неформальный сектор не включает занятых запрещенной деятельностью, а также тех, кто работает без регистрации на крупных и средних предприятиях формального сектора. Однако он может включать как самозанятых, так и занятых по найму (на предприятиях неформального сектора или у физических лиц). Данные вопросы были подробно изучены в работах [1–3; 5–7]. В нашей модели были получены оценки, представленные в табл. 2.

Кроме численности работников, статистической оценке теневого сектора должны быть подвержены и другие показатели, такие как выпуск товаров, импорт и экспорт и проч.

После построения модели необходимо провести испытания для оценки ее адекватности. На этапе испытания и исследования разработанной имитационной модели организуется комплексное тестирование, и если в результате проведенных процедур модель окажется недостаточно достоверной, то необходима ее калибровка с целью обеспечения аутентичности.

Таким образом, в результате выполнения математических операций с показателями статистики получим данные по спросу на товары (рис. 1).

Выводы. В результате проведенных исследований были выявлены основные закономерности взаимодействия экономических агентов между собой в условиях различных секторов экономики и видов экономической деятельности. Для получения адекватных значений показателей необходимо изучать производственную сферу в детальном разрезе, что было произведено.

Таблиця 2. Численность занятых в теневом секторе экономики, чел.*

Показатель/годы	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Всего (РФ)	14942084	16201197	17269060	18570032	19052278	19042065	19064718	19861075
Раздел А. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	3651468	3920574	3976002	4132366	4312960	4401400	4387416	4418988
Раздел В. Рыболовство, рыбное хозяйство	27818	29425	32965	39869	51307	54933	58435	60441
Раздел С. Добыча полезных ископаемых	37366	46923	56641	65528	67281	65832	68517	81063
Подраздел СА. Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	27515	31732	49482	41758	42736	41843	43662	52327
Подраздел СВ. Добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических	9871	15191	14159	23770	24545	23989	24855	28736
Раздел Д. Обрабатывающее производство	1283017	1629667	1867114	1994167	2118320	2108658	2064654	2266761
Подраздел DA. Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	307187	366437	412698	303365	329163	337111	319193	375137
Подраздел DB. Текстильное и швейное производство	295320	312124	345202	103851	106031	98108	88672	93933
Подраздел DC. Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	35085	22985	23419	14573	15438	18008	16501	16125
Подраздел DD. Обработка древесины и производство изделий из дерева	185434	228344	284043	74965	76973	77544	73958	77151
Подраздел DE. Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	26200	32841	38197	82412	91816	90847	90432	101009
Подраздел DF. Производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов	23955	31960	23953	28533	30741	30563	27261	24027
Подраздел DG. Химическое производство	17062	32582	39674	118043	126183	116576	110443	123189
Подраздел DH. Производство резиновых и пластмассовых изделий	11157	10217	13554	53839	62011	64949	66689	72427
Подраздел DI. Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	35022	52253	51474	136090	147319	153731	157862	168415
Подраздел DJ. Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	44914	77030	76032	235681	268603	262736	235632	278565
Подраздел DK. Производство машин и оборудования	236892	285159	261133	252628	264223	252475	246320	236886

Окончание табл. 2

Показатель/годы	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Подраздел DL. Производство электроборудования, электронного и оптического оборудования	27517	31256	33449	185949	199159	208274	206345	230132
Подраздел DM. Производство транспортных средств и оборудования	15225	41342	52647	251888	262356	261456	261594	290853
Подраздел DN. Прочие производства	113720	177864	165544	62460	66080	72696	74951	79995
Раздел E. Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	20262	33500	40644	51134	53957	63952	65203	63454
Раздел F. Строительство	1650498	1789620	1877631	2100088	2149374	2110234	2178771	2232540
Раздел G. Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования	5491382	5936153	6310946	6617534	6610014	6453535	6331101	6484762
Раздел H. Рестораны и рестораны	215287	311871	361614	485257	503726	467634	478593	509831
Раздел I. Транспорт и связь	850363	978061	1110812	1175601	1227411	1288270	1318768	1424596
Раздел J. Финансовая деятельность	41878	37626	51366	62894	62224	68755	74383	86415
Раздел K. Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	487316	499246	565208	637264	666256	684603	700749	813430
Раздел L. Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальные страхования	60668	97221	67107	163110	99242	75886	78742	64557
Раздел M. Образование	192526	168579	193671	204616	238504	246672	265632	286752
Раздел N. Здравоохранение и предоставление социальных услуг	88660	145740	158157	191092	187251	192983	206849	220442
Раздел O. Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	633535	577001	619002	649512	704451	761718	786905	847063

* рассчитано по данным [14].



Рис. 1. Структура совокупного спроса, авторская разработка

Перспективы последующих разработок. Первостепенными задачами дальнейшего совершенствования модели является ее апробирование на данных большого размаха, что потребует нахождения переходного ключа из ОКОНХ в ОКВЭД для их сопоставимости, и отслеживание межрегионального движения товаров статистическими методами, так как сейчас большей частью это возможно осуществить лишь экспертным путем.

1. Арсентьева Н.М. Скрытые тенью: социологические исследования теневой экономики // ЭКО.– 1997.– №10. – С. 143–152.
2. Барсукова С.Ю. Методы оценки теневой экономики: критический анализ // Вопросы статистики.– 2003.– №5. – С. 14–24.
3. Барсукова С.Ю. Теневая занятость: проблемы легализации // Проблемы прогнозирования.– 2003.– №1. – С. 136–147.
4. Бахтизин А.Р. Вычислимая модель «Россия: Центр – Федеральные округа»: Препринт #WP/2003/151. – М.: ЦЭМИ РАН, 2003. – 134 с.
5. Белкина С.Е. Теневая экономика в структуре хозяйственной деятельности современного российского общества // Деловая жизнь.– 2002.– №1–2. – С. 17–22.
6. Виноградов В.В. Теневая экономика // Виноградов В.В. Экономика России. – М., 2001. – С. 199–207.
7. Глушков В.В. Классификация теневой экономической деятельности // Национальные проекты.– 2010.– №12. – С. 130–135.
8. Гранберг А.Г. Современная ситуация в региональном экономическом развитии и региональной политике России // Российские регионы и центр: взаимодействие в экономическом пространстве: Сб. тр. – М.: ИГ РАН, 2000. – С. 4–12.
9. Данные по ОКВЭД // Федеральная служба государственной статистики, Росстат // www.gks.ru.
10. Кейнс Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег (Серия: Антология экономической классики). – М., 2002. – 352 с.
11. Клейнер Г.Б. Экономико-математическое моделирование и экономическая теория // Экономика и математические методы.– 2001.– Т. 37. №3.– С. 111–126.
12. Макаров В.Л. Вычислимая модель российской экономики (RUSEC): Препринт # WP/99/069. – М.: ЦЭМИ РАН, 1999. – 76 с.
13. Макаров В.Л. Теоретические основы экспериментальной экономики // Экономист.– 1995.– №6. – С. 50–63.
14. Труд и занятость в России. 2011: Стат.сб. / Росстат. – М., 2011. – Т. 78. – 637 с.
15. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). – М.: Прогресс, 1971. – 325 с.
16. Эконометрическая модель экономики России для целей краткосрочного прогноза и сценарного анализа: Препринт # WP/2001/121 / В.Л. Макаров, В.Л. Айвазян, С.В. Борисова, Э.А. Лакалин. – М.: ЦЭМИ РАН, 2001. – 34 с.

Стаття надійшла до редакції 11.06.2012.