Актуальные проблемы экономики и права. 2019. Т. 13, № 3
Actual Problems of Economics and Law, 2019, vol. 13, No. 3

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ / ECONOMICS AND NATIONAL ECONOMY MANAGEMENT

УДК 519.8:330.3:332.1(470+571)
JEL: C, E2, O1, O40, P25, R11
DOI: http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.13.2019.3.1273-1286

А. Н. БЕРЕЗНЯЦКИЙ[1],
Б. Е. БРОДСКИЙ[1]

[1] Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, г. Москва, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАКРОДИНАМИКИ РОССИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Березняцкий Александр Николаевич, научный сотрудник лаборатории 2.07 «Центр ситуационного анализа и прогнозирования», Федеральное государственное учреждение науки «Центральный экономико-математический институт РАН»
Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский просп., 47, тел.: +7 (499) 129-08-22
E-mail: artandtech@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2345-3403

Контактное лицо:
Бродский Борис Ефимович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией 2.07 «Центр ситуационного анализа и прогнозирования», заместитель руководителя отделения эконометрики и прикладной статистики, Федеральное государственное учреждение науки «Центральный экономико-математический институт РАН»
Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский просп., 47, тел.: +7 (499) 129-08-22
E-mail: bbrodsky@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8411-2955

Цель: построение модели экономической динамики регионов России.
Методы: экономико-математическое моделирование, методы прикладной статистики и эконометрики, общенаучные методы анализа и синтеза.
Результаты: изучены основные подходы к построению прикладных макроэкономических моделей, определены их недостатки. Разработана макроэкономическая модель российской экономики на основе трех секторов: экспортно ориентированного, внутренне ориентированного и естественных монополий. На основании построенной неравновесной структурной модели экономики России произведен отбор ключевых макроэкономических факторов, определяющих экономическую динамику региона. Разработанная модель спроецирована на региональный уровень с учетом определения хозяйственного типа регионов и их кластеризации. Оценены векторы коинтеграции для дотационных и сельскохозяйственных регионов, промышленно развитых регионов с ориентацией на добычу и обработку, а также регионов с преимущественно развитой сферой услуг на основании информации, полученной из аналитической модели.

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

Научная новизна: исследована возможность адаптации дезагрегированной макроэкономической модели России к макроэкономическому анализу регионов, оценены векторы коинтеграции для соответствующих индикаторов. Предложена методика классификации регионов России в пространстве видов экономической деятельности, анализа динамической устойчивости полученных кластеров.
Практическая значимость: данный подход представляет интерес в качестве инструмента количественного анализа экономической динамики регионов России, разработки сценариев развития, оценки качества роста.

Ключевые слова: экономика и управление народным хозяйством; экономика России; структурное моделирование; дезагрегированная макромодель; регионы России; прикладной эконометрический анализ

Благодарность: исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 17-18-01080).

Конфликт интересов: авторами не заявлен.

Как цитировать статью: Березняцкий А. Н., Бродский Б. Е. Моделирование макродинамики российского экономического региона // Актуальные проблемы экономики и права. 2019. Т. 13, № 3. С. 1273–1286. DOI: http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.13.2019.3.1273-1286

A. N. BEREZNYATSKIY[1],
B. E. BRODSKIY[1]
[1] *Central Institute for Economics and Mathematics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

MODELING MACRODYNAMICS OF A RUSSIAN ECONOMIC REGION

Aleksandr N. Bereznyatskiy, researcher of Laboratory 2.07 "Center for situational analysis and forecasting", Federal State Research Establishment "Central Institute for Economics and Mathematics of the Russian Academy of Sciences"
Address: 47 Nakhimovskiy prospekt, 117418 Moscow, tel.: +7 (499) 129-08-22
E-mail: artandtech@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2345-3403

Contact:
Boris E. Brodskiy, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Head of Laboratory 2.07 "Center for situational analysis and forecasting", Deputy Head of the Department of Econometrics and Applied Statistics, Federal State Research Establishment "Central Institute for Economics and Mathematics of the Russian Academy of Sciences"
Address: 47 Nakhimovskiy prospekt, 117418 Moscow, tel.: +7 (499) 129-08-22
E-mail: bbrodsky@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8411-2955

Objective: to build a model of economic dynamics of the Russian regions.
Methods: economic and mathematical modeling, methods of applied statistics and econometrics, general scientific methods of analysis and synthesis.
Results: the main approaches to the construction of applied macroeconomic models are studied, their shortcomings are determined. A macroeconomic model of the Russian economy is developed on the basis of three sectors: export-oriented, internally-oriented, and natural monopolies. Based on the constructed non-equilibrium structural model of the Russian economy, the key macroeconomic factors determining the economic dynamics of a region were selected. The developed model was projected to the regional level, taking into account the economic type of the regions and their clustering. Based on the information obtained from the analytical model, co-integration vectors for subsidized and agricultural regions, industrialized regions with a focus on production and processing, as well as the regions with a predominantly developed service sector, were estimated.
Scientific novelty: the possibility of adaptation of the disaggregated macroeconomic model of Russia to the macroeconomic analysis of regions is investigated; the vectors of co-integration for the corresponding indicators are estimated. A technique of the Russian regions classification by the area of economic activity and the clusters' dynamic stability analysis is proposed.

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

Practical significance: the approach is of interest as a tool for quantitative analysis of the economic dynamics of the Russian regions, for developing scenarios and assessing the quality of growth.

Keywords: Economics and national economy management; Economy of Russia; Structural modeling; Disaggregated macro-model; Russian regions; Applied econometric analysis

Acknowledgement: the research was carried out with the financial support of the Russian Research Fund (project 17-18-01080).

Conflict of Interest: No conflict of interest is declared by the authors.

For citation: Bereznyatskiy A. N., Brodskiy B. E. Modeling macrodynamics of a Russian economic region, *Actual Problems of Economics and Law*, 2019, Vol. 13, No. 3, pp. 1273–1286 (in Russ.). DOI: http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.13.2019.3.1273-1286

1. Введение

Экономический регион – основная единица региональной статистики России. В настоящее время их насчитывается порядка 90, причем по классификации это могут быть промышленно развитые, сельскохозяйственные или дотационные регионы. В этой статье нас интересует проблема моделирования макродинамики российского экономического региона. При этом мы учитываем только внутрирегиональные факторы экономического развития.

В работах С. А. Айвазяна, А. Н. Березняцкого, Б. Е. Бродского [1–3] представлена неравновесная структурная макроэкономическая модель России. Здесь мы утверждаем, что та же модель может использоваться на уровне экономического региона, если приписать иной смысл переменным и уравнениям модели. Так, производственная функция региона будет вновь обозначаться через F, а переменной Y мы припишем смысл валового регионального продукта (далее – ВРП) региона. Для нас будет существенным деление регионов на дотационные и недотационные, а также на промышленные и сельскохозяйственные.

Таким образом, данная статья рассматривает следующие задачи:

1. Аналитическое моделирование российского экономического региона.

2. Классификация регионов России по видам экономической деятельности.

3. Оценка векторов коинтеграции для регионов соответствующей классификационной группы на основании информации, полученной из аналитической модели.

С учетом задач дальнейшее изложение статьи дано в следующих разделах:

1. Теоретическая модель.

2. Классификация регионов России по видам экономической деятельности.

3. Эконометрическая модель. Оценка векторов коинтеграции для регионов соответствующей классификационной группы на основании информации, полученной из аналитической модели.

2. Теоретическая модель

На современном этапе различают три основных подхода к построению прикладных макромоделей: DSGE (см., например, [4]), VAR [5, 6] и неравновесный структурный подход (Cowles commission approach, см., например, [7]). Несмотря на то, что DSGE-модели усиленно лоббируются через центробанки различных стран, все отчетливее слышна их критика со стороны известных современных экономистов. Так, в работе Heim J. [8] приводится следующий обзор этой критики (табл. 1).

Модели VAR обладают не меньшим набором недостатков. «Проклятие размерности» является ключевой идеей, ограничивающей сферу использования VAR-моделей в применении к анализу российской экономики. Основным недостатком, препятствующим широкому применению VAR-моделей в прикладном эконометрическом анализе, являются так называемая жесткость VAR-модели и связанное с этим «проклятие размерности»: необходимо знать набор предикторов, влияющих на конкретный показатель, чтобы правильно подобрать уровень ошибки модели. Немаловажным фактором является также атеоретический характер данной модели.

Поэтому на макроуровне все чаще используется неравновесный структурный подход [8, 7, 15].

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

Таблица 1

Обзор публикаций по вопросам качества DSGE-моделей

Table 1. Review of publications on the quality of DSGE models

Автор / Author	Год публикации / Year of publication	Основание критики / Grounds for criticism
Cooley [9]	1997	Калибровка моделей слишком неформальна в сравнении с методами эконометрики / Model calibration is too informal compared to econometric techniques
Fernandez-Villaverde [10]	2010	Подход к калибровке неудовлетворителен, требуется применение методов эконометрики / Approach to calibration is unsatisfactory, econometric techniques should be applied
Solow [11]	2010	Предпосылки DSGE-моделей не соответствуют реальности; DSGE бесполезны при выработке антикризисной политики; существуют другие традиции макроэкономического моделирования с более адекватным результатом / Prerequisites of DSGE models are not realistic; DSGE are useless for elaborating anticrisis policy; there are other traditions of macroeconomic modeling with a more adequate result
Colander [12]	2008, 2010	DSGE-модели плохо объясняют наблюдаемые данные / DSGE models poorly explain the observed data
Fair [7]	2004	Тесты отвергают гипотезу рациональных ожиданий / Tests reject the hypothesis of rational expectations
Edge и Gurkanyak [13]	2011	Smets-Wouters DSGE-модель объясняет только 8–13 % дисперсии / Smets-Wouters DSGE model explains only 8–13 % of the dispersion
Mankiw [14]	2006	DSGE-модели провалились в качестве замены теории в духе кейнсианства / DSGE models failed to substitute the Keynesian theory

* *Источник:* [8].

* *Source:* [8].

В начале 1990-х гг., после либерализации цен и внешней торговли в сфере реального производства России, появились три макросектора, различные по условиям конкуренции на внутреннем и внешнем рынках. К этим секторам обычно относят:

– экспортно ориентированный сектор (далее – ЭОС);

– внутренне ориентированный сектор (далее – ВОС);

– естественные монополии (далее – ЕМ).

Предположения модели

Итак, для предложенной модели принята следующая система предположений:

– трехсекторная структура сферы производства;

– различный характер ценовых приоритетов в секторах ЭОС, ВОС и ЕМ;

– экзогенность цен.

Далее в модели предполагается, что продукция каждого сектора характеризуется определенным образом:

p – уровнем цен (базовый индекс);

Y – уровнем реального выпуска;

Inc – уровнем агрегированного дохода.

Помимо этого, в модели будем использовать следующие обозначения:

δ – коэффициент прямых затрат;

v – средняя номинальная заработная плата;

w – мировая (экспортная) цена;

Ex, Im – реальный объем экспорта и импорта соответственно.

Эти переменные далее будут сопровождаться индексами e, d, m, обозначающими принадлежность секторам ЭОС, ВОС, ЕМ соответственно, например, Y_e – реальный выпуск ЭОС, p_d – уровень цен ВОС. Часто используются двойные индексы, например, Y_{em} – реальный объем поставок промежуточной продукции от сектора ЭОС (первый индекс – откуда?) для сектора ЕМ (второй индекс – куда?).

3-секторная модель

В этом разделе для удобства читателя мы приведем основные уравнения 3-секторной макроэкономической модели российской экономики, подробно изложеной и опубликованной в работах [1, 2].

Экспортно ориентированный сектор

Будем полагать, что реальный выпуск экспортно ориентированного сектора складывается из экспортных поставок, а также из поставок продукции для внутренне ориентированного сектора и сектора естественных монополий:

$$Y_e = Ex(w_e) + Y_{ed} + Y_{em}, \quad (1)$$

где реальный объем экспорта ЭОС зависит от мировых цен на продукцию ЭОС (в реальности мы имеем дело с множеством этих цен, но в рассматриваемой модели предполагаем, что уровень этих цен определяется некими фундаментальными макроэкономи-

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

ческими факторами), а объемы поставок продукции для секторов ВОС и ЕМ связаны с текущим выпуском этих секторов коэффициентами прямых затрат:

$$Y_{ed} = \delta_{ed} Y_d, \quad Y_{em} = \delta_{em} Y_m .$$

С другой стороны, выпуск сектора ЭОС связан с ресурсами труда и капитала, факторами технической эффективности некоторой моделью производственной функции:

$$Y_e = F_e(L_e, R_e, A_e) .$$

Для описания взаимосвязей между секторами будем использовать показатель агрегированного дохода, который определяется как разность между доходом от поставок продукции сектора на внешний и внутренний рынок и затратами на поставки продукции от других секторов экономики и импортными поставками. Более конкретно – агрегированный доход экспортно ориентированного сектора равен:

$$Inc_e = ew_e Ex(w_e) + p_e Y_{ed} + \\ + p_e Y_{em} - p_m Y_{me} - p_d Y_{de} - I_e + Inv_e , \qquad (2)$$

где $Y_{ed} = \delta_{ed} Y_d$, $Y_{em} = \delta_{em} Y_m$, I_e – затраты на импорт сырья и комплектующих для ЭОС:

$$I_e = ep^*_{ei} Im_e :$$

$$Im_e = \delta_e Y_e = (\delta_{e1} \frac{p_e}{ep_{ei}} + \delta_{i2}) Y_e .$$

Агрегированный доход, полученный в момент t, используется в следующем периоде $t + 1$ на выплату заработной платы, налогов, амортизацию основного капитала и прибыль, т. е.:

$$(Inc_e) = (v_e L_e)_{t+1} + (Tax_e)_{t+1} + (A_e)_{t+1} + (P_e)_{t+1} . \qquad (3)$$

Выбор между этими направлениями использования дохода, полученного в период t, осуществляется исходя из критерия максимизации полезности экономических агентов в секторе ЭОС в периоде $t + 1$:

$$(U_e)_{t+1} = (v_e L_e)^{l_e}_{t+1} (Tax_e)^{\tau_e}_{t+1} (A_e)^{\sigma_e}_{t+1} (P_e)^{\varepsilon_e}_{t+1} \to \max , \qquad (4)$$

где $l_e, \tau_e, \sigma_e, \varepsilon_e$ – субъективные параметры функции полезности для сектора ЭОС; U_e – функция полезности экономических агентов в секторе ЭОС; L_e – количество труда в секторе ЭОС; Tax_e – количество налоговых отчислений в секторе ЭОС; A_e – объем амортизации в секторе ЭОС; P_e – нераспределенная прибыль экономических агентов в секторе ЭОС.

Решая задачу максимизации критерия (4) при бюджетном ограничении (3), получим:

$$(v_e L_e)_{t+1} = l_e (Inc_e)_t$$
$$(Tax_e)_{t+1} = \tau_e (Inc_e)_t .$$

Помимо максимизации полезности следующего периода, для российских экономических агентов характерен критерий максимизации текущей прибыли производства:

$$(P_e)_t = (Inc_e)_t - (v_e L_e)_t - (Tax_e)_t - (A_e)_t .$$

Из этого критерия с учетом (2–3) для заработной платы получим:

$$\beta_e Y_e (p_e (1 - \delta_e) - \delta_{me} p_m - \delta_{de} p_d - \delta_{e2} ep^*_{ei}) = v_e L_e ,$$

где $\beta_e = \frac{\partial Y_e}{\partial L_e} \frac{L_e}{Y_e}$ – эластичность выпуска по труду в секторе ЭОС.

Внутренне ориентированный сектор

Характерной чертой современной ситуации является возможность заработка твердой валюты для части предприятий ВОС (сельское хозяйство, оборонка, высокие технологии). Поэтому агрегированный доход ВОС будем записывать в виде:

$$Inc_d = ew_d Ex(w_d) + p_d Y_{pd} + p_d Y_{de} + \\ + p_d Y_{dm} - p_e Y_{ed} - p_m Y_{md} - I_d + Inv_d ,$$

где $Y_{ed} = \delta_{ed} Y_e$, $Y_{md} = \delta_{md} Y_m$, а Y_{pd} – объем поставок продукции для населения – связан с потребительской функцией C следующим соотношением:

$$C = Y_{pd} (1 + \xi \frac{p_d}{ep_i}) ,$$

где ξ – коэффициент склонности к потреблению импорта.

Объем импортных поставок для ВОС задается выражением:

$$I_d = ep^*_{di} Y_d (\delta_{d1} \frac{p_d}{ep^*_{di}} + \delta_{d2}) ,$$

где p^*_{di} – средние цены на потребительский импорт (в валюте).

Как и в секторе ЭОС, для сектора ВОС запишем уравнения для заработной платы:

$$(v_d L_d)_{t+1} = l_d (Inc_d)_t .$$

Из критерия максимизации прибыли текущего периода, как и выше, получим:

$$\beta_d Y_d (p_d (1 - \delta_d) - \delta_{md} p_m - \delta_{ed} p_e - \delta_{d2} ep^*_{di}) = v_d L_d .$$

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

Естественные монополии

Реальный выпуск сектора естественных монополий складывается из поставок для секторов ЭОС и ВОС:

$$Y_m = Y_{me} + Y_{md} = \delta_{me} Y_e + \delta_{md} Y_d .$$

Для сектора ЕМ запишем уравнения для заработной платы:

$$(\nu_m L_m)_{t+1} = l_m (Inc_m)_t .$$

Из критерия максимизации прибыли текущего периода, как и выше, получим:

$$\beta_d Y_m (p_m (1-\delta_m) - \delta_{dm} p_d - \delta_{em} p_e - \delta_{m2} ep^*_{mi}) = \nu_m L_m .$$

Сектор домохозяйств

В модели предполагается, что реальный объем потребительских расходов связан с реальными доходами населения W/p_d моделью кейнсианской потребительской функции:

$$C = c_0 W/p_d .$$

Номинальные доходы населения складываются из заработной платы в секторах ЭОС, ВОС, ЕМ, а также суммарного объема социальных трансфертов:

$$W = \nu_e L_e + \nu_d L_d + \nu_e L_e + \overline{\nu} U ,$$

где U – численность населения, получающего социальные трансферты; $\overline{\nu}$ – средняя ставка социального трансферта.

Объем потребления населения связан с выпуском сектора ВОС зависимостью:

$$C = Y_{pd} (1 + \xi \frac{p_d}{ep_i}) .$$

Анализ факторов, влияющих на динамику основных переменных

Начинаем с уравнения для заработной платы в ЭОС:

$$(\upsilon_e L_e)_{t+1} = l_e (Inc_e)_t - \alpha_e (Inv_e)_{t-1} =$$
$$= l_e (ew_e Ex(w_e) + p_e \delta_{ed} Y_d + p_m \delta_{em} Y_m -$$
$$-(p_m \delta_{me} + p_d \delta_{de}) Y_e - Y_e (\delta_{e1} p_e + \delta_{e2} ep^*_{e2}) + Inv_e)_t .$$

Далее, используя полученное выше выражение для $(V_e L_e)_t$, разделим обе части полученного уравнения на $(p_e)_t$ и после преобразований получим:

$$(Y_e)_{t+1} \beta_e \alpha_{e1} \left(1 + (\pi_e)_{t+1}\right) =$$
$$l_e \left(\frac{ew_e}{p_e} Ex(w_e) + Y_e \alpha_{e2} + Y_d \alpha_{e3} \right)_t + l_e (Inv_e)_t ,$$

где α_{e1}, α_{e2}, α_{e3} – коэффициенты, зависящие от отношений ценовых факторов: p_d/p_e, p_m/p_e.

Аналогично для сектора ВОС:

$$(\upsilon_d L_d)_{t+1} = l_d (Inc_d)_t ,$$

где Inc_d задается приведенной выше формулой. После всех подстановок и преобразований получим:

$$(Y_d)_{t+1} \beta_d \alpha_{d1} (1 + (\pi_d)_{t+1}) =$$
$$= l_e \left(\frac{ew_d}{p_d} Ex(w_d) + Y_d \alpha_{d2} + Y_e \alpha_{d3} \right)_t + l_d (Inv_d)_t ,$$

где α_{d1}, α_{d2}, α_{d3} – коэффициенты, зависящие от отношений ценовых факторов: $(p_e/p_d)_t$, $(p_m/p_d)_t$.

Полученная система уравнений позволяет прогнозировать динамику переменных Y_e, Y_d, Y_m, $Y = Y_e + Y_d + Y_m$ и анализировать факторы, влияющие на эту динамику.

В частности:

– рост мировых цен на нефть и энергоресурсы ω_e оказывают положительное воздействие на выпуск секторов ЭОС и ВОС, а следовательно, и на агрегированный выпуск Y;

– рост мировых цен на экспортируемую продукцию сектора ВОС ω_d (сельхозпродукция, вооружения, высокие технологии) приводит к росту выпуска секторов ВОС и ЭОС;

– рост реального обменного курса рубля p_d / e приводит к снижению выпуска секторов ЭОС и ВОС;

– рост дефлированных тарифов на продукцию сектора ЕМ p_m / p_d приводит к снижению выпуска секторов ЭОС и ВОС;

– рост реальных инвестиций в основной капитал Inv / p_d приводит к росту выпуска секторов ЭОС и ВОС. Однако завышенные ставки обслуживания кредита α_e, α_d приведут, наоборот, к росту числа банкротств предприятий реального сектора и к снижению выпуска секторов ЭОС и ВОС.

При малой доле экспорта сектора ВОС объем выпуска Y_d также будет мал в сравнении с Y_e, и при прогнозировании динамики агрегированного выпуска можно вполне ограничиться динамикой показателя Y_e. Однако при возрастании фактора Y_d модель представляет собой систему из двух разностных уравнений.

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

3. Классификация регионов России по видам экономической деятельности

Результаты, полученные при анализе теоретической модели экономики России, могут быть распространены на региональный уровень при соответствующей замене переменных. При этом требуется информация о принадлежности региона к тому или иному хозяйственному типу для более тонкой настройки эконометрических моделей.

В качестве базовой работы по разбиению регионов по видам экономической деятельности была взята работа [16]. При этом были проведены дополнительные исследования по следующим вопросам:

– влияние изменения отраслевых цен на структуру ВРП;

– динамическая устойчивость полученных кластеров;

– учет всех возможных видов экономической деятельности, формирующих структуру ВРП региона;

– выявление устойчиво дотационных регионов.

Остановимся подробнее на указанных вопросах. При анализе полученного разбиения регионов по видам экономической деятельности во времени необходимо учитывать такой аспект, как влияние возможных резких изменений отраслевых цен на структуру ВРП региона и, как следствие, его принадлежность к тому или иному кластеру. Одним из возможных способов избежать влияния цен является нормировка соответствующих видов экономической деятельности региона по общероссийским значениям.

Ввиду того, что в работе анализируется макродинамика региона, желательно иметь некоторую информацию о том, насколько устойчива принадлежность субъекта к заданному кластеру (и, соответственно, форма модели).

Значительный объем бюджетных средств в России перераспределяется между регионами по статье «дотации на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов». Целесообразно выделить среди разнесенных по классам регионов те, динамика ВРП которых в значительной степени зависит от объема дотаций.

Таким образом, в дополнение к уже имеющейся [16] методике кластеризации предлагается достаточно простой эвристический алгоритм. Ключевая идея:

– на входе алгоритма задавать вектор структуры ВРП, нормированный по общероссийским значениям;

– количество кластеров считать эквивалентным числу видов экономической деятельности по ОКВЭД;

– относить регион к тому или иному кластеру по максимальному значению доли соответствующего вида экономической деятельности региона в общероссийской.

Результат прогона алгоритма в среде MATLAB представлен выборочно на рис. 1–7. Цветом показана принадлежность региона к кластеру. Монотонность цвета для всей выборки 2004–2015 гг. означает стабильность кластера по его составу.

Как видно, результат в целом согласовывается с полученным в [16], при этом наблюдается относительная устойчивость полученных кластеров, что позволяет строить динамические модели для соответствующих регионов. При этом решается и проблема «выбросов», в частности, город Москва стабильно относится к классу с доминирующей сферой услуг. Очевидно, в полученном разбиении можно сделать укрупненную группировку, объединив в кластер «Услуги» (рис. 5–7).

4. Эконометрическая модель

Далее представлены оценки эконометрических моделей для динамики выпуска региона. В соответствии с теоретической моделью используемые в эконометрическом моделировании временные ряды разбиты на группы (табл. 2):

– моделируемый показатель «валовой региональный продукт» (совокупный выпуск региона);

– экзогенные переменные, факторы, определяющие макродинамику (мировые цены на нефть, мировые цены на продукцию ВОС, дефлированные тарифы на продукцию сектора ЕМ, реальные инвестиции в основной капитал, реальный обменный курс рубля, дотаций).

Макродинамика дотационных регионов России

Для дотационных регионов основным фактором, влияющим на динамику валового регионального продукта, является размер дотаций в регион из федерального бюджета. Например, для Республики Дагестан справедлива коинтеграционная модель следующего типа:

$$\log GRP_t = \alpha_0 + \alpha_1 \log SUBSIDIES_t + \varepsilon_t,$$

где GRP_t – валовой региональный продукт региона (базовый индекс физического объема ВРП), $SUBSIDIES_t$ – размер дотаций региону, ε_t – стационарный ряд остатков.

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

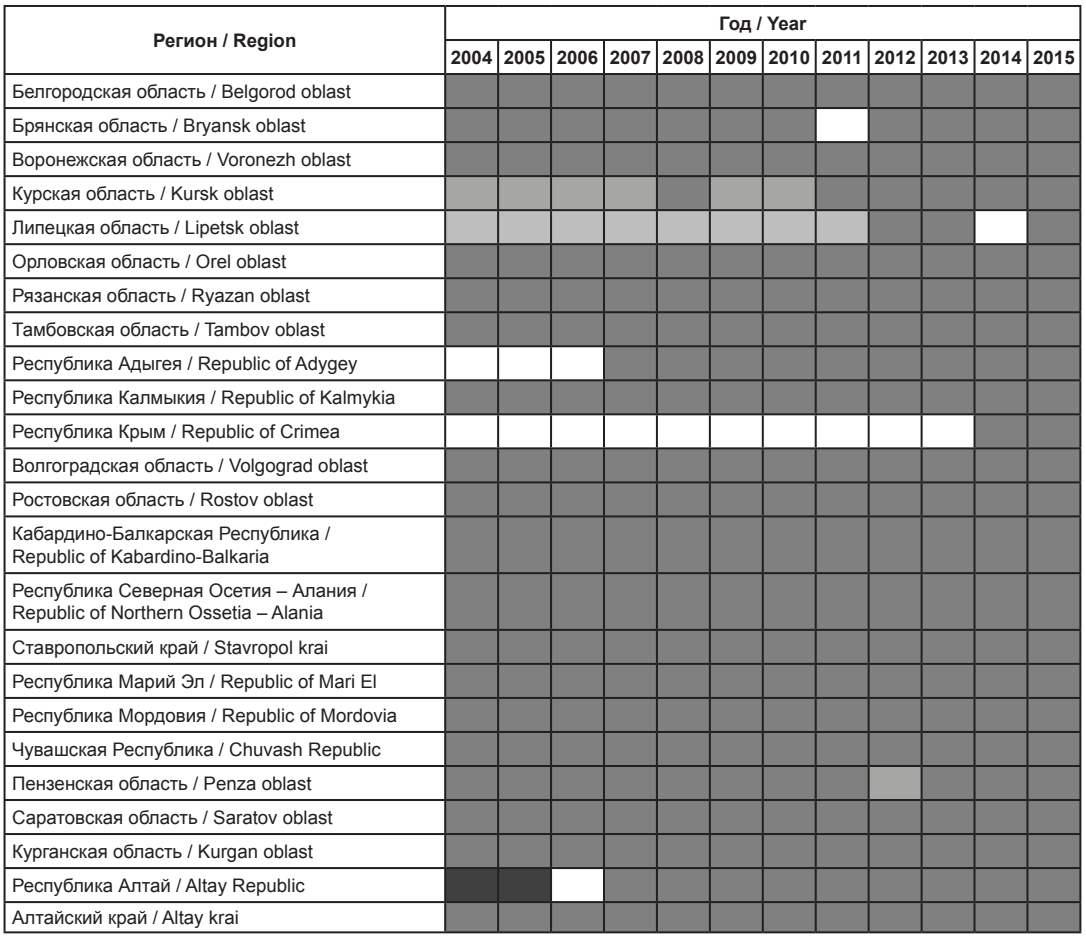

Рис. 1. Регионы, формирующие кластер «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство»*
Fig. 1. Regions forming the cluster "Agriculture, hunting and forestry"*

* *Источник (рис. 1–7):* составлено авторами.
* *Source (fig. 1–7):* compiled by the authors.

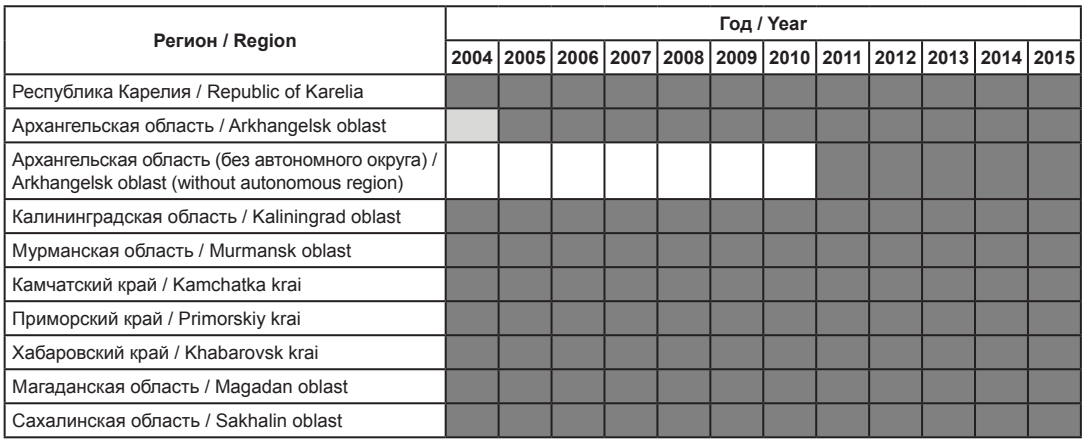

Рис. 2. Регионы, формирующие кластер «Рыболовство, рыбоводство»
Fig. 2. Regions forming the cluster "Fishing and fish breeding"

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

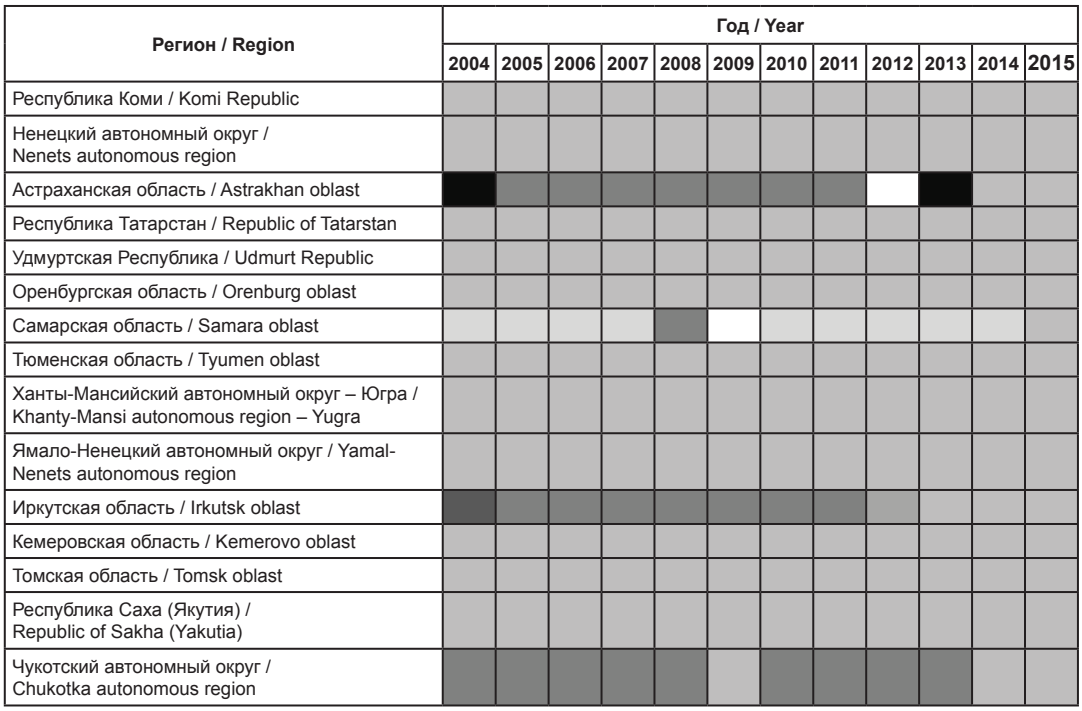

Рис. 3. Регионы, формирующие кластер «Добыча полезных ископаемых»
Fig. 3. Regions forming the cluster "Excavation of natural resources"

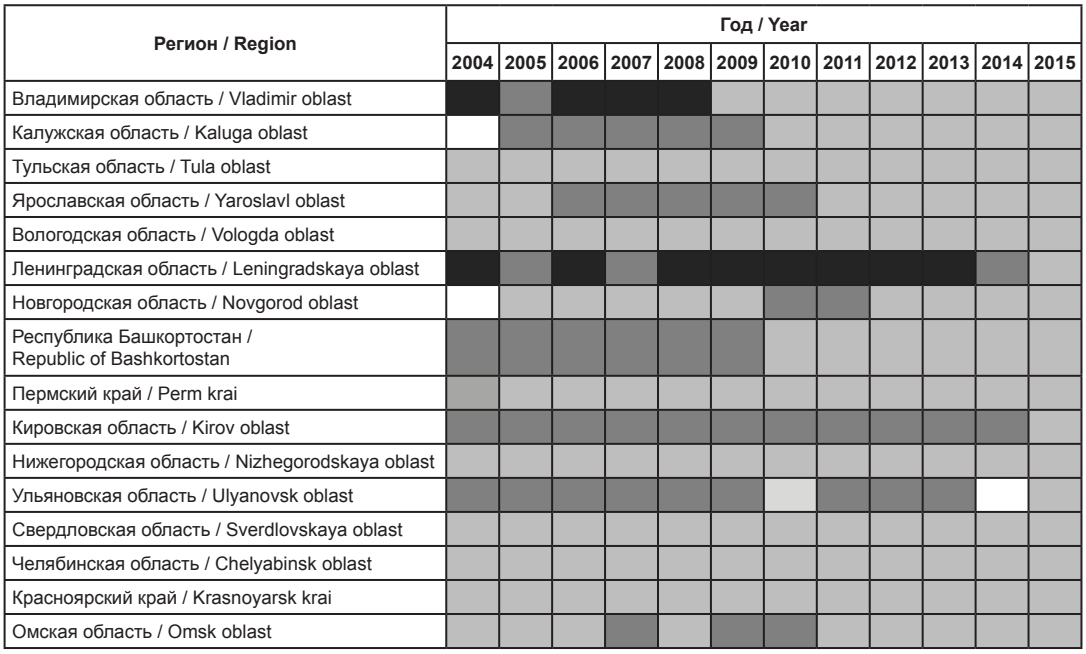

Рис. 4. Регионы, формирующие кластер «Обрабатывающие производства»
Fig. 4. Regions forming the cluster "Processing industries"

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

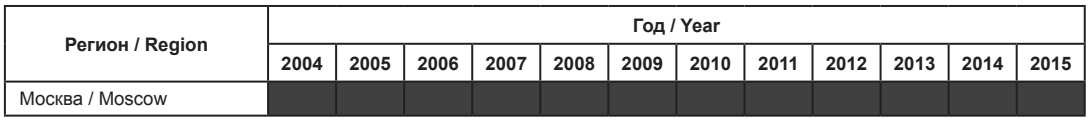

Рис. 5. Регионы, формирующие кластер «Финансовая деятельность»
Fig. 5. Regions forming the cluster "Financial activity"

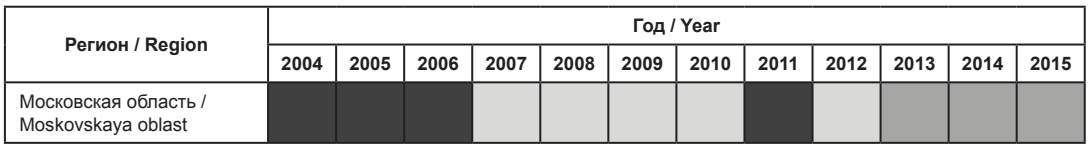

Рис. 6. Регионы, формирующие кластер «Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования»
Fig. 6. Regions forming the cluster "Wholesale and retail trade; maintenance of automotive vehicles, motorcycles, household and personal appliances"

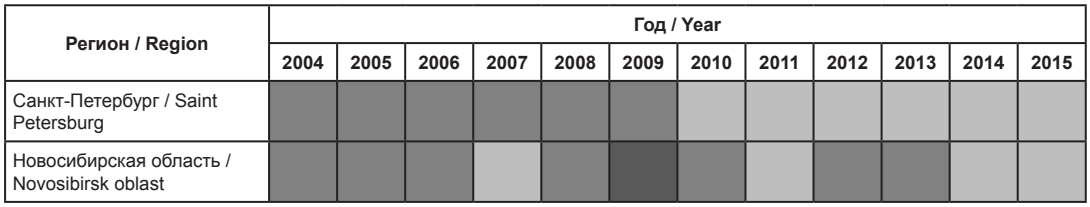

Рис. 7. Регионы, формирующие кластер «Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг»
Fig. 7. Regions forming the cluster "Operations with real estate, renting and servicing"

Таблица 2

Источники данных эконометрических моделей
Table 2. Sources of data of econometric models

Показатель / Indicator	Тип переменной / Variable type	Объем выборки (частота) / Sample size (frequency)	Происхождение данных / Origin of the data
ВРП. Индекс физического объема валового регионального продукта в основных ценах / Regional GDP. Index of physical volume of the regional GDP in basic prices	Эндогенная / Endogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Федеральная служба государственной статистики России / Federal Service of State Statistics of Russia
Дотации регионам. Распределение дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации / Subsidies for the regions. Distribution of subsidies to level the budget provision of the Russian regions	Экзогенная / Exogenous	2001–2016 (годовые) / (annual)	Федеральный закон «О федеральном бюджете…» на соответствующий период / Federal Law "On federal budget…" for the corresponding period
Мировая цена на нефть марки Brent / World prices for Brent petroleum	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Bloomberg; World Bank
Фактическая экспортная цена на российскую нефть / Actual export price for the Russian petroleum	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Федеральная служба государственной статистики России; Федеральная таможенная служба России / Federal Service of State Statistics of Russia; Federal Customs Service of Russia
Номинальный курс доллара США к рублю / Nominal $US rate to ruble	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Центральный банк России / Central Bank of Russia
Индекс реального эффективного курса рубля / Index of the actual effective ruble rate	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Центральный банк России; World Bank / Central Bank of Russia; World Bank
Индекс физического объема инвестиций в основной капитал / Index of physical volume of capital investment	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Федеральная служба государственной статистики России / Federal Service of State Statistics of Russia
Мировые индексы цен на зерновые / Global indices of grain prices	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	UN FAO

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

Окончание табл. 2

Показатель / Indicator	Тип переменной / Variable type	Объем выборки (частота) / Sample size (frequency)	Происхождение данных / Origin of the data
Мировые индексы цен на зерновые, дефлированные / Global indices of grain prices, deflated	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	UN FAO
Мировые индексы цен на продовольствие / Global indices of food prices	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	UN FAO
Мировые индексы цен на продовольствие, дефлированные / Global indices of food prices, deflated	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	UN FAO
Индекс потребительских цен / Consumer prices index	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Федеральная служба государственной статистики России / Federal Service of State Statistics of Russia
Индекс тарифов на электроэнергию / Electric energy tariffs index	Экзогенная / Exogenous	1998–2016 (годовые) / (annual)	Федеральная служба государственной статистики России / Federal Service of State Statistics of Russia
Индекс тарифов на грузовые перевозки / Cargo transportation tariffs index	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Федеральная служба государственной статистики России / Federal Service of State Statistics of Russia
Фиктивная переменная геополитического и экономического кризиса 2015 г. / Fictitious variable of geopolitical and economic crisis of 2015	Экзогенная / Exogenous	1997–2016 (годовые) / (annual)	Разработана авторами / Compiled by the authors

* *Источник:* составлено авторами.

* *Source:* compiled by the authors.

В построенной зависимости проводилась коррекция номинального показателя *SUBSIDIES* (дотации) на базисный индекс цен на потребительском рынке региона. После этого применялся тест Дики – Фуллера для тестирования стационарности (нестационарности) временных рядов. По результатам этого теста все исходные переменные имеют порядок $I(1)$, что дает основания для построения коинтеграционной зависимости. Отметим, что другие факторы (мировые цены на нефть, экспортная цена на российскую нефть, мировые цены на зерновые) не играют столь явной роли в динамике валового регионального продукта дотационного региона (табл. 3).

Макродинамика сельскохозяйственных регионов России

Для агропромышленных регионов основным фактором, влияющим на динамику валового регионального продукта, является мировая цена на зерновые (продовольствие). Предполагается, что справедлива коинтеграционная модель следующего вида:

$$\log GRP_t = \beta_0 + \beta_1 \log PGRAIN + \phi_t,$$

где GRP_t – валовой региональный продукт региона (базовый индекс физического объема ВРП), $PGRAIN_t$ – мировая цена на зерновые (продовольствие), ϕ_t – стационарный ряд остатков.

Тест Дики – Фуллера для тестирования стационарности (нестационарности) временных рядов дает для исходных рядов порядок нестационарности $I(1)$, что означает возможность построения коинтеграционной зависимости.

В табл. 3 представлен довольно типичный результат моделирования макродинамики сельскохозяйственного региона на примере Ставропольского края.

Макродинамика промышленных регионов России. Добывающие отрасли

Для промышленно развитых регионов с преобладанием добывающих отраслей основным фактором, влияющим на динамику валового регионального продукта, являются мировые цены на добываемый ресурс. В России это преимущественно стоимость нефти. Тест Дики – Фуллера для тестирования стационарности (нестационарности) временных рядов дает для исходных рядов порядок нестационарности $I(1)$, что означает возможность построения коинтеграционной зависимости.

Оценивается коинтеграционная модель следующего вида:

$$\log GRP_t = \gamma_0 + \gamma_1 \log POIL_t + \varphi_t,$$

где GRP_t – валовой региональный продукт (базовый индекс физического объема ВРП), $POLL_t$ – мировая цена на нефть, φ_t – стационарный ряд остатков.

В табл. 3 приведен результат моделирования для двух типичных регионов: Республики Татарстан и Тюменской области.

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

Таблица 3

Параметры эконометрической зависимости для динамики валового выпуска региона. Зависимая переменная – логарифм базового индекса физического объема ВРП[a]

Table 3. Parameters of economic dependence for the regional GDP dynamics. Dependent variable – logarithm of the basic index of physical volume of the regional GDP[a]

Параметр / Parameter	Регион / Region					
	Республика Дагестан / Republic of Dagestan	Ставропольский край / Stavropol krai	Республика Татарстан / Republic of Tatarstan	Тюменская область / Tyumen oblast	Нижегородская область / Nizhegorodskaya oblast	Москва / Moscow
Константа / Constant	-27,806*** (1,275)	-193,682*** (44,82)	-1,102*** (0,183)	-0,844*** (0,112)	-0,290 (0,294)	-1,610*** (0,196)
Логарифм базового индекса дотаций региону / Logarithm of the basic index of subsidies to the region	1,899*** (0,113)	–	–	–	–	–
Логарифм мировой цены на нефть / Logarithm of the global price for petroleum	0,003 (0,003)	–	0,400*** (0,047)	0,318*** (0,028)	0,186** (0,077)	0,389*** (0,034)
Логарифм мировой цены на зерновые / Logarithm of the global price for grain	-0,304 (0,372)	53,355*** (9,647)	–	–	–	–
Логарифм дефлированных тарифов естественных монополий / Logarithm of the deflated tariffs of natural monopolies	–	–	–	–	0,404*** (0,126)	–
R^2	0,99	0,66	0,8	0,87	0,88	0,88
Объем выборки / Sample size	2001–2016	1999–2016	1997–2016	1997–2016	1997–2016	1997–2016

Примечание. В скобках указаны значения стандартных ошибок. ***, **, * – значимость на 1, 5, 10%-ном уровне соответственно.
[a] *Источник:* составлено авторами.

Note: standard errors are given in brackets. ***, **, * – significance rate of 1, 5, and 10 %, accordingly.
[a] *Source:* compiled by the authors.

Макродинамика промышленных регионов России. Обрабатывающая промышленность

В соответствии с теоретической моделью предполагается следующий вид коинтеграционной зависимости для регионов с преимущественно обрабатывающей промышленностью:

$$\log GRP_t = \eta_0 + \eta_1 \log POIL_t +,$$
$$+ \eta_2 \log RMON_t + \eta_3 \log RFX_t + \sigma_t,$$

где GRP_t – валовой региональный продукт (базовый индекс физического объема ВРП), $POLL_t$ – мировая цена на нефть, $RMON_t$ – дефлированные тарифы естественных монополий, RFX_t – реальный эффективный курс рубля к иностранным валютам, σ_t – стационарный ряд остатков.

На примере Нижегородской области приводится результат моделирования для регионов с обрабатывающей промышленностью (табл. 3).

Макродинамика регионов с преобладающей сферой услуг

При построении региональных моделей, проведении различных классификаций субъектов России исследователи сталкиваются с так называемой проблемой «выбросов»: наличия аномальных регионов, по своим свойствам резко выделяющимся среди всех остальных. К таким регионам, наряду с прочими, относят город федерального значения Москву. Среди ключевых особенностей Москвы отмечается высокая плотность населения (и доля населения в общероссийской численности) при подавляющей доле сферы услуг в структуре ВРП (рис. 8). Как видно из рис. 8, Москва лежит на *log*-кривой в точке, где дальнейший рост доли сферы услуг в ВРП региона возможен с незначительными темпами. В табл. 3 приводится результат моделирования динамики ВРП Москвы.

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

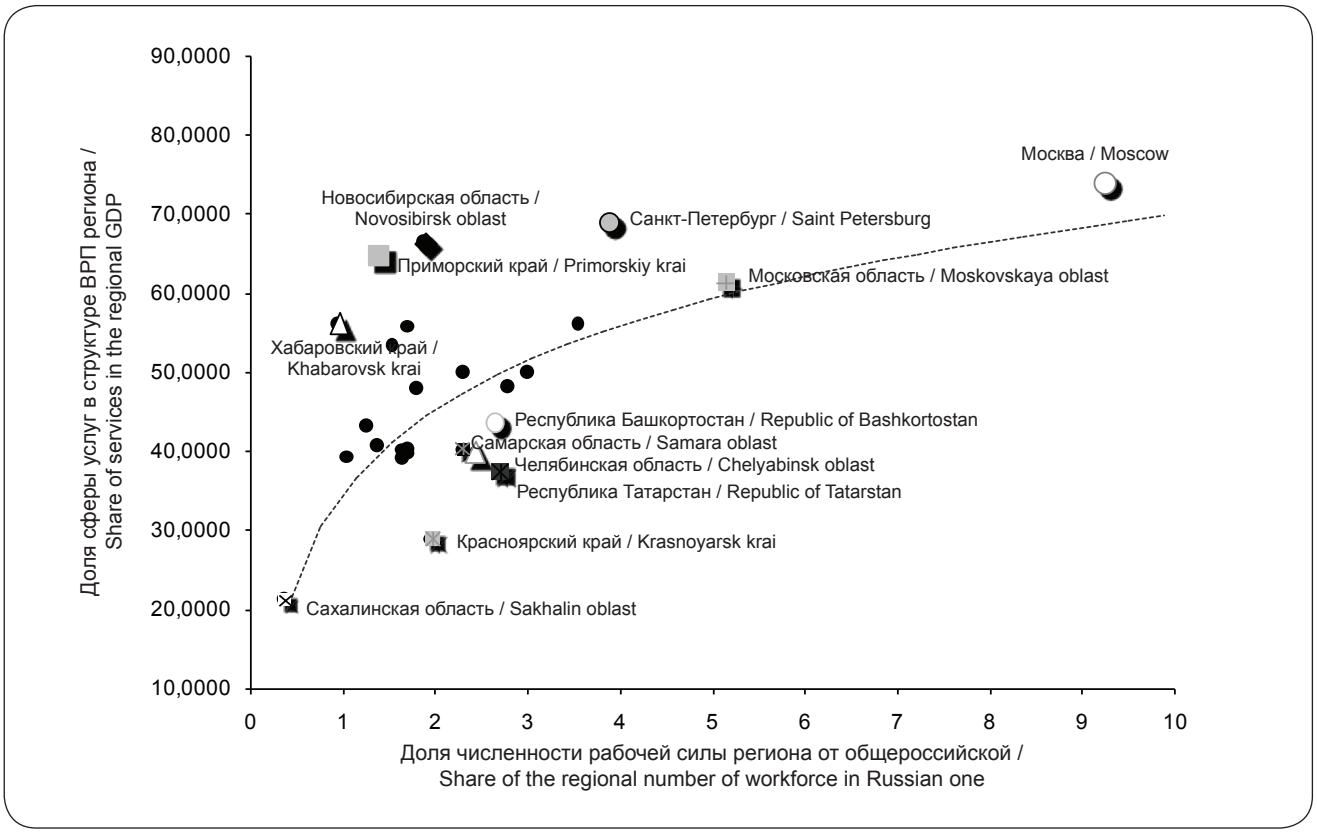

Рис. 8. Распределение крупнейших агломераций России по численности рабочей силы и доли сферы услуг в ВРП*
Fig. 8. Distribution of the largest Russian agglomerations by the number of workforce and share of services in the regional GDP*

* *Источник:* составлено авторами.

* *Source:* compiled by the authors.

Выводы

В данной статье проведено аналитическое моделирование макродинамики российского экономического региона. Показано, что при моделировании можно использовать методологию дезагрегированной макроэкономической модели, дающей общую качественную картину зависимости ВРП и агрегированного добавочного продукта региона от возможности экспорта продукции, реального размера субсидий региону и др.

Построена классификация регионов России по видам экономической деятельности, позволяющая выделить дотационные и сельскохозяйственные регионы, промышленно развитые регионы с ориентацией на добычу и обработку, а также регионы с преимущественно развитой сферой услуг. Дана оценка векторов коинтеграции для регионов соответствующей классификационной группы на основании информации, полученной из аналитической модели.

Список литературы

1. Айвазян С. А., Березняцкий А. Н., Бродский Б. Е. Макроэкономическое моделирование российской экономики // Прикладная эконометрика. 2017. Т. 47. С. 5–27.

2. Айвазян С. А., Березняцкий А. Н., Бродский Б. Е. Моделирование социально-экономической динамики российского федерального округа // Электронный научный журнал «Вестник ЦЭМИ РАН». 2018. Т. 4. С. 1–14. DOI: 10.33276/S0000186-7-1

3. Айвазян С. А., Березняцкий А. Н., Бродский Б. Е. Неравновесные структурные модели реального сектора российской экономики // Экономика и математические методы. 2019. Т. 55 (2). С. 88–103.

ISSN 1993-047X (Print) / ISSN 2410-0390 (Online)

4. Smets F., Wouters R. An Estimated Dynamic General Equilibrium Model of the Euro Area // Journal of the European Economic Association. 2003. Vol. 1 (5). Pp. 1123–1175.
5. Sims C. Money, Income, and Causality // The American Economic Review. 1972. Vol. 62 (4). Pp. 540–552.
6. Sims C. Macroeconomics and Reality // Econometrica. 1980. Vol. 48 (1). Pp. 1–48.
7. Fair R. C. Estimating How the Macroeconomy Works. Cambridge: Harvard University Press, 2004.
8. Heim J. An Econometric Model of the US Economy. London: Palgrave-MacMillan, 2017.
9. Cooley T. Calibrated Models // Oxford Review of Economic Policy. 1997. Vol. 13 (3). Pp. 55–69.
10. Fernandez-Villaverde J. The Econometrics of DSGE Models. Journal of the Spanish Economic Association. 2010. Vol. 1. Pp. 3–49.
11. Solow R. M. Testimony Presented to U.S. House of Representatives. Science and Technology Committee Hearing Entitled "Building a Science of Economics for the Real World". 2010. Serial № 111–106, July 20
12. Beyond DGSE Models. Toward an Empirically Based Macroeconomics / D. Colander, P. Howitt, A. Kirman, A. Leijonhufved, P. Mehrling // American Economic Review. Papers and Proceedings. 2008. Vol. 98, Pp. 236–240.
13. Edge R., Gurkaynak R. How Useful are Estimated DSGE Model Forecasts for Central Banks? Brookings Papers on Economic Activity, Fall 2010 (2011).
14. Mankiw N. G. The Macroeconomist as Scientist and Engineer // Journal of Economic Perspectives. 2006. Vol. 20 (4). Pp. 29–46.
15. Fair R. C. Evaluating Inflation Targeting Using a Macroeconomic Model, Economics // The Open Access Journal. 2007–2008. Vol. 1, Pp. 48–52.
16. Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Кудров А. В. Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВРП // Прикладная эконометрика. Т. 41. 2016. С. 24–46.

References

1. Aivazyan S. A., Bereznyatskii A. N., Brodskii B. E. Macroeconomic modeling of the Russian economy, *Prikladnaya ekonometrika*, 2017, Vol. 47, pp. 5–27 (in Russ.).
2. Aivazyan S. A., Bereznyatskii A. N., Modeling of the social-economic dynamics of a Russian federal district, *Elektronnyi nauchnyi zhurnal "Vestnik TsEMI RAN",* 2018, Vol. 4, pp. 1–14 (in Russ.). DOI: 10.33276/S0000186-7-1
3. Aivazyan S. A., Bereznyatskii A. N., Brodskii B. E. Non-equilibrium structural models of the real sector of the Russian economy, *Ekonomika i matematicheskie metody*, 2019, Vol. 55 (2), pp. 88–103 (in Russ.).
4. Smets F., Wouters R. An Estimated Dynamic General Equilibrium Model of the Euro Area, *Journal of the European Economic Association*, 2003, Vol. 1 (5), pp. 1123–1175.
5. Sims C. Money, Income, and Causality, *The American Economic Review*, 1972, Vol. 62 (4), pp. 540–552.
6. Sims C. Macroeconomics and Reality, *Econometrica*, 1980, Vol. 48 (1), pp. 1–48.
7. Fair R. C. *Estimating How the Macroeconomy Works*, Cambridge, Harvard University Press, 2004.
8. Heim J. *An Econometric Model of the US Economy*, London, Palgrave-MacMillan, 2017.
9. Cooley T. Calibrated Models, *Oxford Review of Economic Policy*, 1997, Vol. 13 (3), pp. 55–69.
10. Fernandez-Villaverde J. The Econometrics of DSGE Models, *Journal of the Spanish Economic Association*, 2010, Vol. 1, pp. 3–49.
11. Solow R. M. Testimony Presented to U.S. House of Representatives, *Science and Technology Committee Hearing Entitled "Building a Science of Economics for the Real World"*, 2010, Serial No. 111–106, July 20.
12. Beyond DGSE Models. Toward an Empirically Based Macroeconomics / D. Colander, P. Howitt, A. Kirman, A. Leijonhufved, P. Mehrling, *American Economic Review. Papers and Proceedings*, 2008, Vol. 98, pp. 236–240.
13. Edge R., Gurkaynak R. How Useful are Estimated DSGE Model Forecasts for Central Banks? *Brookings Papers on Economic Activity*, Fall 2010, 2011.
14. Mankiw N. G. The Macroeconomist as Scientist and Engineer, *Journal of Economic Perspectives*, 2006, Vol. 20 (4), pp. 29–46.
15. Fair R. C. Evaluating Inflation Targeting Using a Macroeconomic Model, Economics, *The Open Access Journal*, 2007–2008, Vol. 1, pp. 48–52.
16. Aivazyan S. A., Afanas'ev M. Yu., Kudrov A. V. Technique of clusterization of the Russian regions taking into account the sector structure of the regional GDP, *Prikladnaya ekonometrika*, Vol. 41, 2016, pp. 24–46 (in Russ.).

Дата поступления / Received 28.05.2019
Дата принятия в печать / Accepted 30.07.2019
Дата онлайн-размещения / Available online 25.09.2019

© Березняцкий А. Н., Бродский Б. Е., 2019
© Bereznyatskiy A. N., Brodskiy B. E., 2019