

В. Л. Макаров, С. А. Айвазян, М. Ю. Афанасьев, А. Р. Бахтизин, А. М. Нанавян

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИОНОВ РФ С УЧЕТОМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА, ХАРАКТЕРИСТИК ГОТОВНОСТИ К ИННОВАЦИЯМ, УРОВНЯ БЛАГОСОСТОЯНИЯ И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ<sup>1</sup>

*На основе авторской методологии построены модели производственного потенциала регионов РФ, учитывающие оценки интеллектуального капитала. Показано, что значимое влияние на эффективность регионального производства оказывают характеристики уровня благосостояния и качества жизни населения. Идентифицирована характеристика готовности регионов к инновациям, которую допустимо трактовать как фактор эффективности производства. Показано, что учет различных факторов эффективности в модели производственного потенциала позволяет значительно повысить дифференциацию оценок технической эффективности, причем эти оценки и их ранги зависят от набора факторов эффективности. На основе сопоставления рейтингов реального ВРП и граничного ВРП выявлены локально эффективные регионы, имеющие относительно высокую оценку эффективности среди регионов с близкими объемами ВРП, и локально неэффективные регионы. Рассчитаны предельные эффекты влияния факторов эффективности на результат производственной деятельности региона. Использование этих оценок представляется конструктивным при анализе перспектив развития региона, основанных на возможности целенаправленного воздействия на управляемые факторы эффективности. В работе также предложен вариант инструментария оценки эффективности государственной политики по формированию экономики знаний — агент-ориентированная модель России, рассматривающая сектора экономики знаний и учитывающая их взаимосвязь с остальной макроэкономической системой.*

**Ключевые слова:** регион, производственный потенциал, эффективность, факторы эффективности, агент-ориентированная модель, воспроизводства научного потенциала

### Введение

Целью исследования является анализ эффективности использования основных производственных факторов — физического капитала, трудовых ресурсов и интеллектуального капитала — регионами РФ. Основное внимание уделяется идентификации и оценке влияния факторов эффективности. При этом авторы подчеркивают целесообразность проведения многоаспектного анализа эффективности на основе использования различных оценок интеллектуального капитала региона и учета различных групп факторов, характеризующих основные направления регионального развития. Выбор

таких факторов зависит от целей исследования. В данной работе идентификация факторов эффективности осуществляется с использованием характеристик готовности региона к инновациям, уровня благосостояния и качества жизни населения. На региональном уровне одной из стратегических задач является обоснование возможности и экономической целесообразности воздействия на управляемые факторы эффективности с целью реализации потенциальных возможностей регионального развития. В этом контексте можно говорить об идентификации совокупности факторов, достаточно полно характеризующих эффективность регионального производства. Эта задача созвучна идее формирования сбалансированной системы показателей [14], позволяющих контролировать траекторию развития экономического объекта.

<sup>1</sup> © Макаров В. Л., Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Бахтизин А. Р., Нанавян А. М. Текст. 2014.

Анализ факторов регионального развития является актуальной задачей, к решению которой с различных позиций подходят многие авторы. Так, в работе [6] на основе усреднения нормированных значений совокупности показателей строятся оценки конкурентоспособности регионов. В работе [15] на основе эконометрического подхода оценивается влияние человеческого капитала и других факторов производства на доходы населения в регионах России. Результаты этих и ряда других региональных исследований обращают внимание на две проблемы, имеющие системный характер. Во-первых, важно разделять основные с позиций экономической теории факторы производства и сопутствующие производственные факторы, в том числе — факторы эффективности. Например, усреднение показателя, характеризующего объем инвестиций в основной капитал, и показателя, характеризующего рентабельность валового продукта региона, приводит к результату, трудно интерпретируемому с позиций экономической теории и потому малоприспособленному для решения задач управления. Во-вторых, особое внимание необходимо уделять обоснованию методов агрегирования информации, используемой в региональных исследованиях. Упрощение подходов к решению объективно сложной проблемы формирования свертки показателей и недооценка важности учета влияния веса каждого из них приводят к потере информации и, как следствие, неверным оценкам.

Исследование эффективности регионального производства на основе методологии моделирования производственного потенциала (представленной авторами, например, в работе [3]) позволяет теоретически обоснованно учесть эти проблемы. В данной работе рассматриваются только две взаимно дополняющие оценки интеллектуального капитала региона — численность высших учебных заведений региона и численность докторов и кандидатов наук, занятых научными исследованиями. При этом учитывается несколько факторов эффективности: факторы, характеризующие готовность региона к инновациям, и факторы, характеризующие уровень благосостояния и качество жизни населения. Анализ влияния этих факторов на показатели эффективности производства позволяет формировать на федеральном и региональном уровнях задачи инновационного развития.

В качестве инструмента исследования используется модель производственного потенциала региона. Понятие «производственный

потенциал» имеет широкую сферу применения и различные трактовки, каждая из которых предоставляет определенные преимущества. Оно допускает возможности детализации, удобные в контексте задач управления производством. В экономической науке производственный потенциал является одним из предметов исследования, а модели производственного потенциала — инструментом анализа экономических объектов. Не подвергая критике альтернативные подходы, авторы опираются на представление о производственном потенциале, базирующееся на концепции стохастической граничной производственной функции [25] и теории  $X$ -эффективности [28]. С позиций теории  $X$ -эффективности можно предложить определения производственного потенциала, учитывающее воздействие факторов неопределенности и эффективности на результаты производственного процесса.

*Производственный потенциал* — объем производства, возможный при фиксированных объемах основных производственных факторов в условиях случайного воздействия сопутствующих производственных факторов. Для того чтобы построить модель производственного потенциала, необходимо описать ее детерминированную составляющую, определяющую зависимость результатов производства, и стохастическую составляющую, позволяющую конкретизировать уровень случайного воздействия сопутствующих производственных факторов. В результате проведенных исследований авторы обосновали целесообразность описания несколько видов производственного потенциала, отличающихся уровнем случайного воздействия каждой группы факторов. В соответствии с целями исследования могут быть построены модели реального, граничного и достижимого производственных потенциалов.

*Реальный производственный потенциал* — объем производства, возможный при фиксированных объемах основных производственных факторов в условиях случайного воздействия сопутствующих факторов, соответствующего наблюдаемым результатам производства. Для того чтобы построить модель реального производственного потенциала, необходимо описать ее детерминированную составляющую, определяющую зависимость результатов производства, и стохастическую составляющую, отражающую уровень случайного воздействия факторов неопределенности и факторов эффективности, соответствующий наблюдаемым результатам производства.

Граничный производственный потенциал — объем производства, возможный при фиксированных объемах основных производственных факторов в условиях случайного воздействия факторов неопределенности, соответствующего наблюдаемым результатам производства и отсутствию неэффективности. Если производство эффективно, то граничный производственный потенциал совпадает с реальным производственным потенциалом, так как в этом случае модель реального производственного потенциала фиксирует отсутствие неэффективности. Если производство неэффективно, то граничный производственный потенциал является гипотетическим результатом повышения реального производственного потенциала за счет полного устранения неэффективности. Достижимый производственный потенциал определяет тот объем производства, который может быть получен при заданных значениях основных производственных факторов в условиях случайного воздействия факторов неопределенности и факторов эффективности, но с учетом достижимого управления последними.

### 1. Математическая модель производственного потенциала

Модель реального производственного потенциала, учитывающая основные факторы производства региона, может быть представлена в виде

$$R_i = g(x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(k)}, \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) \exp\{v_i - u_i\}. \quad (1)$$

Здесь  $R_i$  — результат производственной деятельности региона  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;  $g()$  — функция, аргументами которой являются характеристики  $k$  основных производственных факторов региона;  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  — параметры;  $v_i$  и  $u_i$  — случайные величины. Эта модель производственного потенциала имеет детерминированную и случайную составляющую. В данной работе детерминированная составляющая  $g(x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(k)}, \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$  описывается степенной зависимостью объема производства от объемов основных производственных факторов. Обоснование выбора степенной функции для описания детерминированной составляющей модели представлено в [3]. Случайная составляющая  $v_i - u_i$  отражает результаты воздействия факторов неопределенности и факторов эффективности. Для моделирования результатов воздействия факторов неопределенности используется нормально распределенная случайная величина  $v_i$  с нулевым математическим ожиданием  $v_i \in N(0, \sigma_v^2)$ . Для моделиро-

вания результатов воздействия факторов эффективности используется не зависящая от  $v_i$  неотрицательная случайная величина  $u_i$ , имеющая усеченное в нуле нормальное распределение  $u_i \in N^+(\delta_0 + \delta_1 z_i^1 + \dots + \delta_m z_i^m, \sigma_u^2)$ . Здесь  $z_i^1, \dots, z_i^m$  — характеристики  $m$  факторов эффективности региона;  $\delta_0, \delta_1, \delta_m, \sigma_u^2, \sigma_v^2$  — параметры. Далее случайную величину  $u_i$  мы будем называть неэффективной составляющей модели производственного потенциала. Оценки параметров модели (1) формируются методом максимального правдоподобия. Для каждой модели, включающей неэффективную составляющую, может быть проверена нулевая гипотеза  $H_0^1: \sigma_u^2 = 0, \delta_j = 0$  ( $j = 1, \dots, m$ ), то есть неэффективность отсутствует. Если нулевая гипотеза не отвергается, то оценки параметров модели могут быть получены методом наименьших квадратов. Если гипотеза отвергается, то результаты воздействия факторов эффективности моделируются в соответствии с формальной схемой спецификации, представленной в [5].

Модель граничного производственного потенциала имеет вид

$$\bar{R}_i = g(x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(k)}, \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) \exp\{v_i\},$$

$$v_i \in N(0, \sigma_v^2),$$

где  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k, \delta_0, \delta_1, \dots, \delta_m, \sigma_u^2, \sigma_v^2$  — оцененные параметры модели реального производственного потенциала;  $\bar{R}_i$  — результат производственной деятельности региона в условиях случайного воздействия факторов неопределенности, соответствующего наблюдаемым результатам производства и отсутствию неэффективности. Технологическая эффективность производства определяется для региона случайной величиной  $TE_i = \frac{R_i}{\bar{R}_i} = \exp\{-u_i\}$ . Функция плотности условного распределения  $f(u_i | \varepsilon_i)$  есть  $f(u_i | \varepsilon_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*} \Phi(\tilde{\mu}_i / \sigma_*)} \exp\left\{-\frac{(u_i - \tilde{\mu}_i)^2}{2\sigma_*^2}\right\}$  [27], где  $\varepsilon_i = v_i - u_i$ ,  $\Phi()$  — функция стандартного нормального распределения. То есть  $u_i | \varepsilon_i \in N^+(\tilde{\mu}_i, \sigma_*^2)$  — условное распределение случайной величины  $u_i$ , является усеченным в нуле нормальным распределением с параметрами  $\tilde{\mu}_i = (\delta z_i \sigma_v^2 - \varepsilon_i \sigma_u^2) / \sigma^2$ ,  $\sigma_*^2 = \sigma_u^2 \sigma_v^2 / \sigma^2$ ,  $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ . Несмещенной оценкой технологической эффективности является [26] условное математическое ожидание

$$E(\exp\{-u_i\} | \varepsilon_i) = \frac{\Phi(\tilde{\mu}_i / \sigma_* - \sigma_*)}{\Phi(\tilde{\mu}_i / \sigma_*)} \exp\left\{\frac{1}{2} \sigma_*^2 - \tilde{\mu}_i\right\}. \quad (2)$$

Если не будут сделаны дополнительные замечания, то при анализе эффективности регионов будет использоваться эта оценка.

## 2. Данные для моделирования производственного потенциала регионов РФ на период 2009–2011 гг. и результаты проверки гипотез, определяющих целесообразность разделения регионов на кластеры

В работе [4] показано, что на временном интервале 2009–2011 гг. параметры модели производственного потенциала региона отличаются от параметров модели для периода 2002–2008 гг., что можно объяснить последствиями финансово-экономического кризиса 2008 г. Поэтому в данной работе модели производственного потенциала региона построены и проанализированы на временном интервале 2009–2011 гг. Для построения моделей используются данные по 80 регионам РФ. Перечень регионов, сгруппированных по федеральным округам, представлен в таблице 1. Номера регионов, указанные в этой таблице, будут использоваться в тексте работы для индексации регионов, если не будут сделаны специальные замечания.

Сформирована база данных, включающая показатели, приведенные в таблице 2.

Кроме того, использовались показатели регионального развития, характеризующие качество жизни населения и представленные в разделе 4.

В качестве показателя, характеризующего результат производственной деятельности региона, рассматривается валовый региональный продукт (ВРП):  $R_i$ . Этот показатель может быть измерен как в текущих ценах рассматриваемого периода, так и в сопоставимых ценах. Для преобразования оценок ВРП в текущих ценах к оценкам в сопоставимых ценах могут быть использованы индексы ВРП. В этой работе ВРП в текущих ценах рассматривается в качестве единственной характеристики результата производственной деятельности региона. Объем физического капитала оценивается стоимостью основных фондов, объем трудовых затрат измеряется численностью занятых. Используются три характеристики интеллектуального капитала региона:  $I1$  — численность докторов и кандидатов наук, занятых научными исследованиями;  $I2$  — количество вузов;  $I3$  — количество инженерных вузов.

Важным этапом построения модели производственного потенциала региона является проверка однородности данных. Основной

вопрос состоит в том, можно ли использовать одну модель вида (1) для описания производственного потенциала всех регионов, или таких моделей должно быть несколько. На основе визуального анализа зависимости ВРП от объема каждого производственного фактора для каждого года с 2009 по 2011 гг. сделано предположение, что разделение совокупности регионов на кластеры для построения статической модели производственного потенциала в текущих ценах проводить нецелесообразно. С целью формального подтверждения такой возможности проведена проверка гипотез:

$H_0^2$ : параметры трехфакторной модели производственного потенциала, построенной на основе данных по регионам любого федерального округа, не отличаются от параметров модели производственного потенциала, построенной на основе данных всех регионов РФ;

$H_0^3$ : параметры трехфакторной модели производственного потенциала, построенной на основе данных по регионам, имеющим высокий или низкий объем ВРП, не отличаются от параметров модели производственного потенциала, построенной на основе данных всех регионов РФ.

Результаты проверки, представленные в [4], не противоречат гипотезам  $H_0^2$ ,  $H_0^3$  и подтверждают предположение о том, что для каждого года рассматриваемого периода следует построить одну общую для всей совокупности регионов модель.

## 3. Модели производственного потенциала без учета факторов эффективности

Для каждого года периода 2009–2011 гг. построены следующие модели производственного потенциала:

M1:  $\ln R_i = \beta_0 + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln L_i + v_i - u_i$  — без учета характеристик интеллектуального капитала;

M2:  $\ln R_i = \beta_0 + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln L_i + \beta_3 \ln I1_i + \beta_4 \ln I2_i + v_i - u_i$  — с учетом двух характеристик интеллектуального капитала ( $I1$  — численности докторов и кандидатов наук, занятых научными исследованиями;  $I2$  — количество вузов);

M3:  $\ln R_i = \beta_0 + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln L_i + \beta_3 \ln I1_i + \beta_5 \ln I3_i + v_i - u_i$  — с учетом двух характеристик интеллектуального капитала ( $I1$  — численности докторов и кандидатов наук, занятых научными исследованиями;  $I3$  — количество инженерных вузов).

Модели M1, M2 и M3 построены без учета факторов эффективности, то есть  $u_i \in N^+(\delta_0, \sigma_u^2)$ . Оценки параметров моделей M1, M2, M3 для 2009–2011 гг. представлены в таблице 3. Оцененные параметры в порядке, указанном в

Таблица 1

## Регионы, сгруппированные по федеральным округам

№	Федеральный округ				
	Центральный ф.о.	№	Южный ф.о.	№	Уральский ф.о.
1	Белгородская область	29	Республика Адыгея	56	Курганская область
2	Брянская область	30	Республика Калмыкия	57	Свердловская область
3	Владимирская область	31	Краснодарский край	58	Тюменская область
4	Воронежская область	32	Астраханская область	59	Челябинская область
5	Ивановская область	33	Волгоградская область		<b>Сибирский ф.о.</b>
6	Калужская область	34	Ростовская область	60	Республика Алтай
7	Костромская область		<b>Северо-Кавказский ф.о.</b>	61	Республика Бурятия
8	Курская область	35	Республика Дагестан	62	Республика Тыва
9	Липецкая область	36	Республика Ингушетия	63	Республика Хакасия
10	Московская область	37	Кабардино-Балкарская Республика	64	Алтайский край
11	Орловская область	38	Карачаево-Черкесская Республика	65	Забайкальский край
12	Рязанская область	39	Республика Северная Осетия — Алания	66	Красноярский край
13	Смоленская область	40	Чеченская Республика	67	Иркутская область
14	Тамбовская область	41	Ставропольский край	68	Кемеровская область
15	Тверская область		<b>Приволжский ф.о.</b>	69	Новосибирская область
16	Тульская область	42	Республика Башкортостан	70	Омская область
17	Ярославская область	43	Республика Марий Эл	71	Томская область
18	г. Москва	44	Республика Мордовия		<b>Дальневосточный ф.о.</b>
	<b>Северо-Западный ф.о.</b>	45	Республика Татарстан	72	Республика Саха (Якутия)
19	Республика Карелия	46	Удмуртская Республика	73	Камчатский край
20	Республика Коми	47	Чувашская Республика	74	Приморский край
21	Архангельская область	48	Пермский край	75	Хабаровский край
22	Вологодская область	49	Кировская область	76	Амурская область
23	Калининградская область	50	Нижегородская область	77	Магаданская область
24	Ленинградская область	51	Оренбургская область	78	Сахалинская область
25	Мурманская область	52	Пензенская область	79	Еврейская автономная область
26	Новгородская область	53	Самарская область	80	Чукотский автономный округ
27	Псковская область	54	Саратовская область		
28	г. Санкт-Петербург	55	Ульяновская область		

Таблица 2

## Показатели, используемые для построения модели производственного потенциала и официальные источники информации

Обозначение	Показатель	Источник информации
$R$	валовый региональный продукт (млн руб.),	[9, с. 383-384]
$K$	стоимость основных фондов (млн руб.)	[23 с. 409-410]
$L$	численность занятых (тыс. чел.)	[22 с. 100-101]
$L_1$	численность докторов и кандидатов наук, занятых научными исследованиями (чел.)	[24]
$I_2$	количество высших учебных заведений региона	[10]
$I_3$	количество инженерных вузов	[12]
$F_0$	количество выданных патентов	[20, с. 806-807]
$F_1$	доля инновационно активных предприятий в общем числе предприятий региона (%)	[13]
$F_2$	интегральный индикатор уровня благосостояния населения региона	[1]
$F_3$	интегральный индикатор качества жизни населения региона	[1]

Оценки параметров моделей по данным 2009–2010 гг. без учета факторов эффективности

Показатели	M1-2009	M2-2009	M3-2009	M1-2010	M2-2010	M3-2010	M1-2011	M2-2011	M3-2011
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
lnK	.8558***	.8423***	.8446***	.8489***	.8267***	.8305***	.8363***	.8252***	.8273***
lnL	.1643**	.0921*	.0643*	.1882**	.1145*	.1004*	.1918**	.1518**	.1502**
lnI1		.0609*	.05006*		.0597*	.0548*		.0282	.0283
lnI2		.0082*			.0251*			.0210*	
lnI3			.0660*			.0513*			.0218*
Const	-.1374	.1410	.2920	-.1377	.2404	.3008	.0607	.2606	.2594
$\delta_0$	-.1286	-.1490	-.1629	-.1633	-.2028	-.1689	-.2020	-.1518	-.1202
$H_0^1$	не отвергается								
Log likeli	3.5088	5.7354	6.4220	5.0515	7.5506	7.9061	3.2333	3.8462	3.8671

\* 10-процентный уровень значимости; \*\* 5-процентный уровень значимости; \*\*\* 1-процентный уровень значимости.

таблице:  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_0, \delta_0$ . В предпоследней строке таблицы указаны результаты проверки гипотезы  $H_0^1$  — неэффективность отсутствует. В последней строке таблицы — максимальные значения логарифма функции правдоподобия.

Сравнение оценок параметров моделей, построенных без учета характеристик интеллектуального капитала, и моделей, построенных с учетом интеллектуального капитала, позволяет сделать следующие выводы: эластичность ВРП по объему физического капитала изменяется незначимо; эластичность ВРП по объему трудозатрат снижается. Для 2009 и 2010 гг. характеристика интеллектуального капитала «численность докторов и кандидатов наук, занятых научными исследованиями» значима в моделях M2 и M3; в 2011 г. эта характеристика уже не оказывает значимого влияния на объем ВРП и перестает быть статистически значи-

мым фактором регионального производства. Характеристика «число вузов» («число инженерных вузов») является значимой в модели M2 (M3) для каждого года рассматриваемого периода. То есть высшие учебные заведения являются значимым фактором регионального производства. Для моделей M1, M2, M3 производственного потенциала, построенных без учета факторов эффективности, не отвергается нулевая гипотеза  $H_0^1$  — неэффективность отсутствует.

Несмотря на отсутствие значимой неэффективности, сохраняется возможность ранжирования регионов по значениям оценок технической эффективности, рассчитанным по формуле (2). На рис. 1 приведены значения оценок эффективности на основе модели M2, построенной с учетом характеристик интеллектуального капитала, по данным 2011 г.

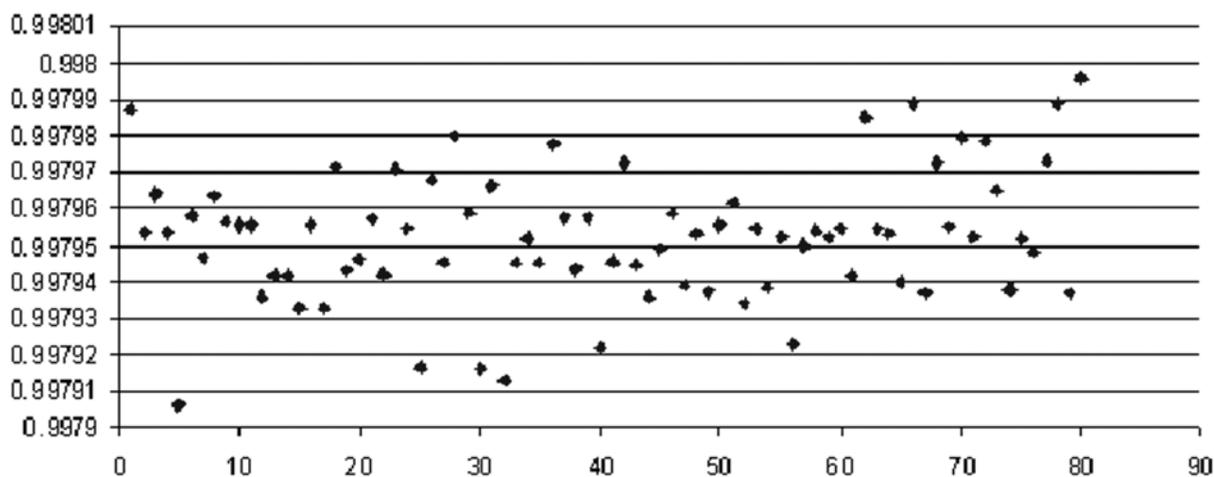


Рис. 1. Оценки технической эффективности регионов по модели M2 с учетом интеллектуального капитала без учета факторов эффективности. По оси абсцисс — номера регионов в соответствии с таблицей 1. По оси ординат — значения оценок эффективности

Все оценки, приведенные на рис. 1, с точностью до 0,001 равны единице. Имеет место достаточно редкий случай в эмпирических исследованиях, когда в условиях отсутствия информации, позволяющей идентифицировать факторы эффективности, все производственные объекты (регионы РФ) можно считать равно эффективными.

#### 4. Модели производственного потенциала с учетом факторов эффективности

Для каждого года рассматриваемого периода 2009–2011 гг. построены модели производственного потенциала (1) с учетом интеллектуального капитала и характеристик, определяющих готовность регионов к осуществлению инновационной деятельности, а также интегральных индикаторов уровня благосостояния и качества жизни населения:  $F0$  — количество выданных патентов;  $F1$  — доля инновационно активных предприятий в общем числе предприятий региона (%);  $F2$  — интегральный индикатор уровня благосостояния населения региона;  $F3$  — интегральный индикатор качества жизни населения региона.

Интегральные индикаторы уровня благосостояния и качества жизни населения регионов РФ построены в соответствии с методологией, разработанной С. А. Айвазяном и представленной в [1]. При построении интегрального индикатора уровня жизни населения регионов ис-

пользованы 10 характеристик уровня благосостояния. При построении интегрального индикатора качества жизни населения регионов использованы 13 характеристик. По построению все интегральные индикаторы уровня благосостояния и качества жизни населения региона являются безразмерными величинами и принимают значения в интервале от 0 до 10.

Во всех оцененных моделях показатель  $F0$  — количество выданных патентов, оказался незначимым. Для каждого года построены модели с учетом двух характеристик интеллектуального капитала ( $I1$  — численность докторов и кандидатов наук, занятых научными исследованиями;  $I2$  — количество вузов)  $ME1: \ln R_i = \beta_0 + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln I_i + \beta_3 \ln I_i + \beta_4 \ln I_2 + v_i - u_i$  и моделью неэффективности  $u_i \in N^+(\delta_0 + \delta_1 z_i^1 + \delta_2 z_i^2 + \delta_3 z_i^3, \sigma_u^2)$ , включающей показатели  $z^1 = F1, z^2 = F2, z^3 = F3$ . Оценки параметров этих моделей представлены в столбцах (2)–(4) таблицы 4.

Объем физического капитала региона, объем трудовых затрат и количество вузов являются значимыми факторами регионального производства. Для 2009 и 2010 гг. характеристика интеллектуального капитала «численность докторов кандидатов наук, занятых научными исследованиями» значима в моделях  $ME1$ . В 2011 г. эта характеристика незначима. Характеристики эффективности  $F1, F2$  и  $F3$  значимы в моделях  $ME1$  и могут рассматри-

Таблица 4

Оценки параметров моделей по данным 2009–2010 гг. с учетом факторов эффективности

Параметр	ME1-2009	ME1-2010	ME1-2011	ME2-2011	ME3-2011
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$\ln K$	.8036***	.8140***	.7966***	.8188***	.7476***
$\ln L$	.0712*	.0907*	.1861**	.1648**	.2500***
$\ln I1$	.0407*	.0713**			
$\ln I2$	.0355*	.0209*	.0284*	.0374*	.0206*
Const	1.4788*	.5520	1.074*	.4895	1.0474***
$\delta_1$	-.0060*	-.1565**	-.0149**	-.0917*	-.0127**
$\delta_2$	-.1019*	-.3760*	-.0674*		-.2205***
$\delta_3$	-.0248*	-.1791**	-.0370*		
$\delta_{31}$					.0978***
$\delta_{32}$					-.0797***
$\delta_{33}$					-.0255**
$\delta_{34}$					-.0023*
$\delta_{35}$					-.0097*
$\delta_{36}$					-.0279*
$\delta_0$	1.2509***	2.4198***	1.1011***	.4928**	1.3433***
$H_0^1$	отвергается	отвергается	отвергается	отвергается	отвергается
Log likeli	12.7328	11.9918	12.1238	7.7146	27.3403

\* 10-процентный уровень значимости; \*\* 5-процентный уровень значимости; \*\*\* 1-процентный уровень значимости.

Регионы, упорядоченные по оценкам эффективности, а также оценки эффективности, рассчитанные по модели ME1 с факторами эффективности F1, F2, F3 для 2011 г. (столбцы 2-3), по модели ME2 фактором эффективности F1 для 2011 г. (столбцы 4-5)

№	Модель ME1-2011	Эффективность	Модель ME2-2011	Эффективность
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Красноярский край	1.000	Магаданская область	0.987
2	Сахалинская область	1.000	Камчатский край	0.978
3	Чукотский автономный округ	0.988	г. Санкт-Петербург	0.978
4	Белгородская область	0.963	Республика Алтай	0.977
5	г. Санкт-Петербург	0.950	г. Москва	0.976
6	г. Москва	0.900	Нижегородская область	0.971
7	Республика Тыва	0.893	Республика Татарстан	0.970
8	Республика Саха (Якутия)	0.888	Чукотский автономный округ	0.968
9	Омская область	0.843	Белгородская область	0.967
10	Магаданская область	0.806	Томская область	0.966
11	Республика Башкортостан	0.801	Оренбургская область	0.966
12	Республика Ингушетия	0.790	Республика Башкортостан	0.966
13	Кемеровская область	0.775	Удмуртская Республика	0.965
14	Калининградская область	0.754	Хабаровский край	0.963
15	Краснодарский край	0.732	Курская область	0.962
16	Камчатский край	0.720	Красноярский край	0.962
17	Владимирская область	0.702	Пермский край	0.958
18	Новгородская область	0.692	Свердловская область	0.957
19	Курская область	0.688	Чувашская Республика	0.956
20	Московская область	0.683	Владимирская область	0.952
21	Калужская область	0.679	Республика Саха (Якутия)	0.948
22	Новосибирская область	0.674	Тульская область	0.946
23	Оренбургская область	0.672	Алтайский край	0.945
24	Тюменская область	0.663	Орловская область	0.944
25	Нижегородская область	0.659	Челябинская область	0.944
26	Томская область	0.653	Республика Тыва	0.943
27	Ленинградская область	0.652	Республика Бурятия	0.942
28	Удмуртская Республика	0.646	Кабардино-Балкарская Республика	0.942
29	Республика Северная Осетия — Алания	0.644	Омская область	0.940
30	Кабардино-Балкарская Республика	0.642	Липецкая область	0.940
31	Архангельская область	0.637	Республика Адыгея	0.940
32	Воронежская область	0.634	Тюменская область	0.939
33	Республика Адыгея	0.629	Республика Мордовия	0.939
34	Самарская область	0.626	Самарская область	0.938
35	Пермский край	0.625	Приморский край	0.938
36	Орловская область	0.618	Ленинградская область	0.936
37	Липецкая область	0.618	Ярославская область	0.936
38	Свердловская область	0.617	Архангельская область	0.936
39	Ростовская область	0.613	Воронежская область	0.935
40	Тульская область	0.613	Курганская область	0.933
41	Челябинская область	0.612	Брянская область	0.932
42	Республика Хакасия	0.605	Новосибирская область	0.930
43	Алтайский край	0.605	Московская область	0.930

Окончание табл. 5

№	Модель МЕ1-2011	Эффективность	Модель МЕ2-2011	Эффективность
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
44	Хабаровский край	0.605	Новгородская область	0.929
45	Республика Татарстан	0.603	Калужская область	0.929
46	Ульяновская область	0.597	Псковская область	0.928
47	Республика Алтай	0.592	Сахалинская область	0.928
48	Республика Коми	0.584	Пензенская область	0.928
49	Ставропольский край	0.580	Кемеровская область	0.927
50	Амурская область	0.574	Республика Ингушетия	0.927
51	Брянская область	0.574	Республика Карелия	0.921
52	Республика Дагестан	0.550	Ульяновская область	0.919
53	Волгоградская область	0.544	Краснодарский край	0.918
54	Республика Карелия	0.543	Костромская область	0.917
55	Республика Бурятия	0.536	Вологодская область	0.915
56	Псковская область	0.531	Республика Марий Эл	0.909
57	Приморский край	0.529	Волгоградская область	0.906
58	Карачаево-Черкесская Республика	0.527	Ростовская область	0.903
59	Иркутская область	0.517	Амурская область	0.901
60	Тамбовская область	0.517	Кировская область	0.901
61	Костромская область	0.514	Рязанская область	0.897
62	Республика Марий Эл	0.508	Республика Северная Осетия — Алания	0.896
63	Саратовская область	0.507	Республика Хакасия	0.887
64	Вологодская область	0.505	Республика Коми	0.884
65	Еврейская автономная область	0.500	Калининградская область	0.884
66	Смоленская область	0.500	Тверская область	0.883
67	Забайкальский край	0.491	Ставропольский край	0.882
68	Кировская область	0.487	Смоленская область	0.873
69	Ярославская область	0.486	Иркутская область	0.871
70	Чувашская Республика	0.483	Тамбовская область	0.864
71	Рязанская область	0.483	Мурманская область	0.860
72	Пензенская область	0.477	Саратовская область	0.849
73	Тверская область	0.473	Еврейская автономная область	0.833
74	Республика Мордовия	0.469	Карачаево-Черкесская Республика	0.833
75	Чеченская Республика	0.417	Республика Дагестан	0.803
76	Курганская область	0.411	Забайкальский край	0.802
77	Мурманская область	0.398	Астраханская область	0.748
78	Республика Калмыкия	0.369	Ивановская область	0.717
79	Астраханская область	0.365	Чеченская Республика	0.649
80	Ивановская область	0.332	Республика Калмыкия	0.626

ваться как факторы эффективности регионального производства. Для моделей МЕ1 отвергается нулевая гипотеза  $H_0^1$  — неэффективность отсутствует, так как в этих моделях есть значимые факторы эффективности.

На рисунке 2 представлены оценки технической эффективности, рассчитанные для модели МЕ1 по данным 2011 г. Они принимают значения в диапазоне от 0,3 до 1, значения

оценок эффективности для всех регионов приведены в столбце (3) таблицы 5.

В верхней части рисунка 2 выделяются два региона с максимально возможными значениями оценок эффективности, равными 1. Это Красноярский край и Сахалинская область. В шестерку регионов с наибольшими оценками эффективности входят также Чукотский автономный округ, Белгородская область, г. Санкт-

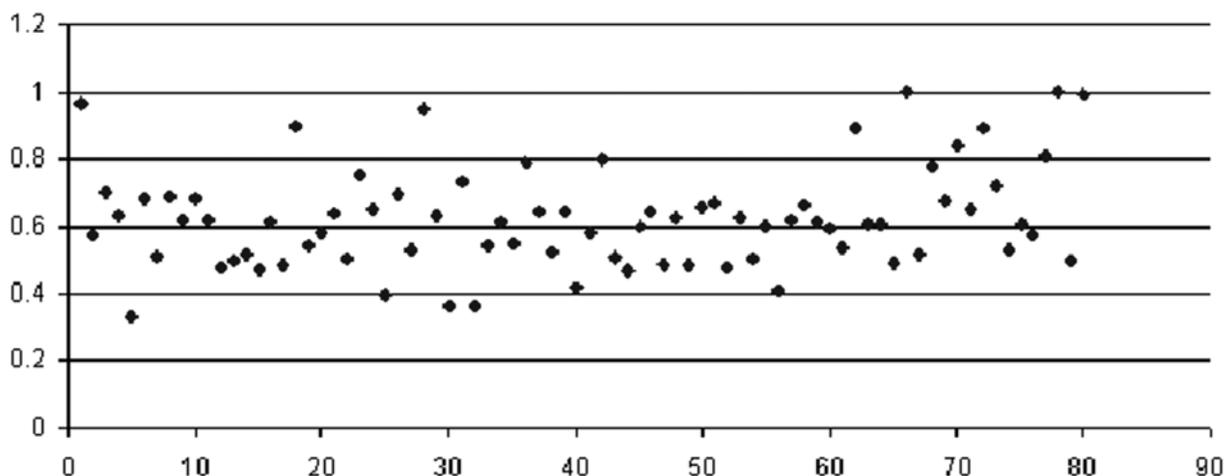


Рис. 2. Оценки технической эффективности регионов по модели ME1-2011. По оси абсцисс — номера регионов в соответствии с таблицей 1. По оси ординат — значения оценок эффективности

Петербург, г. Москва (в порядке убывания оценок). В нижней части рисунка 2 шесть регионов с низкими оценками эффективности: Чеченская Республика, Курганская область, Мурманская область, Республика Калмыкия, Астраханская область, Ивановская область (в порядке убывания оценок). Следует отметить, что совокупность наиболее эффективных (неэффективных) регионов, полученная с помощью модели ME2, отличается от совокупности наиболее эффективных (неэффективных) регионов, полученной по моделям, построенным без учета интеллектуального капитала. То есть характеристики интеллектуального капитала оказывают влияние на оценки эффективности. В то же время, в число наиболее эффективных регионов входит Чукотский автономный округ, имеющий низкие характеристики интеллектуального капитала. В числе неэффективных регионов Ивановская область, у которой характеристики интеллектуального капитала выше, чем у высокоэффективной Белгородской области.

По данным 2011 г. построена модель с учетом одной характеристики интеллектуального капитала ( $I2$  — количество вузов) ME2:  $\ln R_i = \beta_0 + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln L_i + \beta_4 \ln I2_i + v_i - u_i$  и моделью неэффективности  $u_i \in N^+(\delta_0 + \delta_1 z_i^1, \sigma_u^2)$ , включающей показатель  $z^1 = F1$ .

Оценки параметров этой модели представлены в столбце 5 таблицы 4. Объем физического капитала региона, объем трудовых затрат и количество вузов являются значимыми факторами регионального производства. Характеристика эффективности  $F1$  значима. Для модели ME2 отвергается нулевая гипотеза  $H_0^1$  — неэффективность отсутствует, так как в этих моделях есть значимый фактор эффективности. На рисунке 3 представлены оценки технической эф-

фективности, рассчитанные по модели ME2 по данным 2011 г. Они принимают значения в диапазоне от 0,6 до 1. Значения оценок эффективности для всех регионов приведены в столбце 5 таблицы 5.

В верхней части рисунка 3 наибольшие значения оценок эффективности имеют регионы Магаданская область, Камчатский край, г. Санкт-Петербург, Республика Алтай, г. Москва, Нижегородская область (в порядке убывания оценок). В нижней части рисунка 3 шесть регионов с низкими оценками эффективности: Республика Дагестан, Забайкальский край, Астраханская область, Ивановская область, Чеченская Республика, Республика Калмыкия (в порядке убывания оценок).

Сравнение оценок, полученных по моделям ME1-2011 и ME2-2011, позволяет сделать вывод, что набор характеристик, используемых в модели неэффективности, может оказывать существенное влияние как на диапазон, в котором принимают значения оценки, так и на рейтинги эффективности регионов.

Использование интегральных индикаторов уровня благосостояния и качества жизни населения позволяет использовать при моделировании производственного потенциала агрегированную информацию о соответствующих сферах социально-экономического развития региона. Методология построения этих интегральных индикаторов позволяет в максимальной степени сохранить информацию, заложенную в исходных показателях. В то же время, при использовании интегральных индикаторов отсутствует возможность оценки влияния исходных показателей на результаты производственной деятельности. Поэтому в зависимости от целей исследования модели производственного потенциала могут быть постро-

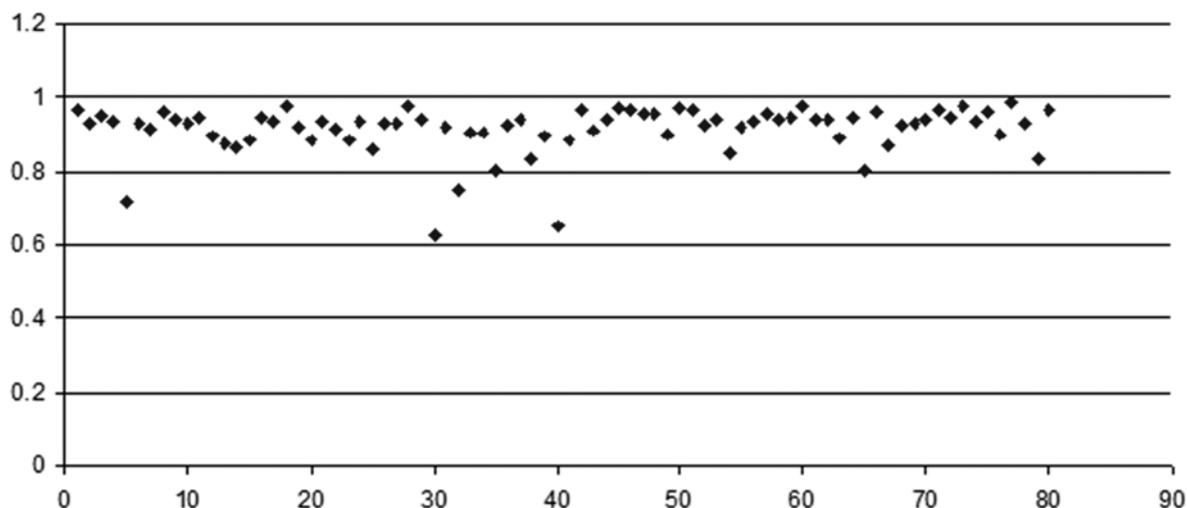


Рис. 3. Оценки технической эффективности регионов по модели ME2-2011. По оси абсцисс — номера регионов в соответствии с таблицей 5. По оси ординат — значения оценок эффективности

ены с использованием характеристик уровня благосостояния и качества жизни населения, которые являются исходными при построении интегральных индикаторов.

Для сравнения с моделью ME1-2001 по данным 2011 г. построена модель с учетом интеллектуального капитала ( $I2$  — количество вузов)

ME3:  $\ln R_i = \beta_0 + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln L_i + \beta_4 \ln I2_i + v_i - u_i$  и моделью неэффективности  $u_i \in N^+(\delta_0 + \delta_1 z_i^1 + \delta_2 z_i^2 + \delta_{3,1} z_i^{3,1} + \dots + \delta_{3,13} z_i^{3,13}, \sigma_u^2)$ , включающей пятнадцать характеристик эффективности  $z^1 = F1, z^2 = F2, z^{3,1} = F3.1, z^{3,2} = F3.2, \dots, z^{3,13} = F3.13$ . Характеристики  $z^1 = F1$  и  $z^2 = F2$  те же, что в модели ME1. Тринадцать характеристик качества населения  $z^{3,1} = F3.1, z^{3,2} = F3.2, \dots, z^{3,13} = F3.13$  были использованы при построении интегрального индикатора качества населения  $F3$  для 2011 г. Следующие характеристики оказались значимы в модели ME3:  $F3.1$  — ожидаемая продолжительность жизни [21];  $F3.2$  — естественный прирост населения в расчете на 1000 населения [11];  $F3.3$  — младенческая смертность (число детей, умерших до 1 года) на 1000 родившихся [18];  $F3.4$  — некоторые инфекционные и паразитарные болезни [19];  $F3.5$  — болезни сердечно-сосудистой системы [8];  $F3.6$  — болезни органов пищеварения [7]. Оценки параметров модели ME3-2011 приведены в столбце (6) таблицы 4. Коэффициент корреляции оценок эффективности по модели ME1-2011 и оценок эффективности по модели ME3-2011 равен 0,992. Можно отметить, что использование интегрального индикатора, построенного в соответствии с методологией, основанной на модифицированном методе главных компонент в качестве характеристики эффективности, позволяет сохранить основную

информацию, которую несут исходные характеристики  $F3.1$ – $F3.13$ . Если целью исследования является оценка эффективности, то модель ME3-2011 имеет очевидное преимущество перед моделью ME5-2011, так как более компактна. Модель ME5-2011, учитывающая исходные характеристики, представляет интерес тогда, когда необходимо выявить влияние каждой из этих характеристик на эффективность. В таком случае основной интерес представляют знаки оценок параметров в модели неэффективности. Оценки всех параметров при характеристиках качества жизни, за исключением  $\delta_{3,1}$ , имеют отрицательный знак. Следовательно, регионы с относительно высокой (низкой) ожидаемой продолжительностью жизни характеризуются относительно низкими (высокими) оценками эффективности. При этом рост эффективности сопровождается снижением вышеуказанных показателей заболеваемости населения.

### 5. Локальная эффективность

С точки зрения перспектив развития региона интерес представляет то, насколько его место в рейтинге реального ВРП выше (чем меньше номер в рейтинге, тем выше место региона) места в рейтинге граничного ВРП. Объем граничного ВРП  $\bar{R}_i$  определяется по формуле  $\bar{R}_i = \frac{R_i}{TE_i}$ . В столбце (4) таблицы 6 приводятся значения, вычисленные на основе модели ME1-2011 как разность места, которое регион занимает в рейтинге граничного производственного потенциала (столбец 3), и места, которое он занимает в рейтинге реального производственного потенциала (столбец 2). Назовем эти значения

Рейтинги реального ВРП, граничного ВРП по модели МЕ1-2011 (столбец 3), локальной эффективности по модели МЕ1-2011 (столбец 4); предельные эффекты влияния на ВРП характеристик факторов эффективности F1, F2, F3, рассчитанные по модели МЕ1-2011 (столбцы 5-7)

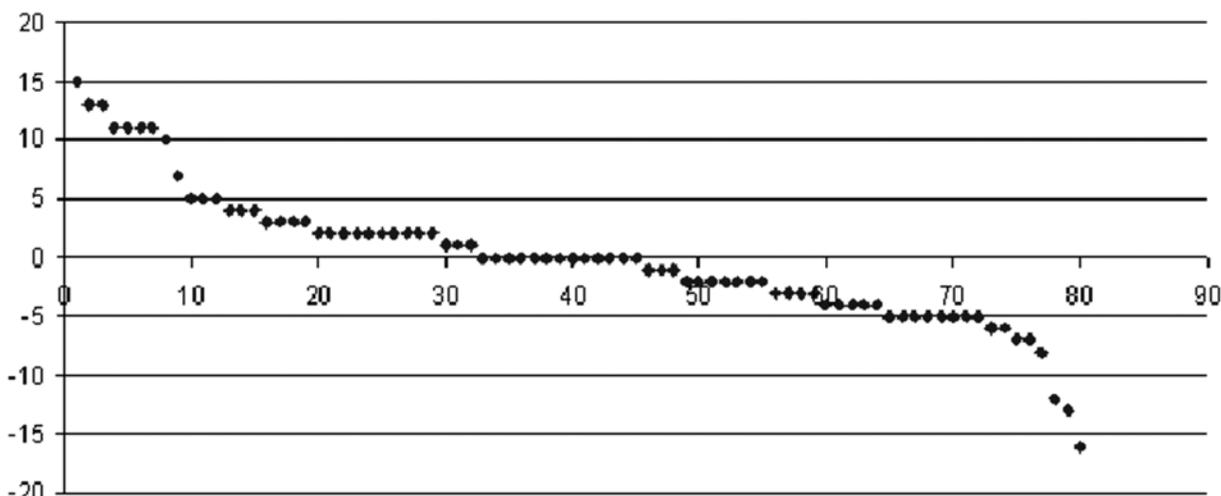
Регионы, упорядоченные по рейтингу реального ВРП	Рейтинг реального ВРП	Рейтинг потенциального ВРП	Оценки локальной эффективности(3)-(2)	Изменение ВРП в % при изменении F1 на 1	Изменение ВРП в % при изменении F2 на 1	Изменение ВРП в % при изменении F3 на 1
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
г. Москва	1	1	0	1.1344	5.1316	2.8170
Тюменская область	2	2	0	1.3637	6.1685	3.3863
Московская область	3	3	0	1.3903	6.2892	3.4525
г. Санкт-Петербург	4	4	0	1.3376	6.0505	3.3215
Республика Татарстан	5	5	0	1.4493	6.5557	3.5988
Свердловская область	6	6	0	1.3319	6.0250	3.3075
Краснодарский край	7	7	0	1.4125	6.3893	3.5075
Красноярский край	8	13	5	1.2091	5.4695	3.0025
Республика Башкортостан	9	14	5	1.2139	5.4909	3.0143
Самарская область	10	8	-2	1.1264	5.0955	2.7972
Пермский край	11	9	-2	1.3585	6.1452	3.3735
Челябинская область	12	10	-2	1.3849	6.2646	3.4390
Нижегородская область	13	15	2	1.4093	6.3752	3.4997
Ростовская область	14	11	-3	1.3847	6.2635	3.4384
Кемеровская область	15	17	2	1.4156	6.4036	3.5154
Иркутская область	16	12	-4	1,3598	6.1511	3.3767
Сахалинская область	17	30	13	1.3375	6.0503	3.3214
Новосибирская область	18	20	2	0.7924	3.5843	1.9676
Ленинградская область	19	19	0	1.3988	6.3275	3.4735
Оренбургская область	20	22	2	1.4349	6.4906	3.5631
Приморский край	21	16	-5	1.3801	6.2430	3.4271
Белгородская область	22	37	15	1.4058	6.3591	3.4909
Волгоградская область	23	18	-5	1.3349	6.0382	3.3148
Республика Саха (Якутия)	24	34	10	1.3101	5.9260	3.2531
Омская область	25	36	11	1.3061	5.9080	3.2433
Воронежская область	26	24	-2	1.4151	6.4014	3.5141
Архангельская область	27	25	-2	1.4178	6.4136	3.5208
Республика Коми	28	23	-5	0.8690	3.9308	2.1579
Саратовская область	29	21	-8	1.3093	5.9226	3.2513
Хабаровский край	30	27	-3	1.4717	6.6572	3.6546
Ставропольский край	31	26	-5	1.3013	5.8866	3.2315
Томская область	32	39	7	1.4127	6.3902	3.5080
Алтайский край	33	33	0	1.3853	6.2665	3.4401
Удмуртская Республика	34	38	4	1.3609	6.1561	3.3794
Республика Дагестан	35	31	-4	1.4129	6.3914	3.5087
Вологодская область	36	29	-7	1.3180	5.9618	3.2728
Липецкая область	37	41	4	1.2338	5.5811	3.0638
Ярославская область	38	32	-6	1.4041	6.3513	3.4866
Тульская область	39	42	3	1.2834	5.8054	3.1870
Мурманская область	40	28	-12	1.3658	6.1781	3.3916
Владимирская область	41	52	11	1.3716	6.2044	3.4060
Тверская область	42	35	-7	1.1679	5.2830	2.9002
Калужская область	43	54	11	1.4386	6.5074	3.5723
Курская область	44	55	11	1.3347	6.0376	3.3144
Калининградская область	45	58	13	0.8594	3.8873	2.1340

Окончание табл. 6

Регионы, упорядоченные по рейтингу реального ВРП	Рейтинг реального ВРП	Рейтинг потенциального ВРП	Оценки локальной эффективности(3)-(2)	Изменение ВРП в % при изменении F1 на 1	Изменение ВРП в % при изменении F2 на 1	Изменение ВРП в % при изменении F3 на 1
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Амурская область	46	48	2	1.2027	5.4404	2.9865
Ульяновская область	47	50	3	1.2375	5.5978	3.0730
Рязанская область	48	43	-5	1.3203	5.9721	3.2785
Забайкальский край	49	44	-5	1.4251	6.4466	3.5389
Кировская область	50	46	-4	1.1318	5.1198	2.8106
Пензенская область	51	45	-6	1.2776	5.7794	3.1727
Чувашская Республика	52	47	-5	1.3307	6.0195	3.3045
Смоленская область	53	51	-2	1.3363	6.0445	3.3182
Тамбовская область	54	53	-1	1.4064	6.3621	3.4925
Брянская область	55	57	2	1.3972	6.3204	3.4697
Астраханская область	56	40	-16	1.3989	6.3281	3.4739
Республика Бурятия	57	59	2	1.2060	5.4552	2.9947
Новгородская область	58	63	5	1.1653	5.2711	2.8936
Республика Карелия	59	61	2	1.2970	5.8669	3.2207
Курганская область	60	56	-4	1.1857	5.3634	2.9443
Орловская область	61	64	3	1.4047	6.3540	3.4881
Ивановская область	62	49	-13	1.4828	6.7076	3.6822
Республика Мордовия	63	60	-3	1.4438	6.5312	3.5854
Республика Хакасия	64	67	3	1.4012	6.3383	3.4795
Камчатский край	65	69	4	1.4607	6.6075	3.6273
Костромская область	66	62	-4	1.3739	6.2148	3.4117
Псковская область	67	66	-1	1.4600	6.6044	3.6256
Республика Марий Эл	68	68	0	1.4177	6.4128	3.5204
Кабардино-Балкарская Республика	69	70	1	1.3514	6.1128	3.3557
Чеченская Республика	70	65	-5	1.3675	6.1859	3.3958
Республика Северная Осетия — Алания	71	71	0	1.2185	5.5117	3.0257
Магаданская область	72	73	1	1.3968	6.3184	3.4685
Республика Адыгея	73	74	1	1.0533	4.7647	2.6157
Карачаево-Черкесская Республика	74	72	-2	1.3232	5.9855	3.2858
Чукотский автономный округ	75	77	2	1.2693	5.7416	3.1519
Еврейская автономная область	76	76	0	1.4588	6.5990	3.6226
Республика Тыва	77	79	2	0.7981	3.6100	1.9818
Республика Калмыкия	78	75	-3	1.4026	6.3448	3.4831
Республика Алтай	79	78	-1	1.4778	6.6849	3.6697
Республика Ингушетия	80	80	0	1.2825	5.8013	3.1847

рейтинговыми оценками локальной эффективности регионов. Высокое положительное значение рейтинговой оценки локальной эффективности можно объяснить тем, что соответствующий регион имеет относительно высокую оценку эффективности среди регионов с близкими объемами ВРП. Территориальная близость или удаленность регионов во внимание не принимается. Регион, имеющий высокую положительную рейтинговую оценку ло-

кальной эффективности, можно отнести к локально эффективным регионам. Регион, имеющий высокую по модулю отрицательную рейтинговую оценку локальной эффективности, можно отнести к локально неэффективным регионам. Заметим, что по построению сумма рейтинговых оценок локальной эффективности равна нулю. Нулевые значения рейтинговых оценок локальной эффективности имеют регионы, для которых рейтинги реаль-



**Рис. 4.** Рейтинговые оценки локальной эффективности по модели ME1-2011. По оси абсцисс — номера регионов в соответствии с таблицей 1. По оси ординат — значения оценок локальной эффективности

ного и граничного потенциалов совпадают. Рейтинговые оценки локальной эффективности большинства регионов имеют небольшие положительные или небольшие по модулю отрицательные значения. Эти значения, как и нулевые, не свидетельствуют о наличии локальной эффективности.

На рисунке 4 приведены упорядоченные по убыванию рейтинговые оценки локальной эффективности регионов, полученные по модели ME1-2011 с тремя факторами эффективности. Эти значения приведены в столбце 4 таблицы 6. Семь регионов имеют рейтинговые оценки локальной эффективности выше 10 и могут быть отнесены к категории локально эффективных: Белгородская область, Сахалинская область, Калининградская область, Омская область, Владимирская область, Калужская область, Курская область. Например, Сахалинская область по объему ВРП сопоставима с Кемеровской областью, Иркутской областью, Новосибирской областью, Ленинградской областью, но имеет существенно более высокую оценку эффективности, чем эти регионы. Сахалинская область имеет максимальную оценку эффективности 1, поэтому является эффективной и локально эффективной. Владимирская область не входит в число наиболее эффективных, но является локально эффективной, так как оценка ее эффективности существенно выше оценок эффективности сопоставимых по объему ВРП Ярославской области, Тульской области, Мурманской области, Тверской области.

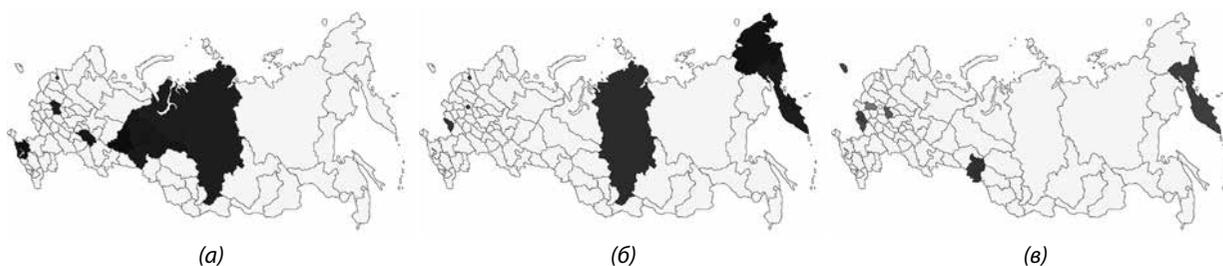
Три региона имеют рейтинговые оценки локальной эффективности ниже  $-10$ : Астраханская область, Ивановская область, Мурманская область. Их можно отнести к локально неэф-

фективным регионам. Эти регионы являются неэффективными, так как имеют наименьшие оценки эффективности. Вышеуказанные регионы являются локально эффективными (неэффективными) на уровне 10.

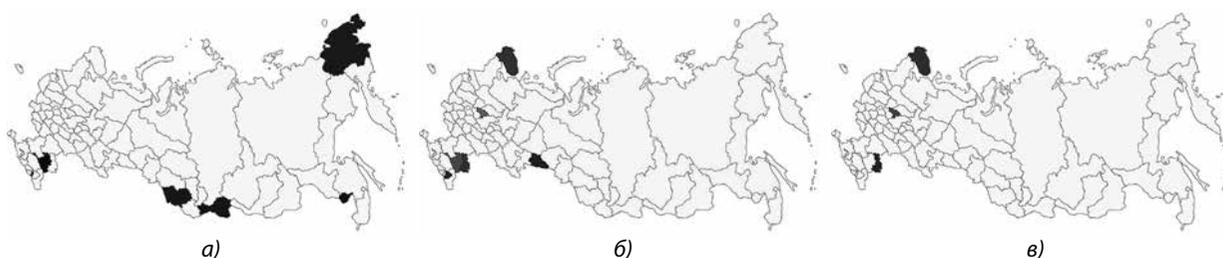
В результате сравнения рассчитанных рейтинговых оценок локальной эффективности с оценками, полученными в работе Айвазяна, Афанасьева и Руденко [2] без учета интеллектуального капитала, можно сделать вывод, что совокупность локально эффективных регионов изменяется при включении в модель производственного потенциала оценки интеллектуального капитала.

На рисунках 5а, 5б и 5в приведены регионы, имеющие по данным 2011 г. наибольшие объемы ВРП, наивысшие оценки эффективности и локальной эффективности соответственно. В числе шести наиболее эффективных регионов три региона с высоким ВРП — Красноярский край, г. Санкт-Петербург, г. Москва; два региона со средним ВРП — Сахалинская область и Белгородская область; один регион с малым объемом ВРП — Чукотский автономный округ. Два локально эффективных региона имеют высокие оценки эффективности — Белгородская область и Сахалинская область. Другие локально эффективные регионы не являются высокоэффективными.

На рисунках 6а, 6б и 6в показаны регионы, имеющие по данным 2011 г. наименьшие объемы ВРП, самые низкие оценки эффективности и локальной эффективности соответственно. В числе шести регионов с низкими объемами ВРП один является высокоэффективным — Чукотский автономный округ. Среди неэффективных регионов только один с малым объемом ВРП — Республика Калмыкия. По



**Рис. 5.** Регионы РФ, имеющие по данным 2011 г. наибольшие объемы ВРП, наивысшие оценки эффективности и локальной эффективности (а) регионы с высоким ВРП: г. Москва, Тюменская область, Московская область, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Свердловская область, Краснодарский край, Красноярский край; б) эффективные регионы: Красноярский край, Сахалинская область, Чукотский автономный округ, Белгородская область, г. Санкт-Петербург, г. Москва; в) локально эффективные регионы: Белгородская область, Сахалинская область, Калининградская область, Омская область, Владимирская область, К Калужская область, Курская область)



**Рис. 6.** Регионы РФ, имеющие по данным 2011 г. наименьшие объем ВРП, самые низкие оценки эффективности и локальной эффективности (а) регионы с низким ВРП: Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область, Республика Тыва, Республика Калмыкия, Республика Алтай, Республика Ингушетия; б) неэффективные регионы: Чеченская Республика, Курганская область, Мурманская область, Республика Калмыкия, Астраханская область, Ивановская область; в) локально неэффективные регионы: Астраханская область, Ивановская область, Мурманская область)

данным 2011 г. все три локально неэффективных региона имеют низкие оценки эффективности. Но четыре региона с низкими оценками эффективности не являются локально неэффективными. Таким образом, оценки технической эффективности являются дополнительной к объемам ВРП информацией, характеризующей развитие регионов с учетом факторов эффективности. Информация о локальной эффективности и локальной неэффективности может рассматриваться как полезное дополнение к оценкам эффективности регионов.

## 6. Предельные эффекты факторов эффективности

Подсчитаны предельные эффекты влияния трех факторов эффективности в модели ME1-2011:  $F1$  — доля инновационно активных предприятий в общем числе предприятий региона (%);  $F2$  — интегральный индикатор уровня благосостояния населения региона (принимает значения в интервале [0–10]);  $F3$  — интегральный индикатор качества жизни населения региона (принимает значения в интервале [0–10]). В таблице 6 приведены предельные эффекты влияния характеристик факторов  $F1$ ,  $F2$  и  $F3$  на объем ВРП.

На рисунке 7 представлена гистограмма предельных эффектов изменения ВРП в % при изменении характеристики  $F1$  региона на единицу. Характеристика  $F1$  измеряется в процентах, рассчитанные предельные эффекты равны коэффициентам эластичности ВРП региона по числу инновационно активных предприятий. Для большинства регионов значения коэффициентов эластичности находятся в диапазоне от 1 до 1.5. Такие значения представляются адекватными характеристиками влияния показателя инновационной активности предприятий на результаты производственной деятельности и в основном соответствуют значениям предельных эффектов, рассчитанным по моделям, построенным без учета интеллектуального капитала [4].

Предельные эффекты изменения ВРП (в %) при изменении характеристики  $F3$  региона на 0,1 для большинства регионов принимают значения в диапазоне от 0,25 % до 0,35 %. Предельные эффекты изменения ВРП при изменении характеристики  $F2$  региона несколько выше (примерно в 1.5 раза), чем предельные эффекты изменения ВРП при изменении характеристики  $F3$ . Следует отметить, что изме-

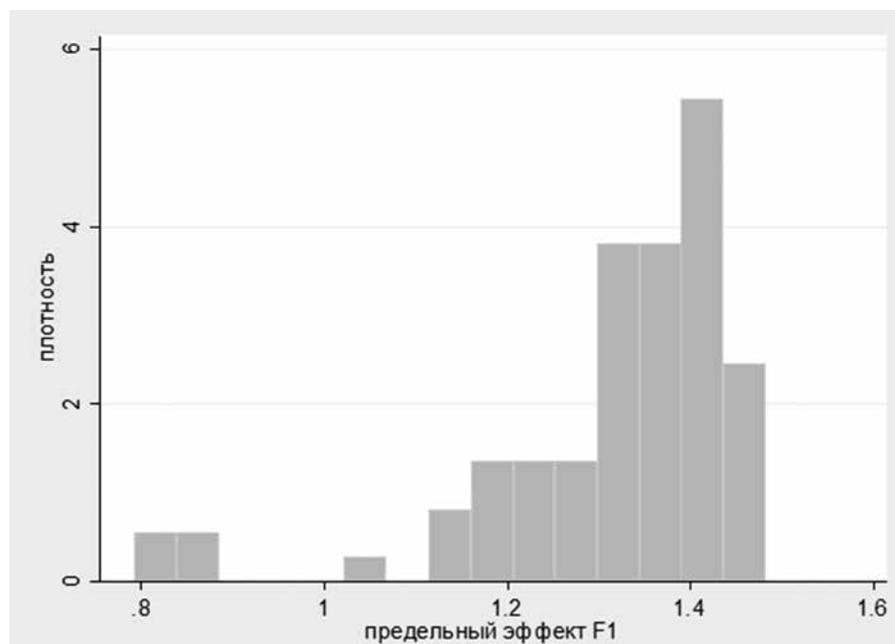


Рис. 7. Гистограмма предельных эффектов по фактору F1

нения значений интегральных индикаторов  $F2$  и  $F3$  в течение года, как правило, не превосходят 0,1.

#### 7. Агент-ориентированная модель воспроизводства научного потенциала России

Выявленные факторы, характеризующие основные направления повышения эффективности производства, позволили также разработать прообраз агент-ориентированной модели, посредством которой возможно оценить эффективность государственной политики по формированию экономики знаний.

Агент-ориентированная модель (АОМ) относится к классу моделей, основанных на индивидуальном поведении агентов и создаваемых для компьютерных симуляций. Основная идея, лежащая в основе агентных моделей, заключается в построении вычислительного инструмента, представляющего собой совокупность агентов с определенным набором свойств и позволяющего проводить симуляции реальных явлений.

От объектно ориентированных моделей агент-ориентированные отличаются «активностью» своих элементов, каждый из которых обладает не только заданным набором личностных характеристик («ресурсов»), но и целевой функцией («интересами»), на основе чего имитируются реакции на изменения внешней среды, затрагивающие сферу интересов агентов. Агентные модели принципиально отличаются также и от широко распространенных моделей с агентом-представителем, так

как агенты в этих моделях чем-то различаются друг от друга. Таким образом, каждая агентная модель основана на индивидуальном поведении агентов и представляет собой искусственное общество, состоящее из взаимодействующих между собой самостоятельных агентов. Появление моделей этого класса можно рассматривать, как результат эволюции методологии моделирования: переход от мономodelей (одна модель — один алгоритм) к мульти-моделям (одна модель — множество независимых алгоритмов).

К основным преимуществам агентных моделей относят, во-первых, то, что степень детализации в них, по сути, ограничивается только возможностями компьютеров, поэтому они позволяют смоделировать систему, максимально приближенную к реальности. Во-вторых, — это возможность построения качественных моделей, несмотря на отсутствие знаний о глобальных зависимостях в рамках моделирования соответствующей предметной области [17].

Авторским коллективом была разработана АОМ воспроизводства научного потенциала России на базе геоинформационной системы (ГИС).

По своей сути ГИС — это системы, позволяющие создавать базы данных, сочетающие в себе графическое и атрибутивное представление разнородной информации, а также обеспечивающие возможность пространственного анализа данных и представление его результатов в наиболее привычной для пользователей форме (в виде графиков, диаграмм, таблиц, карт и т. д.).

Общая схема построения АОМ на базе ГИС состоит из трех основных этапов:

I. Прорисовка среды для функционирования агентов (например, карты страны).

II. Для каждого элемента карты задаются свойства и методы, инициализируемые перед запуском модели с помощью соответствующих запросов к базе данных ГИС.

III. Для каждого элемента карты создается определенное число экземпляров объектов типа «агент».

По указанной схеме была разработана АОМ воспроизводства научного потенциала России. Ниже приведено ее концептуальное описание.

1. Жизненный цикл агента состоит из двух основных стадий (рождение и смерть) и промежуточных состояний, отслеживаемых на каждом шаге работы модели.

2. От момента рождения и до определенного возраста (по умолчанию — 18 лет) агент не участвует в процессе производства ВВП.

3. В течение жизни агент может стать либо обычным работником, либо ученым, либо «прикладником». Прослойка ученых создает базис для формирования прослойки «прикладников».

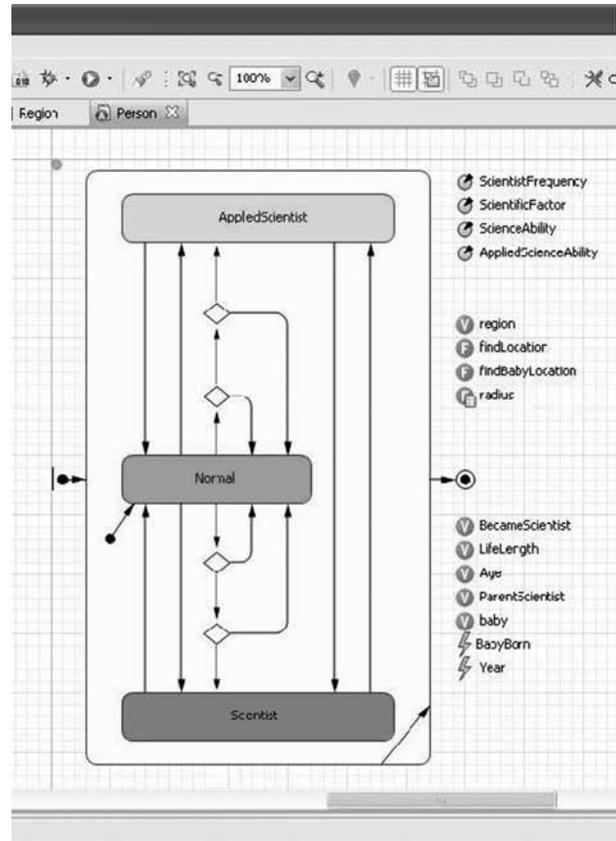
4. Становление ученого. По достижению работоспособного возраста агент с некоторой вероятностью может стать ученым. Если до 25 лет агент не становится ученым, то он не будет им никогда.

Ученые не участвуют в создании ВВП, но в то же время производят знания, потребляемые «прикладниками», которые участвуют в процессе производства ВВП, и формируют среду, которая оказывает влияние на количество «прикладников».

5. Агент перестает быть ученым (или «прикладником») из-за низкой зарплаты (то есть если заработная плата ученого (или «прикладника») заметно ниже, чем в социуме, то он уходит на работу в другие отрасли). Агент — бывший ученый (или «прикладник») может снова вернуться в науку (или на работу в инновационно активные предприятия), если заработная плата в науке (или прикладной науке) станет выше, чем в среднем по социуму и если время отрыва от научной деятельности не превышает некоторого порога (по умолчанию 5 лет).

6. Продолжительности жизни агента-ученого (и «прикладника») выше, чем у обычного человека (по умолчанию на 10 лет). Однако в модели фактор продолжительности жизни не принимается в расчет при выборе профессии.

7. С задаваемой вероятностью (рассчитанной на основе российской статистики) агенты могут иметь ребенка. При этом ребенок аген-



**Рис. 8.** Спецификация агентов в программной среде AnyLogic (AnyLogic — инструмент имитационного моделирования, который поддерживает все подходы к созданию имитационных моделей: процессно ориентированный (дискретно-событийный), системно-динамический и агентный, а также любую их комбинацию. Более подробно см. <http://www.anylogic.ru>)

та-ученого (или «прикладника») становится ученым (или «прикладником») с большей вероятностью.

8. В модели предусмотрен экзогенный параметр — средняя зарплата в высокоразвитых странах мира. Если в моделируемом социуме средняя зарплата (как у ученых, так и у представителей других профессий) становится значительно ниже, чем в других странах, то ученый (или «прикладник») выбывает из социума навсегда (переезд в другую страну).

С помощью разработанной модели можно рассчитать последствия от увеличения заработной платы (всем типам работников), организации инновационных центров и дополнительных инвестиций в науку.

Спецификация агентов модели осуществлялась с учетом следующих параметров (рис. 8):

- возраст;
- продолжительность жизни;
- специализация родителей;
- место работы;
- регион проживания;

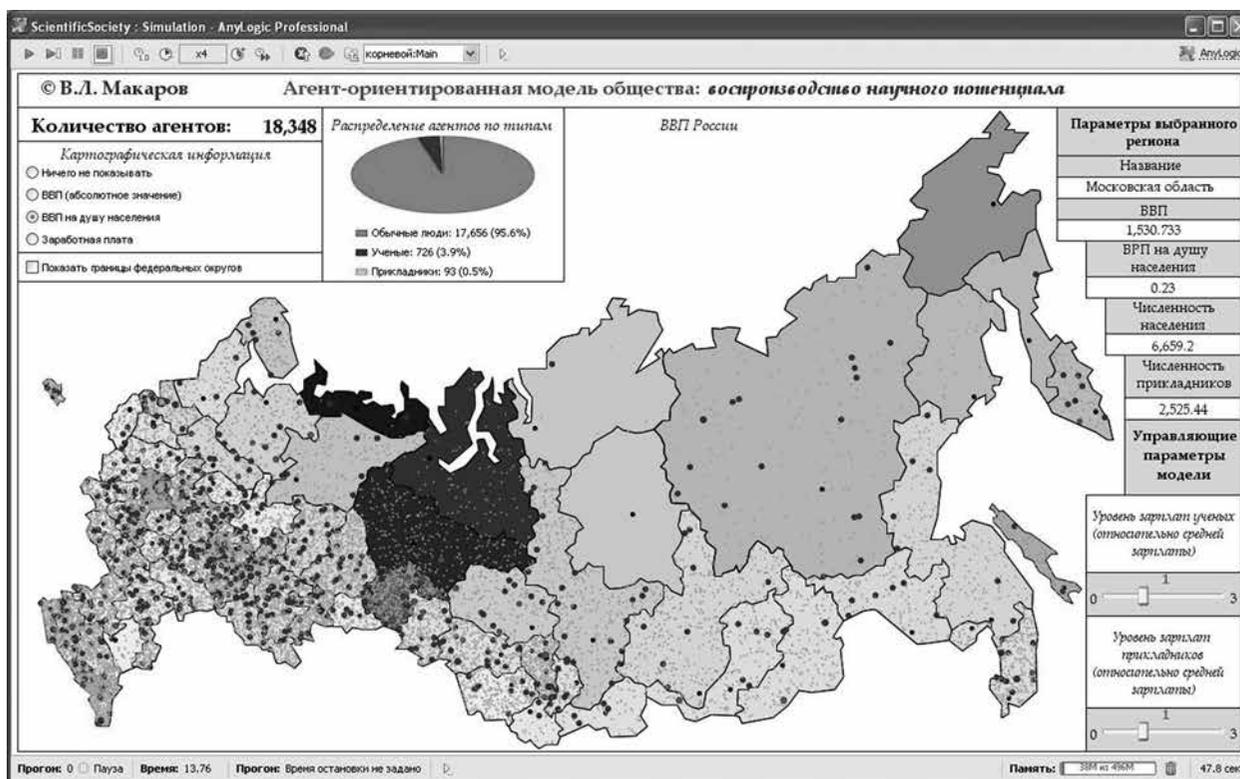


Рис. 9. Рабочее окно прототипа АОМ воспроизводства научного потенциала России

— доход.

Спецификация регионов (элементов ГИС) осуществлялась с учетом следующих параметров:

- географические границы;
- количество жителей;
- количество работников (по типам);
- ВРП;
- подушевой ВРП;
- объем инвестиций;
- объем инвестиций на душу;
- средняя заработная плата;
- средняя продолжительность жизни;
- показатель прироста населения;
- эффективность использования основных факторов производства;
- характеристики факторов эффективности;
- предельные эффекты факторов эффективности;
- рейтинговая локальная эффективность.

Для наполнения прототипа модели данными использовались статистические сборники «Регионы России», «Наука России в цифрах», «Индикаторы науки», «Индикаторы образования». Помимо этого, были использованы социологические базы данных RLMS<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> RLMS (The Russia Longitudinal Monitoring Survey) — «Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ» — негосударственное лонгитюдное обследование домохозяйств. Представляет со-

бой серию ежегодных общенациональных репрезентативных опросов на базе вероятностной стратифицированной многоступенчатой территориальной выборки, разработанной при участии ведущих мировых экспертов в этой области. Более подробно см. <http://www.hse.ru/rlms>.

Кроме того, для спецификации производственных функций производителей использовались результаты, полученные с помощью вычислимой модели экономики знаний [16].

На рис. 9. изображено рабочее окно разработанной АОМ. Благодаря возможностям ГИС в процессе работы системы можно получать оперативную информацию о социально-экономическом положении всех регионов России (в том числе с использованием картографической информации, меняющейся в режиме реального времени в зависимости от значений эндогенных параметров).

Дальнейшая работа по развитию агентной модели заключается в более подробной спецификации моделей производственного потенциала каждого региона.

## 8. Выводы

1. Показатели «количество высших учебных заведений» и «количество инженерных высших учебных заведений» могут быть использованы в качестве оценок интеллектуального капитала как фактора регионального производства. Эта оценка является неполной и характеризует лишь часть интеллектуального ка-

питала региона. Во всех трехфакторных моделях наибольшее влияние на ВРП имеет физический капитал, следующий фактор по уровню влияния — объем трудовых затрат. Влияние оценки интеллектуального капитала «количество высших учебных заведений» на ВРП значимо во всех моделях.

2. Характеристика интеллектуального капитала «численность докторов и кандидатов наук, занятых научными исследованиями» значима в моделях, построенных по данным 2009 и 2010 гг. В модели, построенной по данным 2011 г., эта характеристика уже не значима. Ее влияние на ВРП утрачивается.

3. Для моделей производственного потенциала, построенных без учета факторов эффективности, не отвергается нулевая гипотеза об отсутствии неэффективности. Поэтому в условиях отсутствия информации, позволяющей идентифицировать факторы эффективности, получить корректные в теоретическом отношении оценки технической эффективности регионов не представляется возможным.

4. Идентифицированы характеристики регионов «доля инновационно активных предприятий в общем числе предприятий региона», интегральный индикатор уровня благосостояния населения региона, интегральный индикатор качества жизни населения региона, допускающие трактовку как факторы эффективности производства. Ведение такого фактора в модель производственного потенциала приводит к тому, что неэффективность становится значимой. Учет фактора эффективности в модели производственного потенциала позволяет значительно повысить дифференциацию оценок технической эффективности производства. Показано, что все три показателя значимы в статических моделях производственного потенциала, построенных с уче-

том интеллектуального капитала для периода 2009–2011 г. Рейтинги некоторых регионов по оценке эффективности существенно изменяются в результате включения в модель неэффективности нового значимого фактора.

5. Сопоставление региональных рейтингов реального ВРП и граничного ВРП позволяет выявить локально эффективные регионы (с относительно высокой оценкой эффективности среди регионов с близкими объемами ВРП) и локально неэффективные регионы (с относительно низкой оценкой эффективности среди регионов с близкими объемами ВРП). Понятие локальной эффективности следует использовать в контексте содержательного описания набора показателей, характеризующих факторы эффективности.

6. Оценки технической эффективности являются дополнительной к объемам ВРП информацией, характеризующей развитие регионов с учетом факторов эффективности. Информация о локальной эффективности и локальной неэффективности может рассматриваться как полезное дополнение к оценкам эффективности регионов.

7. Расчет предельных эффектов влияния значимых факторов эффективности на результат производственной деятельности региона и соответствующих коэффициентов эластичности создает основу для анализа перспектив развития региона с учетом возможности целенаправленного воздействия на управляемые факторы эффективности.

8. Использование АОМ позволяет осуществлять прогноз развития науки в регионах, в частности, прогноз численности ученых и занятых в инновационной деятельности в зависимости от разнообразных параметров (рентабельности, заработной платы и пр.)

### Список источников

1. Айвазян С. А. Анализ качества и образа жизни населения: эконометрический подход. — М., Наука, 2012. — 402 с.
2. Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Руденко В. А. Оценка эффективности регионов РФ на основе модели производственного потенциала с характеристиками готовности к инновациям // Экономика и математические методы. — 2014. — Т. 50. — №4. — С. 53-91.
3. Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю. Моделирование производственного потенциала компании на основе концепции стохастической границы. Методология и эмпирический анализ // Вестник РГНФ. — 2014. — № 4. — С. 90-102.
4. Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю. Моделирование производственного потенциала компании с учетом ее интеллектуального капитала. — М.: ЦЭМИ РАН, 2011. — 77 с.
5. Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Руденко В. А. Некоторые вопросы спецификации трехфакторных моделей производственного потенциала компании, учитывающих интеллектуальный капитал // Прикладная эконометрика. — 2012. — №3(27). — С. 36-69.
6. Бадалов Л. М., Чайникова Л. Н. Система управления и резервы повышения конкурентного потенциала региона // Качество. Инновации. Образование. — 2011. — №2. — С. 58-62.
7. Болезни органов пищеварения // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/B12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/07-14-2.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/B12_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/07-14-2.htm), свободный. Загл. с экрана (дата обращения: июль 2014).

8. Болезни сердечно-сосудистой системы // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosminzdrav.ru/documents/6686-statisticheskaya-informatsiya>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения: июль 2014).
9. Валовый региональный продукт. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели : стат. сб. / Росстат. — М., 2012. — 990 с.
10. Высшие учебные заведения региона. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://aeer.cctpu.edu.ru> (дата обращения: июль 2014).
11. Естественный прирост населения в расчете на 1000 населения. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012. [Электронный ресурс]. URL: <http://cbsd.gks.ru>. Загл. с экрана (дата обращения: июль 2014).
12. Инженерные вузы. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://aeer.cctpu.edu.ru> (дата обращения: июль 2014).
13. Инновационная активность организаций. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 г. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-15.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-15.htm). Загл. с экрана (дата обращения: янв. 2014).
14. Каплан Р. С., Нортон Д. П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. — М.: Олимп-Бизнес, 2005. — 350 с.
15. Корицкий А. В. Влияние человеческого капитала и других факторов производства на доходы населения в регионах России // Креативная экономика. — 2009. — № 2 (26). — С. 90-98.
16. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Социальное моделирование — новый компьютерный прорыв. Агент-ориентированные модели. — М.: Экономика, 2013. — 295 с.
17. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Бахтизина Н. В. Вычислимая модель экономики знаний // Экономика и математические методы. — 2009. — №1. — С. 70-82.
18. Младенческая смертность. Число детей, умерших до 1 года, на 1000 родившихся. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/B12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/03-11.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/B12_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/03-11.htm). Загл. с экрана (дата обращения: июль 2014).
19. Некоторые инфекционные и паразитарные болезни. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/B12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/07-14-1.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/B12_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/07-14-1.htm). Загл. с экрана (дата обращения: июль 2014).
20. Поступление патентных заявок и выдача охранных документов. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 / Росстат. — М., 2012. — 990 с.
21. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении (2012) [Электронный ресурс]. URL: <http://cbsd.gks.ru>. Загл. с экрана (дата обращения: июль 2014).
22. Среднегодовая численность занятых. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели : стат. сб. / Росстат. — М., 2012. — 900 с.
23. Стоимость основных фондов. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012 : стат. сб. / Росстат. — М., 2012. — 990 с.
24. Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, по категориям. 2012 // Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-03-1.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-03-1.htm). Загл. с экрана (дата обращения: янв. 2014).
25. Aigner D. J., Lovell C. A. K., Schmidt P. (1977): Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
26. Battese, Coelli (1988). Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data // *Journal of Econometrics*. Vol. 38. P. 387-399.
27. Kumbhakar S., Lovell K. (2004). *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge U.P., p. 86.
28. Leibenstein H. (1966). Allocative efficiency vs. "X-efficiency". *American Economic Review*. June, p. 392-415.

### Информация об авторах

**Макаров Валерий Леонидович** (Москва, Россия) — академик РАН, директор ЦЭМИ РАН, зав. кафедрой математической экономики ГАУГН (117418 Москва. Нахимовский проспект, 47. ЦЭМИ РАН, e-mail: [makarov@cemi.rssi.ru](mailto:makarov@cemi.rssi.ru)).

**Айвазян Сергей Арутюнович** (Москва, Россия) — доктор физико-математических наук, профессор, зам. директора ЦЭМИ РАН (117418 Москва. Нахимовский проспект, 47. ЦЭМИ РАН, e-mail: [aivazian@cemi.rssi.ru](mailto:aivazian@cemi.rssi.ru)).

**Афанасьев Михаил Юрьевич** (Москва, Россия) — доктор экономических наук, зав. лабораторией ЦЭМИ РАН, профессор кафедры математической экономики ГАУГН, (117418 Москва. Нахимовский проспект, 47. ЦЭМИ РАН, e-mail: [miafan@cemi.rssi.ru](mailto:miafan@cemi.rssi.ru)).

**Бахтизин Альберт Рауфович** (Москва, Россия) — доктор экономических наук, зав. лабораторией ЦЭМИ РАН, профессор кафедры математической экономики ГАУГН (117418 Москва. Нахимовский проспект, 47. ЦЭМИ РАН, e-mail: [albert.bakhtizin@gmail.com](mailto:albert.bakhtizin@gmail.com)).

**Нанавян Ашхен Мардировна** (Москва, Россия) — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник ЦЭМИ РАН, доцент кафедры математической экономики ГАУГН (; 117418 Москва. Нахимовский проспект, 47. ЦЭМИ РАН, e-mail: [ashchenn@mail.ru](mailto:ashchenn@mail.ru)).

V. L. Makarov, S. H. Aivazyan, M. Yu. Afanasiev, A. R. Bakhtizin, A. M. Nanavyan

## The Estimation Of The Regions' Efficiency Of The Russian Federation Including The Intellectual Capital, The Characteristics Of Readiness For Innovation, Level Of Well-Being, And Quality Of Life

On the basis of the authors' methodology, the models of productive potential of the Russian Federation regions, including estimations of intellectual capital, were constructed. It is shown that characteristics of well-being level and quality of life make a significant impact on the regional production's efficiency. The characteristics of regions' readiness to innovate are identified, it is possible to name it as a factor of production's efficiency. It is shown that the inclusion of different factors of efficiency in the production potential model can significantly increase the differentiation of technical efficiency estimates, besides these estimates and their grades depend on a set of efficiency's factors. On the basis of a comparison of real GRP and boundary GRP ratings, it is identified locally effective regions with a relatively high estimation of efficiency among regions with similar amounts of GRP and locally ineffective regions. It is calculated marginal effects of influence of the efficiency's factors on the result of industrial activity in the region. It seems constructively to use these estimates while analyzing the prospects for regions' development, which is based on the possibility of targeting impact on controllable efficiency's factors. The article is also offered the option of methodology of the public policy efficiency estimation on the knowledge economy formation — an agent-based model for Russia, which is learning the "knowledge economy" sector and considering their relationship with the rest of the macroeconomic system.

**Keywords:** region, production potential, efficiency, factors of the efficiency, an agent-based model, the reproduction of the scientific potential

### References

1. Ayvazyan, S. A. (2012). *Analiz kachestva i obraza zhizni naseleniya: ekonometriceskii podkhod [Analysis of quality and mode of life of the population: econometric approach]*. Moscow, Nauka, 402.
2. Ayvazyan, S. A., Afanasyev, M. Yu. & Rudenko, V. A. (2014). Otsenka effektivnosti regionov RF na osnove modeli proizvodstvennogo potentsiala s kharakteristikami gotovnosti k innovatsiyam [Assessment of efficiency of regions of the Russian Federation on the basis of the production potential model with characteristics to be ready for innovations]. *Ekonomika i matematicheskie metody [Economics and mathematical methods]*, Vol. 50, 4, 53-91.
3. Ayvazyan, S. A. & Afanasyev, M. Yu. (2014). Modelirovanie proizvodstvennogo potentsiala kompanii na osnove kontseptsii stokhasticheskoy granitsy. Metodologiya i empiricheskiy analiz [Development of production capacity of the company on the basis of the stochastic frontier concept. Methodology and empirical analysis]. *Vestnik RGNF, [Bulletin of the Russian Foundation for Humanities]*, 4, 90-102.
4. Ayvazyan, S. A. & Afanasyev, M. Yu. (2011). *Modelirovanie proizvodstvennogo potentsiala kompanii s uchytom eyo intellektualnogo kapitala [Modeling of the company's production capacity taking into account its intellectual capital]*. Moscow, TSEMI RAN [Central Economics and Mathematics Institute, RAS], 77.
5. Ayvazyan, S. A. & Rudenko, V. A. (2012). Nekotoryye voprosy spetsifikatsii tryokhfaktornykh modeley proizvodstvennogo potentsiala kompanii, uchityvayushchikh intellektualnyy kapital [Some questions of the specification of the three-factorial models of the company's production capacity calculating intellectual capital]. *Prikladnaya ekonometrika [Applied econometrics]*, 3(27), 36-96.
6. Badalov, L. M. & Chaynikova, L. N. (2011). Sistema upravleniya i rezervy povysheniya konkurentnogo potentsiala regiona [Control system and reserves of the region's competitive capacity increase]. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie [Quality. Innovations. Education]*, 2, 58-62.
7. Bolezni organov pishchevareniya [Diseases of digestive organs]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012. [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]*. Available at: [http://www.gks.ru/bgd/regl/B12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/07-14-2.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/B12_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/07-14-2.htm) (date of access: July 2014).
8. Bolezni serdechno-sosudistoy sistemy [Heart disease]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012. [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]*. Available at: <http://www.rosminzdrav.ru/documents/6686-statisticheskaya-informatsiya> (date of access: July, 2014).
9. Valovyy regionalnyy produkt. 2012 [Gross regional product. 2012] (2012). *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli: stat. sb. [Regions of Russia. Socio-economic indicators: collection of articles]*. Rosstat, Moscow, 990.
10. Vysshieye uchebnyye zavedeniya regiona. 2012. [Higher educational institutions of a region. 2012]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012. [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]*. Available at: <http://aeer.cctpu.edu.ru> (date of access: July, 2014).
11. Yestestvennyy prirost naseleniya v raschyote na 1000 naseleniya. 2012. [Natural increase of the population calculating to 1000 people. 2012]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012. [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]*. Available at: <http://cbsd.gks.ru> (date of access: July, 2014).
12. Inzhenernyye vuzy. 2012 [Engineering higher education institutions. 2012]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012 [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]*. Available at: <http://aeer.cctpu.edu.ru> (date of access: July, 2014).
13. Innovatsionnaya aktivnost organizatsiy. 2012. [Innovation activity of organizations. 2012]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012. [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]*. Available at: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-15.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-15.htm) (date of access: Jan., 2014).
14. Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (2005). *Sbalansirovannaya sistema pokazateley. Ot strategii k deystviyu [Balanced system of indicators. From strategy to work]*. Moscow, Olimp-Business Publ., 350.
15. Koritskiy, A. V. (2009). Vliyaniye chelovecheskogo kapitala i drugikh faktorov proizvodstva na dokhody naseleniya v regionakh Rossii [Influence of the human capital and other production factors on the income of the population in regions of Russia]. *Kreativnaya ekonomika [Creative economy]*, 2(26), 90-98.

16. Makarov, V. L. & Bakhtizin, A. R. (2013). *Sotsialnoye modelirovanie — novyy kompyuternyy proryv. Agent-orientirovannyye modeli* [Social modeling — new computer breakthrough. The agent-focused models]. Moscow, Ekonomika [Economics Publ.], 295.
17. Makarov, V. L., Bakhtiziin, A. R. & Bakhtizina, N. V. (2009). Vychislimaya model ekonomiki znaniy [Computable model of knowledge-based economy]. *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and mathematical methods], 1, 70-82.
18. Mladencheskaya smertnost. Chislo detey, umershikh do odnogo goda, na 1000 rodivshiksy. 2012 [Infantile mortality. Number of children died before 1 year on 1000 been born. 2012]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012* [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]. Available at: [http://www.gks.ru/bgd/regl/B12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/03-11.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/B12_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/03-11.htm) (date of access: July, 2014).
19. Nekotoryye infektsionnyye i parazitarnyye bolezni. 2012 [Some infectious and parasitic diseases. 2012]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012* [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]. Available at: [http://www.gks.ru/bgd/regl/B12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/07-14-1.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/B12_14p/IssWWW.exe/Stg/d01/07-14-1.htm) (date of access: July, 2014).
20. Postuplenie patentnykh zayavok i vydacha okhrannykh dokumentov. 2012 [Receipt of patent applications and release of security documents. 2012]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012* [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]. Rosstat, Moscow, 990.
21. Ozhidayemaya prodolzhitel'nost zhizni pri rozhdenii (2012) [The expected life expectancy at the birth]. Available at: <http://cbsd.gks.ru> (date of access: July, 2014).
22. Srednegodovaya chislennost zanyatuykh [Average annual number of employed]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli: stat. sb.* [Regions of Russia. Socio-economic indicators: collection of articles]. Rosstat, Moscow, 900.
23. Stoimost osnovnykh fondov. 2012 [Fixed assets value]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012: stat. sb.* [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012: collection of articles]. Rosstat, Moscow, 990.
24. Chislennost personala, zanyatogo nauchnymi issledovaniyami i razrabotkami, po kategoriyam. 2012 [Staff number according to categories occupied with scientific research and development]. *Regiony Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2012* [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2012]. Available at: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-03-1.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_14p/IssWWW.exe/Stg/d03/22-03-1.htm). (date of access: Jan., 2014).
25. Aigner, D. J., Lovell, C. A. K. & Schmidt, P. (1977): Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
26. Battese, Coelli (1988). Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data. *Journal of Econometrics*. Vol. 38, 387-399.
27. Kumbhakar, S. & Lovell, K. (2004). *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge U.P., 86.
28. Leibenstein, H. (1966). Allocative efficiency vs. "X-efficiency". *American Economic Review*. June, 392-415.

### Information about the authors

**Makarov Valeriy Leonidovich** (Moscow, Russia) — Academician, Director of CEMI RAS, Head of the Department of Mathematical Economics of SAUHS (47, Nakhimovky av., Moscow, 117418, e-mail: makarov@cemi.rssi.ru).

**Ayvazyan Sergey Arutyunovich** (Moscow, Russia) — Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Deputy Director of CEMI RAS (47, Nakhimovky av., Moscow, 117418, e-mail: aivazian@cemi.rssi.ru).

**Afanasyev Mikhail Yuryevich** (Moscow, Russia) — Doctor of Economics, Head of the Laboratory of CEMI RAS, Professor of Department of Mathematical Economics of SAUHS (47, Nakhimovky av., Moscow, 117418, e-mail: miafan@cemi.rssi.ru).

**Bakhtizin Albert Raufovich** (Moscow, Russia) — Doctor of Economics, Head of the Laboratory of CEMI, Professor of Department of Mathematical Economics of SAUHS (47, Nakhimovky av., Moscow, 117418, e-mail: albert.bakhtizin@gmail.com).

**Nanavyan Ashkhen Mardirosovna** (Moscow, Russia) — PhD of Economics, Senior Researcher of CEMI RAS, Associate Professor of Department of Mathematical Economics of SAUHS (47, Nakhimovky av., Moscow, 117418, e-mail: ashchenn@mail.ru).