

УДК 330.43:332.1

## ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Касимова Т.М.**

*ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала,  
e-mail: taisa.kasimova@mail.ru*

Измерение инновационного потенциала имеет огромное значение при подготовке программ развития регионов с учетом эффективности использования инновационных ресурсов. В большинстве случаев мониторинг инновационного потенциала представляет собой оценку системы показателей, отражающих инновационное развитие определенной территории. При этом существуют проблемы, связанные с различными подходами к определению понятия «инновационный потенциал». В работе проанализированы и выделены существенные из них. Построены эконометрические модели и модели на прямые математические расчеты. В первом случае выявлены динамические тенденции изменения ресурсного потенциала регионов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов за 2005, 2010 и 2016 гг. с помощью эконометрических моделей различных видов. При этом удалось определить влияние на валовой региональный продукт различных видов ресурсного потенциала. Рассчитаны основные статистические характеристики для оценки статистической значимости уравнений регрессии. Оцениваются предельная эффективность показателей-факторов и коэффициенты эластичности. Во втором случае осуществлена оценка показателей научной, кадровой, технической, информационно-коммуникационной составляющей и финансово-экономического потенциалов регионов Северо-Кавказского федерального округа. Построенная при этом компьютерная модель позволяет сравнивать их значения в различные периоды.

**Ключевые слова:** методы математического моделирования, параметры и статистические характеристики эконометрической модели, модели на прямые расчеты, инновационный потенциал, регионы Южного и Северо-Кавказского федеральных округов

## ASSESSMENT OF INNOVATIVE POTENTIAL OF REGIONS BY METHODS OF MATHEMATICAL MODELLING

**Kasimova T.M.**

*Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: taisa.kasimova@mail.ru*

Measurement of innovative potential has huge value by preparation of programs of development of regions taking into account efficiency of use of innovative resources. In most cases monitoring of innovative potential represents assessment of system of the indicators reflecting innovative development of a certain territory. At the same time there are problems connected with various approaches to definition of the concept «innovative potential». In work are analysed and allocated essential of them. Econometric models and models on direct mathematical calculations are constructed. In the first case dynamic tendencies of change of resource capacity of regions of the Southern and North Caucasian federal districts for 2005, 2010 and 2016 by means of econometric models of different types are revealed. At the same time it was succeeded to define influence on a gross regional product of different types of resource potential. The main statistical characteristics for assessment of the statistical importance of the equations of regression are calculated. The marginal efficiency of indicators factors and coefficients of elasticity are estimated. In the second case assessment of indicators scientific, personnel, technical, by an information and communication component and financial and economic capacities of regions of the North Caucasian Federal District is carried out. The computer model constructed at the same time allows to compare their values during various periods.

**Keywords:** methods of mathematical modeling, parameters and statistical characteristics of econometric model, models of direct calculations, innovative potential, regions of the Southern and North Caucasian federal districts

Объединяя основные авторские подходы к определению содержания экономической категории «инновационный потенциал», можно выделить следующие:

- мера способности и готовности экономической системы к внедрению инноваций;
- ресурсный – совокупность ресурсов экономической системы для осуществления инновационной деятельности. То есть комплекс ресурсов, в числе которых выделяют кадры, финансы, материально-техническую базу и др. В некоторых работах – сумма названных потенциалов;
- совокупность не ресурсов, а возможностей экономической системы использо-

вать эти ресурсы. Этот подход тесно связан с предыдущим [1, 2].

Ресурсный потенциал региона – это совокупность различных видов ресурсов, которыми располагает в определенный момент регион и возможности которых могут быть использованы для достижения стратегических целей регионального развития [3, 4].

При оценке ресурсного потенциала наиболее важными являются следующие его составляющие: производственный потенциал, трудовой потенциал, образовательный потенциал, научно-технический потенциал и т.д.

Целью настоящего исследования является разработка математической и компьютерной моделей для оценки инновационного потенциала регионов.

В первой части исследования осуществляется выявление динамических тенденций изменения показателей ресурсного потенциала регионов ЮФО и СКФО в 2005, 2010 и 2016 гг. с помощью методов эконометрического моделирования. Для этого необходимо разработать математическую модель, перевести ее на компьютерную основу, и на ее основе провести оценку полученных результатов.

Для этой цели рассчитаны основные статистические характеристики (коэффициент детерминации, F-критерия Фишера и др.), позволяющие оценивать качество построенных уравнений регрессии и статистическую значимость параметров уравнений.

Связи и зависимости в экономике можно изучить разными методами. Наиболее эффективным методом является выявление и оценка связей и зависимостей с помощью эконометрических уравнений.

Пространственными данными называется совокупность информации, которая характеризует различные объекты, однако полученная за один и тот же период или момент времени [5].

Пространственные данные являются выборочной совокупностью из некоторой генеральной совокупности. В настоящем исследовании в качестве таких данных выбраны данные регионов ЮФО и СКФО РФ за 2005, 2010 и 2016 гг.

Математически уравнение регрессии имеет вид

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_p),$$

$Y$  – величина результативного показателя (зависимой переменной),

$x_1, x_2, \dots, x_p$  – величины 1-го, 2-го, ...,  $p$ -го показателей-факторов (независимых переменных) [5, 6].

В качестве результативного показателя выбран  $y$  – валовый региональный продукт (тыс. руб.), а показателей-факторов  $x_1$  – среднегодовая численность занятых в экономике (тыс. чел.),  $x_2$  – стоимость основных производственных фондов (тыс. руб.),  $x_3$  – выпуск специалистов с высшим образованием (тыс. чел.),  $x_4$  – общие затраты на технологические инновации (тыс. руб.).

Нами построены зависимости линейного, степенного видов. Коэффициенты этих зависимостей имеют экономическое истолкование.

В табл. 1–4  $a, b$  – параметры уравнения;  $t_a, t_b$  –  $t$ -критерии Стьюдента;  $Se_y$  – стандартная ошибка  $y$ ;  $r^2$  – коэффициент детерминации;  $F$  – критерий Фишера;  $df$  – число степеней свободы. Согласно табл. 1 модели линейного и степенного видов в 2005, 2010 и 2016 гг. соответственно имеют вид

$$y = -10,58 + 0,14x_1, \quad (1)$$

$$y = -28,53 + 0,35x_1, \quad (2)$$

$$y = -65,02 + 0,69x_1, \quad (3)$$

$$y = 2,91 * x_1^{1,11}, \quad (4)$$

$$y = 1,92 * x_1^{1,15}, \quad (5)$$

$$y = 1,16 * x_1^{1,08}. \quad (6)$$

В линейных уравнениях коэффициент перед  $x$  показывает предельную эффективность показателя-фактора. В моделях (1–3) при увеличении численности занятых в экономике на 1 тыс. чел. ВРП увеличивается на 0,14 млрд руб. (140 млн руб.) в 2005 г.; в 2010 г. – на 0,35 млрд руб. (350 млн руб.); в 2016 г. – на 0,69 млрд руб. (690 млн руб.), т.е. в каждую пятилетку этот показатель увеличивается в 2 раза.

**Таблица 1**

Параметры и статистические характеристики зависимости ВРП от среднегодовой численности занятых в экономике, полученные по данным регионов СКФО и ЮФО за 2005, 2010 и 2016 гг.

		$a$	$b$	$t_a$	$t_b$	$Se_y$	$r^2$	$F$	$df$
2005	линейн	-10,58	0,14	0,7	18,75	17,74	0,97	351,71	10
	степ	2,91	1,11	0,08	30,64	0,14	0,99	938,96	10
2010	линейн	-28,53	0,35	17,2	20,04	43,21	0,98	401,42	10
	степ	1,92	1,15	0,23	29,19	0,14	0,98	852,14	10
2016	линейн	-65,02	0,69	49,94	13,81	124,46	0,95	190,6	10
	степ	1,16	1,08	0,38	17,52	0,23	0,97	306,94	10

Коэффициент при  $x_1$  в моделях степенного вида является коэффициентом эластичности. Согласно уравнениям (4)–(6) увеличение среднегодовой численности занятых в экономике на 1% приводит к увеличению ВРП на 1,1% как в 2005, так и в 2010, 2016 гг. То есть отзывчивость результативного признака на изменение трудового потенциала слабая.

Параметр  $b$  статистически значим во всех моделях, параметр  $a$  – в линейной зависимости в 2010 и 2016 гг. Индексы детерминации в табл. 1 высокие и показывают, что вариация ВРП в СКФО и ЮФО в рассматриваемые годы на 95–99% зависит от изменения среднегодовой численности занятых в экономике. Критические значения F-критерия Фишера превышают табличное значение, которое равно 241,8. Это свидетельствует о статистической значимости построенных уравнений.

Построим уравнения зависимости ВРП от стоимости основных фондов по тем же показателям. Результаты представлены в табл. 2.

Согласно табл. 2 модели линейного и степенного видов в 2005, 2010 и 2016 гг. соответственно имеют вид

$$y = -6,99 + 0,36x_2, \quad (7)$$

$$y = -20,02 + 0,43x_2, \quad (8)$$

$$y = -0,65 + 0,43x_2, \quad (9)$$

$$y = 1,39 * x_2^{1,04}, \quad (10)$$

$$y = 1,06 * x_2^{0,89}, \quad (11)$$

$$y = 0,43 * x_2^{0,94}. \quad (12)$$

Согласно моделям (7)–(9) при увеличении стоимости основных фондов на 1 млн руб. ВРП увеличивается на 360 млн руб. в 2005 г.; в 2010 и в 2016 гг. – на 0,43 млрд руб. (430 млн руб.).

Согласно рассчитанным значениям t-критерия Стьюдента параметр  $b$  статистически значим во всех моделях, параметр  $a$  – в линейной зависимости в 2010 и 2016 гг. Индексы детерминации высокие и показывают, что вариация ВРП в СКФО и ЮФО в рассматриваемые годы на 96–99% зависит от стоимости основных фондов. Критические значения F-критерия Фишера превышают табличное значение, что свидетельствует о статистической значимости построенных уравнений.

В уравнениях (10)–(12) при увеличении стоимости основных фондов на 1% ВРП увеличивается на 1,1% в 2005, 0,01 в 2010, 0,94 в 2016 гг. То есть отзывчивость результативного признака на изменение производственного потенциала слабая.

Построим уравнения зависимости ВРП от выпуска специалистов с высшим образованием. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 2

Параметры и статистические характеристики зависимости ВРП от стоимости основных фондов, полученные по данным регионов СКФО и ЮФО за 2005, 2010 и 2016 гг.

		$a$	$b$	$t_a$	$t_b$	$Se_y$	$r^2$	$F$	$df$
2005	линейн	-6,99	0,36	3,01	45,68	7,37	0,99	2086,40	10
	степ	1,39	1,04	0,20	27,31	0,16	0,99	745,59	10
2010	линейн	-20,02	0,43	17,69	19,14	45,17	0,97	366,44	10
	степ	1,06	0,89	0,39	14,80	0,28	0,96	219,04	10
2016	линейн	-0,65	0,43	19,45	33,65	52,15	0,99	1132,29	10
	степ	0,43	0,94	0,37	15,80	0,25	0,96	249,68	10

Таблица 3

Параметры и статистические характеристики зависимости ВРП от выпуска специалистов с высшим образованием, полученные по данным регионов СКФО и ЮФО за 2005, 2010 и 2016 гг.

		$a$	$b$	$t_a$	$t_b$	$Se_y$	$r^2$	$F$	$df$
2005	линейн	-20,86	16,04	17,46	8,23	38,25	0,87	67,81	10
	степ	1,74	1,33	0,17	14,43	0,29	0,95	208,18	10
2010	линейн	-72,86	42,47	46,55	7,88	103,23	0,86	62,08	10
	степ	2,34	1,45	0,28	9,05	0,44	0,89	81,87	10
2016	линейн	-66,04	130,58	118,86	5,48	278,52	0,75	30,05	10
	степ	4,04	1,35	0,20	8,35	0,46	0,87	69,71	10

$$y = -20,86 + 16,04x_3, \quad (13)$$

$$y = -72,86 + 42,47x_3, \quad (14)$$

$$y = -66,04 + 130,58x_3, \quad (15)$$

$$y = 1,74 * x_3^{1,33}, \quad (16)$$

$$y = 2,34 * x_3^{1,45}, \quad (17)$$

$$y = 4,04 * x_3^{1,35}. \quad (18)$$

Согласно моделям (13)–(18) параметры  $a$  и  $b$  статистически значимы во всех случаях. Индекс детерминации высокий, это говорит о сильной связи между показателями. Критические значения F-критерия Фишера превышают табличное значение, что свидетельствует о статистической значимости построенных уравнений.

В уравнениях (16)–(18) увеличение выпуска специалистов с высшим образованием на 1% приводит к увеличению ВРП на 1,3% как в 2005, так и в 2010, 2016 гг. То есть отзывчивость результативного признака на изменение образовательного потенциала слабая. Это может быть связано с тем, что воздействие выбранного фактора на результативный показатель запаздывает во времени. В таких ситуациях целесообразнее строить модели с распределенным лагом.

В табл. 4 представлены результаты построения зависимости ВРП от общих затрат на технологические инновации.

Согласно табл. 4 модели линейного и степенного видов в 2005, 2010 и 2016 гг. соответственно имеют вид

$$y = 59,73 + 0,03x_4, \quad (19)$$

$$y = 150,55 + 0,04x_4, \quad (20)$$

$$y = 275,09 + 0,02x_4, \quad (21)$$

$$y = 1,58 * x_4^{0,47}, \quad (22)$$

$$y = 2,47 * x_4^{0,38}, \quad (23)$$

$$y = 3,92 * x_4^{0,26}. \quad (24)$$

Рассматривая зависимость ВРП от показателя научно-технического потенциала получены следующие результаты: при увеличении затрат на технологические инновации на 1% ВРП увеличивается на 0,5; 0,4 и 0,3% соответственно в 2005, 2010 и 2016 гг.

Согласно табл. 4 в моделях (19)–(24) параметры  $a$  и  $b$  статистически значимы. Согласно значениям индекса детерминации для модели (21) вариация результативного показателя лишь на 30% объясняется выбранным показателем-фактором, для остальных моделей его значение колеблется в диапазоне 50–70%. Критические значения F-критерия Фишера превышают табличное значение, что свидетельствует о статистической значимости построенных уравнений.

Таким образом, разработанные модели (1)–(24) позволяют оценивать зависимость ВРП от различных видов ресурсного потенциала в 2005, 2010, 2016 гг.

Вторая часть исследования посвящена разработке математической и компьютерной моделей на прямые расчеты для анализа инновационного потенциала регионов. Для этого введем следующие обозначения исходных данных:

ЧП – численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками; ЧЗ – численность занятых в экономике; ЧД – численность докторов, кандидатов, докторантов, аспирантов; РВЧЗ – доля работников с высшим образованием в численности занятых в экономике; ЧС – численность студентов; ИОФ – степень износа основных фондов; ООФ – коэффициент обновления основных фондов; ОФ – стоимость основных фондов; ИОК – инвестиции в основной капитал; ВРП – валовый региональный продукт; ЗН – внутренние затраты на научные исследования и разработки; ОИИ – доля организаций, использовавших интернет, в общем числе организаций, использовавших ИКТ; ЗИКТ – затраты на ИКТ; ЧПК – число ПК на 100 работников; ЧА – доля числа абонентов сотовой связи в численности населения.

**Таблица 4**

Параметры и статистические характеристики зависимости ВРП от общих затрат на технологические инновации, полученные по данным регионов СКФО и ЮФО за 2005, 2010 и 2016 гг.

		$a$	$b$	$t_a$	$t_b$	$Se_y$	$r^2$	$F$	$df$
2005	линейн	59,73	0,03	29,96	2,04	89,68	0,61	4,15	10
	степ	1,58	0,47	0,47	5,29	0,71	0,74	27,95	10
2010	линейн	150,55	0,04	94,15	1,05	263,07	0,45	1,10	10
	степ	2,47	0,38	0,78	2,94	0,97	0,46	8,65	10
2016	линейн	275,09	0,02	161,19	1,76	487,05	0,34	3,10	10
	степ	3,92	0,26	0,47	3,56	0,86	0,56	12,71	10

Обозначим также систему показателей оценки инновационного потенциала региона.

Показатели научного потенциала:

Н1 – коэффициент, который показывает долю численности персонала, занятого исследованиями и разработками, в численности занятых в экономике;

Н2 – коэффициент, который показывает отношение численности докторов, кандидатов, докторантов, аспирантов к численности занятых в экономике.

Показатели кадрового потенциала:

К1 – коэффициент, показывающий долю работников с высшим образованием в численности занятых в экономике;

К2 – коэффициент, показывающий отношение численности студентов вузов к численности занятых в экономике.

Показатели технического потенциала:

Т1 – коэффициент годности основных фондов;

Т2 – коэффициент обновления основных фондов;

Т3 – фондовооруженность труда.

Показатели информационно-коммуникационной составляющей (ИКС):

И1 – коэффициент, показывающий долю организаций, использовавших интернет, в общем числе организаций, использовавших ИКТ;

И2 – коэффициент, который показывает отношение затрат на ИКТ к ВРП;

И3 – число персональных компьютеров на 100 работников;

И4 – коэффициент, показывающий долю числа абонентов сотовой связи в численности населения.

Показатели финансово-экономического потенциала:

Э1 – коэффициент, показывающий отношение объемов инвестиций в основной капитал к ВРП;

Э2 – коэффициент, показывающий отношение внутренних затрат на исследования и разработки к ВРП.

Математическая модель для анализа инновационного потенциала региона имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{Н1} &= \text{ЧП/ЧЗ}; & \text{Э1} &= \text{ИОК/ВРП}; \\ \text{Н2} &= \text{ЧД/ЧЗ}; & \text{Э2} &= \text{ЗН/ВРП}; \\ \text{К1} &= \text{РВЧЗ/100}; & \text{И1} &= \text{ОИИ/100}; \\ \text{К2} &= \text{ЧС/ЧЗ}; & \text{И2} &= \text{ЗИКТ/ВРП}; \\ \text{Т1} &= 1 - (\text{ИОФ}/100); & \text{И3} &= \text{ЧПК/100}; \\ \text{Т2} &= \text{ООФ}/100; & \text{И4} &= \text{ЧА}. \\ \text{Т3} &= \text{ОФ/ЧЗ}; \end{aligned}$$

По этой модели рассчитаны показатели инновационного потенциала регионов Северо-Кавказского федерального округа. Результаты представлены в табл. 5.

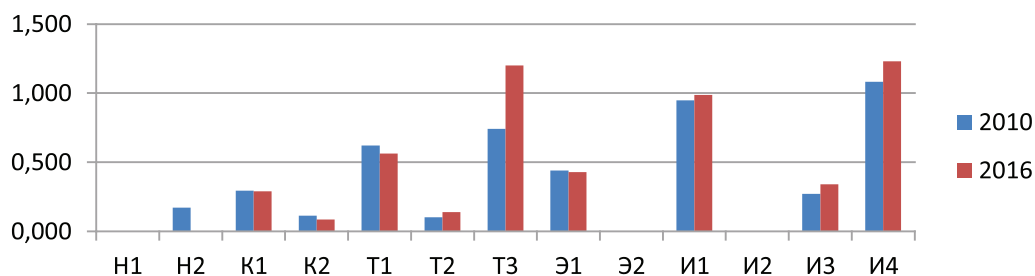
Согласно табл. 5 в регионах СКФО в 2016 г. наблюдается низкая эффективность использования научного потенциала. Фондовооруженность труда – показатель технического потенциала – свидетельствует об эффективности использования производственных фондов во всех регионах.

Построенная компьютерная модель позволяет рассчитывать показатели инновационного потенциала в различные периоды. Например, наглядно сравнить показатели инновационного потенциала РД позволяет диаграмма на рисунке.

**Таблица 5**

Показатели инновационного потенциала регионов СКФО по данным за 2016 г.

	Республика Дагестан	Республика Ингушетия	Кабардино-Балкарская Республика	Карачаево-Черкесская Республика	Республика Северная Осетия – Алания	Чеченская Республика	Ставропольский край
Н1	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002
Н2	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002
К1	0,290	0,253	0,300	0,358	0,422	0,194	0,341
К2	0,085	0,116	0,068	0,077	0,100	0,089	0,079
Т1	0,564	0,515	0,603	0,553	0,485	0,506	0,524
Т2	0,138	0,138	0,081	0,138	0,023	0,138	0,101
Т3	1,199	0,943	0,733	0,982	0,691	1,132	1,056
Э1	0,429	0,034	0,265	0,221	0,206	0,435	0,231
Э2	0,002	0,001	0,005	0,006	0,004	0,002	0,002
И1	0,988	0,899	0,789	0,862	0,834	0,973	0,935
И2	0,003	0,064	0,004	0,008	0,006	0,003	0,008
И3	0,340	0,450	0,400	0,390	0,360	0,400	0,430
И4	1,231	1,284	1,445	1,339	1,486	1,337	1,583



*Показатели инновационного потенциала РД по данным за 2010 и 2016 гг.*

Таким образом, разработанные в рамках настоящего исследования математические и компьютерные модели являются эффективным инструментом анализа инновационного потенциала регионов.

### Список литературы

1. Магомедгаджиев Ш.М. Анализ динамики и прогнозирование показателей инновационной деятельности и информатизации регионов СКФО // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12–7. – С. 1492–1497.
2. Скурихина Е.В. Инвестиционно-инновационный потенциал региона: сущность, содержание, факторы со-

стояния и развития // *Молодой ученый*. – 2012. – № 3. – С. 192–195.

3. Касимова Т.М., Алиева Р.М. Оценка ресурсного потенциала сельскохозяйственных предприятий с помощью корреляционно-регрессионного анализа (на примере хозяйств Хунзахского района республики Дагестан) // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 4–1. – С. 166–169.

4. Мерещенко О.Ю. Методические подходы к оценке ресурсного потенциала региона / Е.А. Бессонова, О.Ю. Мерещенко // *Вопросы региональной экономики*. – 2016. – № 4(29). – С. 17–25.

5. Елисеева И.И. *Эконометрика: учебник для магистров*. – М.: Проспект, 2012. – 288 с.

6. *Эконометрика: учебник* / Под ред. В.С. Мхитаряна. – М.: Проспект, 2009. – 384 с.