

Е. Ю. Лискина, А. С. Андреев

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В статье предложено статистическое обоснование для построения многомерной регрессионной модели промышленного потенциала регионов России. Предполагается, что объяснёнными переменными (эндогенные характеристики) промышленного потенциала являются валовой региональный продукт на душу населения и величина ввода основных фондов обрабатывающих производств на душу населения. Для исследования выбран период с 2010 по 2016 год. Выявлены статистически значимые факторы производственного, финансового, трудового и инфраструктурного потенциалов региона, влияющие на эндогенные характеристики промышленного потенциала. Выяснилось, что на ВРП на душу населения статистически значимое влияние оказывают стоимость основных фондов обрабатывающих производств на душу населения, фондоотдача обрабатывающих производств, объём иностранных инвестиций на душу населения и доля занятых в обрабатывающих производствах в общей численности занятых. На ввод основных фондов на душу населения статистически значимое влияние оказывают степень износа основных фондов обрабатывающих производств, доля инвестиций в валовой региональный продукт, мощность электростанций. Оценены коэффициенты уравнений множественной линейной регрессии и их статистические характеристики в каждом году указанного периода наблюдений. Представлена динамика коэффициентов детерминации полученных уравнений. Предложен план дальнейших исследований, позволяющих выявить региональные различия в развитии промышленного потенциала регионов России.

*интегральный индекс; коэффициент детерминации; множественная линейная регрессия; промышленный потенциал; эконометрическое моделирование*

**Введение.** В современных работах по экономической теории показано, что устойчивость экономики региона к кризисам напрямую зависит от состояния его промышленности<sup>1</sup>. Совокупность экономических факторов, определяющих состояние и возможности развития промышленного сектора экономики региона, называют промышленным потенциалом региона<sup>2</sup>. Оценка промышленного потенциала региона является весьма актуальной задачей, так как её решение позволяет выявить проблемы, мешающие обеспечить вклад промышленности региона в формирование его стратегической конкурентоспособности, и определить перспективы дальнейшего экономического развития<sup>3</sup>.

А. О. Ларионовым наиболее полно проанализированы различные подходы к определению промышленного потенциала региона, предложена структурная схема его компонентов<sup>4</sup>. Т. Г. Смирновой была выполнена оценка промышленного потенциала субъектов Федерации Северо-Западного федерального округа с использованием методологии интегральных индексов в период с 2005 по 2010 год<sup>5</sup>. Интегральные индексы, как правило, используют при построении рейтингов регионов в разрезе определённых критериев<sup>6</sup>. Недостаток этой методологии состоит в том, что

---

<sup>1</sup> См.: Нешитой А. С. Оценка промышленного потенциала России и уровня его использования (императив модернизации промышленного производства) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 29 (266). С. 16–20.

<sup>2</sup> См.: Смирнова Т. Г. Оценка промышленного потенциала региона (на примере Вологодской области) // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 12. URL : <http://web.snauka.ru/issues/2012/12/19140> (дата обращения: 23.09.2018).

<sup>3</sup> См.: Ларионов А. О. Оценка промышленного потенциала региона // Проблемы развития территорий. 2015. Вып. 2 (78). С. 45.

<sup>4</sup> См. там же. С. 47–55.

<sup>5</sup> См.: Смирнова Т. Г. Оценка промышленного потенциала региона (на примере Вологодской области) // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 12. URL : <http://web.snauka.ru/issues/2012/12/19140> (дата обращения: 23.09.2018).

<sup>6</sup> См.: Рейтинговое агентство RAEX-аналитика : офиц. сайт. URL : <https://raex-a.ru/> (дата обращения: 06.01.2019).

в ней отсутствует оценка степени влияния показателей, входящих в интегральный индекс, на величину последнего. Для устранения этого недостатка и построения корректного рейтинга рекомендуется изучить степень влияния каждого показателя, входящего в интегральный индекс, а также их совместное воздействие на него <sup>7</sup>. Более того, по нашему мнению, построение математической модели взаимовлияния экономических показателей, входящих в интегральный индекс, позволяет выделить управляемые (эндогенные) и управляющие (экзогенные) параметры, а впоследствии принимать обоснованные управленческие решения, направленные на развитие промышленного потенциала конкретного региона. Таким образом, задачей настоящего исследования является статистическое обоснование математической модели взаимного влияния экономических факторов, определяющих промышленный потенциал регионов Российской Федерации.

**Отбор факторов для исследования.** В качестве эндогенных целевых переменных мы выбрали следующие экономические показатели:

$Y_1$  — ВРП (валовой региональный продукт) на душу населения (млн руб. / тыс. чел.),

$Y_2$  — величина ввода основных фондов обрабатывающих производств на душу населения (млн руб. / тыс. чел.).

Валовой региональный продукт на душу населения является одним из стандартных показателей уровня социально-экономического развития региона <sup>8</sup>. Величина ввода основных фондов обрабатывающих производств на душу населения отражает развитие обрабатывающей промышленности в регионе <sup>9</sup>.

Экзогенные факторы промышленного потенциала региона мы отобрали на основе исследований Т. Г. Смирновой <sup>10</sup> (см. табл. 1) за период с 2010 по 2016 год, при этом к показателям человеческого потенциала добавили долю занятых в обрабатывающих производствах в общей численности занятых (%), а из факторов инфраструктурного потенциала убрали протяженность внутренних водных судоходных путей (км), так как с 2010 года данные об этом показателе Федеральная служба государственной статистики не публикует.

Таблица 1

Факторы, определяющие промышленный потенциал региона

№ п/п	Обозначение переменной	Экономический показатель	Единица измерения	Потенциал
1.	$X_1$	Стоимость основных фондов обрабатывающих производств на душу населения	тыс. руб. / тыс. чел.	Производственный
2.	$X_2$	Доля организаций, выполнявших исследования и разработки, в общей численности организаций	-	
3.	$X_3$	Фондоотдача обрабатывающих производств	-	
4.	$X_4$	Степень износа основных фондов обрабатывающих производств	%	
5.	$X_5$	Доля инвестиций в ВРП	%	Финансовый
6.	$X_6$	Объём иностранных инвестиций на душу населения	тыс. руб. / тыс. чел.	
7.	$X_7$	Объём инвестиций в основной капитал обрабатывающих производств на душу населения	тыс. руб. / тыс. чел.	
8.	$X_8$	Внутренние затраты на научные исследования и разработки по отношению к ВРП	—	
9.	$X_9$	Численность персонала, занятого исследованиями и разработками, на 100 тыс. чел.	—	Человеческий

<sup>7</sup> См.: Лесюнина А. В. Система рекомендаций по формированию рейтинга промышленного потенциала регионов ЦФО России // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2018. № 8. URL : <http://ekonomika.snauka.ru/2018/08/16195> (дата обращения: 08.10.2018).

<sup>8</sup> См.: Нешитой А. С. Оценка промышленного потенциала России и уровня его использования ... С. 15–18.

<sup>9</sup> См.: Смирнова Т. Г. Оценка промышленного потенциала региона (на примере Вологодской области).

<sup>10</sup> См.: Смирнова Т. Г. Оценка промышленного потенциала региона (на примере Вологодской области).

10.	$X_{10}$	Доля работников с высшим образованием в общей численности занятых	%	Инфраструктурный
11.	$X_{11}$	Доля работников со средним профессиональным образованием в общей численности занятых	%	
12.	$X_{12}$	Доля занятых в обрабатывающих производствах в общей численности занятых	%	
13.	$X_{13}$	Плотность железнодорожных путей общего пользования	км на 10 тыс. км <sup>2</sup> территории	
14.	$X_{14}$	Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием	км на 1 тыс. км <sup>2</sup> территории	
15.	$X_{15}$	Мощность электростанций	млн кВт	
<i>Примечание.</i> Составлено на основе исследований Т. Г. Смирновой и собственных предположений авторов.				

Затем по данным Федеральной службы государственной статистики нами был собран статистический материал за период с 2010 по 2016 год <sup>11</sup>. Был проведён множественный регрессионный анализ отдельно по каждому частному потенциалу — производственному <sup>12</sup>, финансовому, человеческому и инфраструктурному (см. табл. 1), выявлены статистически значимые факторы, влияющие на эндогенные переменные  $Y_1$  и  $Y_2$ .

Выяснилось, что на переменную  $Y_2$  (ВРП на душу населения) статистически значимое влияние оказывают факторы  $X_1$  (стоимость основных фондов обрабатывающих производств на душу населения),  $X_3$  (фондоотдача обрабатывающих производств),  $X_6$  (объём иностранных инвестиций на душу населения) и  $X_{12}$  (доля занятых в обрабатывающих производствах в общей численности занятых). На переменную  $Y_1$  (ввод основных фондов на душу населения) статистически значимое влияние оказывают факторы  $X_1$ ,  $X_4$  (степень износа основных фондов обрабатывающих производств),  $X_5$  (доля инвестиций в ВРП),  $X_{12}$  и  $X_{15}$  (мощность электростанций).

**Статистическое обоснование модели множественной линейной регрессии.** В данной работе предлагается степень совместного влияния отобранных значимых факторов на исследуемые эндогенные переменные  $Y_1$  и  $Y_2$ . С этой целью был выполнен корреляционный анализ для перечисленных факторов и оценены коэффициенты и статистические характеристики следующих уравнений множественной линейной регрессии в каждом году рассматриваемого периода:

$$Y_1 = a_0 + a_1 X_1 + a_3 X_3 + a_6 X_6 + a_{12} X_{12} + \varepsilon_1, \quad t = \overline{2010; 2016}, \quad (1)$$

$$Y_2 = b_0 + b_1 X_1 + b_4 X_4 + b_5 X_5 + b_{12} X_{12} + b_{15} X_{15} + \varepsilon_2, \quad t = \overline{2010; 2016}. \quad (2)$$

Для вычислений использовалась надстройка «Анализ данных» табличного процессора MS Excel. Расчёты проводились на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . После идентификации коэффициентов уравнений множественной линейной регрессии (1) и (2) были получены представленные в таблице 2 следующие результаты:

1) отобранные факторы  $X_1$ ,  $X_3$ ,  $X_6$ ,  $X_{12}$  на протяжении рассматриваемого периода совместно оказывают стабильно высокое влияние на переменную  $Y_1$  (ВРП на душу населения), за исключением посткризисного 2010 года, в котором незначимой стала переменная  $X_6$  (объём иностранных инвестиций на душу населения);

2) совместное влияние отобранных факторов  $X_1$ ,  $X_4$ ,  $X_5$ ,  $X_{12}$ ,  $X_{15}$  на переменную  $Y_2$  (ввод основных фондов на душу населения) различно для каждого года рассматриваемого периода; в каждом году меняется состав значимых факторов, при этом влияние всех факторов резко ослабевает в кризисном 2014 году и в следующем за ним 2015 году.

<sup>11</sup> См.: Регионы России. Социально-экономические показатели : стат. сб. 2010–2018 гг. / Федер. служба гос. статистики. URL : [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138623506156](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156) (дата обращения: 04.01.2019).

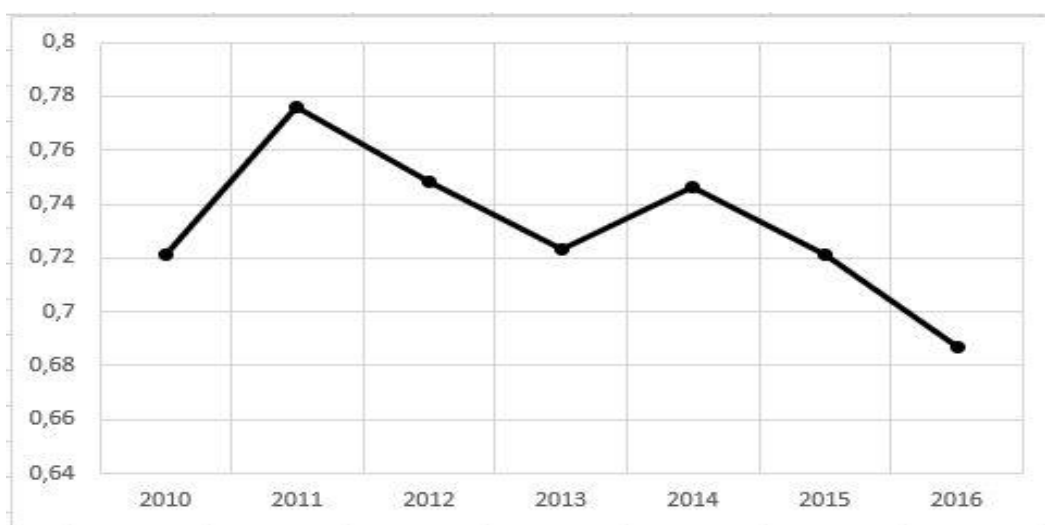
<sup>12</sup> См.: Андреев А. С., Лискина Е. Ю. Моделирование влияния факторов производственного потенциала на экономическое развитие регионов России // Математика и естественные науки. Теория и практика : межвуз. сб. науч. тр. Ярославль : Яросл. гос. техн. ун-т, 2019. Вып. 14. С. 117–122.

Динамика статистически значимых факторов для переменных  $Y_1$  и  $Y_2$  и коэффициентов детерминации  $R^2$ 

Год	Показатель $Y_1$		Показатель $Y_2$		
	$R^2$ для всех факторов	значимые факторы	$R^2$ для всех факторов	значимые факторы	$R^2$ для значимых факторов
2010	0,721	$X_1, X_3, X_{12}$	0,712	$X_1, X_4, X_5, X_{15}$	0,712
2011	0,776	$X_1, X_3, X_6, X_{12}$	0,808	$X_1, X_4$	0,79
2012	0,748	$X_1, X_3, X_6, X_{12}$	0,845	$X_1, X_4, X_5$	0,831
2013	0,723	$X_1, X_3, X_6, X_{12}$	0,791	$X_1, X_5, X_{12}, X_{15}$	0,781
2014	0,746	$X_1, X_3, X_6, X_{12}$	0,294	$X_5, X_{12}$	0,239
2015	0,721	$X_1, X_3, X_6, X_{12}$	0,347	$X_5, X_{12}, X_{15}$	0,345
2016	0,687	$X_1, X_3, X_6, X_{12}$	0,609	$X_1, X_4$	0,584

Собственные расчёты авторов

Динамика коэффициентов детерминации представлена на рисунках 1 и 2.

Рис. 1. Динамика коэффициента детерминации  $R^2$  для уравнения (1)Рис. 2. Динамика коэффициентов детерминации  $R^2$  для уравнения (2) и для уравнения, содержащего только значимые факторы

**Заключение.** На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Большинство факторов, предложенных Т. Г. Смирновой<sup>13</sup> для составления интегрального рейтинга регионов по уровню развития промышленного потенциала в рассматриваемый период времени (2010–2016 годы), не оказывают статистически значимого влияния на главный показатель уровня экономического развития — ВРП на душу населения. Это может быть связано с изменением структуры экономики после кризиса 2008–2009 годов. Поэтому необходимо увеличить набор статистически значимых факторов, воспользовавшись анализом, содержащимся в [2].

2. Уравнение (1) может быть использовано для дальнейшего исследования промышленного потенциала регионов России, в частности для изучения региональных различий в уровне развития промышленного потенциала регионов и выявления скрытых эффектов с использованием анализа панельных данных.

3. Исследование зависимости величины ввода основных фондов на душу населения ( $Y_2$ ), отвечающей за расширение и обновление промышленного производства, от факторов  $X_1, X_4, X_5, X_{12}, X_{15}$  является наиболее трудной задачей, так как требует изучения не только региональных различий и скрытых эффектов, но и временных эффектов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А. С., Лискина Е. Ю. Моделирование влияния факторов производственного потенциала на экономическое развитие регионов России // Математика и естественные науки. Теория и практика : межвуз. сб. науч. тр. — Ярославль : Яросл. гос. техн. ун-т, 2019. — Вып. 14. — С. 117–122.

2. Ларионов А. О. Оценка промышленного потенциала региона // Проблемы развития территорий. — 2015. — Вып. 2 (78). — С. 45–61.

3. Лесюнина А. В. Система рекомендаций по формированию рейтинга промышленного потенциала регионов ЦФО России // Экономика и менеджмент инновационных технологий. — 2018. — № 8. — URL : <http://ekonomika.snauka.ru/2018/08/16195> (дата обращения: 08.10.2018).

4. Нешиной А. С. Оценка промышленного потенциала России и уровня его использования (императив модернизации промышленного производства) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. — 2014. — № 29 (266). — С. 14–34.

5. Смирнова Т. Г. Оценка промышленного потенциала региона (на примере Вологодской области) // Современные научные исследования и инновации. — 2012. — № 12. — URL : <http://web.snauka.ru/issues/2012/12/19140> (дата обращения: 23.09.2018).

#### *Сведения об авторах*

**Лискина Екатерина Юрьевна** — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и методики преподавания математических дисциплин Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина.

Сфера научных интересов: качественная теория обыкновенных дифференциальных уравнений, математические модели в экономике.

Контактная информация: e-mail: [e.liskina@365.rsu.edu.ru](mailto:e.liskina@365.rsu.edu.ru)

**Андреев Артем Сергеевич** — магистрант Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина.

Сфера научных интересов: математические модели в экономике.

Контактная информация: e-mail: [artem.andreev@inbox.ru](mailto:artem.andreev@inbox.ru)

---

<sup>13</sup> См.: Смирнова Т. Г. Оценка промышленного потенциала региона (на примере Вологодской области).

## MATHEMATICAL MODELING OF THE INDUSTRIAL POTENTIAL OF RUSSIAN REGIONS

The article presents a statistical explanation of a multivariate regression model of the industrial potential of Russian regions. It is expected that endogenous variables of the industrial potential are gross regional product per capita, as well as the input value of fixed assets of the manufacturing industry per capita. The article investigates the period of 2010-2016. It focuses on statistically significant industrial potential, financial potential, labor potential, and infrastructure potential which influence endogenous characteristics of industrial potential. It turns out that gross regional product per capita is a statistically significant factor which influences the value of fixed assets of manufacturing industry per capita, foreign investments per capita, and employment rate. Statistical significance is attached to the depreciation of fixed assets, the amount of investments to gross regional product, energy production capacity. The article assesses regression coefficients of multiple linear regression equations and their statistical characteristics during every period. The article determines dynamic coefficients. It provides a plan of further research which will enable one to determine regional differences in the development of the industrial potential of Russian regions.

*integral index; coefficient; linear regression; industrial potential; econometric modeling*

### REFERENCES

1. Andreev A. S., Liskina E. Ju. Modeling the Impact of Industrial Potential Factors on the Economic Development of Russian Regions. *Matematika i estestvennye nauki. Teorija i praktika* [Mathematics and Natural Sciences. Theory and Practice. Interuniversity Collection of Scientific Papers]. Yaroslavl, Yaroslavl State Technical University, 2019, iss. 14, pp. 17–122. (In Russian).
2. Larionov A. O. Assessing the Industrial Potential of a Region. *Problemy razvitiya territorij* [Territorial Development Issues]. 2015, iss. 2 (78), pp. 45–61. (In Russian).
3. Lesjunina A. V. A System of Recommendations on the Formation of the Industrial Potential Rating of the Regions of the Central Federal District of Russia. *Jekonomika i menedzhment innovacionnyh tehnologij* [Economics and Management of Innovation and Technology]. 2018, no 8. (In Russian). Available at : <http://ekonomika.snauka.ru/2018/08/16195> (accessed 08.10.2018).
4. Neshitov A. S. Assessing Russian Industrial Potential and the Level of its Application (Modernization Imperative of Industrial Manufacturing). *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Safety]. 2014, no. 29 (266), pp. 14–34. (In Russian).
5. Smirnova T. G. Assessing the Industrial Potential of a Region (at the Example of the Vologda Region). *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii* [Modern Scientific Research and Innovations]. 2012, no. 12. (In Russian). Available at : <http://web.snauka.ru/issues/2012/12/19140> (accessed 23.09.2018).

### *Information about the authors*

**Liskina Ekaterina Yuryevna** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor in the Department of Mathematics and Mathematics Teaching Methodology at Ryazan State University named for S.A. Yesenin.

Research interests: qualitative theory of ordinary differential equations, mathematical models in economy.  
Contact information: e-mail: [e.liskina@365.rsu.edu.ru](mailto:e.liskina@365.rsu.edu.ru)

**Andreev Artem Sergejevich** — Postgraduate student at Ryazan State University named for S. A. Yesenin.  
Research interests: mathematical models in economics.  
Contact information: e-mail: [artem.andreev@inbox.ru](mailto:artem.andreev@inbox.ru)

*Поступила в редакцию 25.03.2019*

*Received 25.03.2019*