

УДК 338

Дата: поступления статьи / Submitted: 30.05.2019
после рецензирования / Revised: 25.06.2019
принятия статьи / Accepted: 28.07.2019



Научная статья / Scientific article

А.Ю. Трусова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: al_sun@mail.ru

Ю.А. Литвинова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: al_sun@mail.ru

Изучение сферы образования средствами эконометрического моделирования

Аннотация: В статье была исследована сфера образования Приволжского федерального округа средствами эконометрического моделирования; установлен факт невозможности использования множественных линейных моделей для прогнозирования показателей. С целью расчета прогнозных значений были изучены нелинейные модели в условиях малого объема выборки.

Ключевые слова: Приволжский федеральный округ, сфера образования, эконометрическое моделирование, линейные и нелинейные модели, расчет прогнозных значений.

Цитирование. Трусова А.Ю., Литвинова Ю.А. Изучение сферы образования средствами эконометрического моделирования // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2019. Т. 10. № 3. С. 71–78.

A.Yu. Trusova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: al_sun@mail.ru

Ju.A. Litvinova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: al_sun@mail.ru

Study of the field of education by econometric modeling

Abstract: In this work, the sphere of education of the Volga Federal District was studied using econometric modeling. The fact that the impossibility of using multiple linear models to predict indicators is established. In order to calculate the predicted values, nonlinear models were studied under conditions of a small sample size.

Key words: Volga Federal District, education, econometric modeling, linear and non-linear models, calculation of forecast values.

Citation. Trusova A.Yu., Litvinova Ju.A. Study of the field of education by econometric modeling. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2019, vol. 10, no. 3, pp. 71–78. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Алла Юрьевна Трусова – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Юлия Александровна Литвинова – магистр I курса, специальность «Бизнес-информатика», Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Alla Yu. Trusova – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Julia A. Litvinova – 1st year Master's Degree student, specialty in Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Ориентация национальной политики сконцентрирована на решении вопросов, затрагивающих социально-экономическую сторону жизни общества. С этой целью анализируется большое количество показателей, к которым принадлежат уровень занятости и безработицы, а также данные, которые определяют демографическое положение государства. Сфера образования – одна из самых важных, и показатели данной отрасли исследуются государственными органами, им оказывается особое внимание [1].

Среднегодовая численность занятых в образовании составляет 5525 тысяч человек, что составляет 7,7 % от общего числа. Согласно официальным данным, более чем в 100 тыс. организаций сферы образования учится 30 млн человек. На содержание сферы образования обществом направляются большие ресурсы – главным образом бюджетные средства. Расходы консолидированного бюджета на образование можно охарактеризовать данными, представленными на рис. 1.

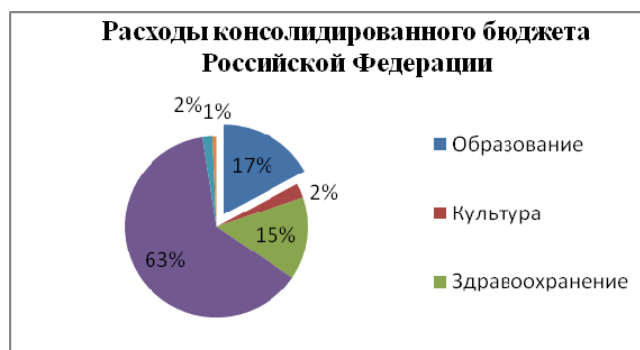


Рис. 1 – Расходы консолидированного бюджета РФ по отраслям за 2017 год
Fig. 1 – Consolidated budget expenditures of the Russian Federation by industry for 2017

Как видно и диаграммы, на сферу образования в России в 2017 году потрачено 17 %, что составляет 3264,2 млрд руб.

Доля расходов на образование к ВВП Российской Федерации колеблется на уровне 3,5 %.

Приволжский федеральный округ имеет достаточно высокие позиции во многих отраслях жизни, в том числе в сфере образования. Для последующего развития округа необходимо заниматься развитием сферы образования, как так она влияет на другие области жизни общества в целом [2].

Широкий спектр методов социально-экономической статистики позволяет анализировать как отдельные показатели, так и группы показателей разных сфер жизни общества. Углубленный аналитический подход к изучению сферы образования достигается применением математических методов. Среди различных групп математических методов особое место занимают методы, позволяющие не только проводить точечную оценку, но и делать прогноз [3]. Методология эконометрического моделирования обеспечивает решение групп задач, таких как определение степени влияния факторов, формы связи между показателями.

Ход исследования

В современной научной литературе широко представлены в настоящее время результаты использования эконометрического моделирования, и это научное направление можно охарактеризовать как постоянно развивающуюся область науки, которая занимается анализом социально-экономических данных. В свою очередь, эконометрический подход в анализе показателей – это инструмент, помогающий определить количественную меру взаимосвязи экономических процессов [4].

Математический инструментарий эконометрического моделирования достаточно полно отражен в научной литературе [5]. Линейная модель в регрессионном анализе выглядит как

$$y = \sum_{i=1}^k \beta_j * \varphi(x_i) + \varepsilon, \quad (1)$$

где $\varphi(x_j)$ – некоторая функция от $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$; ε – случайная величина.

Модель множественной линейной регрессии имеет вид, выраженный формулой

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i. \quad (2)$$

Общий вид нелинейной зависимости представлен соотношением

$$Y = Cx_1^{\alpha_1} * x_2^{\alpha_2}. \quad (3)$$

Для анализа сферы образования Приволжского федерального округа из статистического сборника были взяты следующие показатели [6]:

X_1 – численность населения, тыс. чел.;

X_2 – численность рабочей силы, тыс. чел.;

X_3 – уровень безработицы, %;

X_4 – изменение среднегодовой численности занятых, %;

X_5 – количество профессиональных образовательных организаций, которое складывается из частных и государственных, шт.;

X_6 – число выпускников профессиональных образовательных организаций, тыс. чел.;

X_7 – число преподавателей профессиональных образовательных организаций, тыс. чел.;

X_8 – количество высших учебных заведений, шт.;

X_9 – число выпускников высших учебных заведений, которое складывается из бакалавров и магистров, тыс. чел.;

X_{10} – число преподавателей высших учебных заведений, тыс. чел.;

X_{11} – инновационная активность организаций, %, обозначающая удельный вес организаций, осуществлявших технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе обследованных организаций;

X_{12} – инвестиции в сферу образования, млн руб.

Таким образом, показатели образования сформированы в многомерные таблицы размерностью 14 x 12, где 14 – это количество субъектов Приволжского федерального округа.

Учитывая малый объем выборки, не представляется возможным построение множественных моделей, однако применение аппарата в эконометрике позволяет выявлять особенности в формах зависимости.

Особый интерес представляет собой изучение зависимостей между инвестициями и числом учебных заведений, между численностью рабочей силы и числом выпускников учебных заведений; между числом выпускников профессиональных образовательных организаций и численностью населения, а также между числом выпускников высших учебных заведений и численностью населения.

При изучении множественной линейной модели, в которой инвестиции в сферу образования напрямую зависят от числа учебных заведений, доказана невозможность применения данного вида зависимости для этих показателей.

После проведения эконометрического анализа были получены значения регрессионной статистики и дисперсионного анализа. По этим данным, первоначально можно сделать вывод, что между признаками отмечается достаточно тесная линейная связь, так как коэффициент корреляции равен 0,88. Коэффициент детерминации, равный 0,77, показывает, что вариация инвестиций в образование объясняется вариацией фактора числа учебных заведений на 77 %.

Степенная зависимость между показателями представлена в модели, где в качестве зависимой переменной выступает показатель численности рабочей силы. Число выпускников профессиональных и высших учебных заведений играет роль объясняющих переменных.

В связи с тем что анализируется ограниченный объем выборки и наблюдается мультиколлинеарность по субъектам, вид зависимости был определен в ходе изучения корреляционных полей. На первом шаге изучался вид зависимости между зависимой переменной и с каждой объясняющей по отдельности. Зависимость численности рабочей силы с числом выпускников профессиональных организаций представлена на рис. 2.

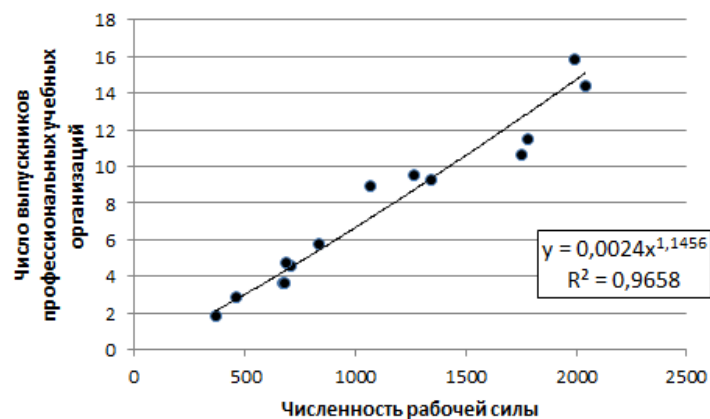


Рис. 2 – Зависимость от числа выпускников профессиональных учебных организаций
 Fig. 2 – Dependence on the number of graduates of professional educational organizations

На втором шаге для выбора второй объясняющей переменной производилось сравнение между оставшимися показателями. Наиболее информативным оказался показатель числа выпускников высших учебных заведений. Полученные данные представлены на рис. 3.

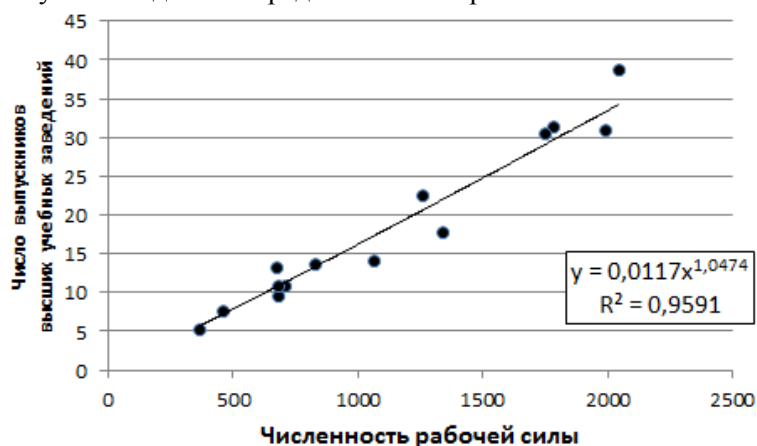


Рис. 3 – Зависимость от числа выпускников высших учебных заведений
 Fig. 3 – Dependence on the number of graduates of higher educational institutions

После выбора объясняющих переменных и определения вида модели в работе выполнен переход от нелинейной степенной модели к линейному виду уравнения. Для этого необходимо значения всех переменных прологарифмировать. Аналогично первой модели проводится регрессионный анализ данных по значениям других выбранных в исследовании показателей. В частности, при изучении зависимости фактора численности рабочей силы от числа выпускников профессиональных образовательных организаций и высших учебных заведений соответственно были получены данные по регрессионной статистике и дисперсионному анализу, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Регрессионная статистика второй модели
 Table 1 – Regression statistics of the second model

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,992119
R-квадрат	0,984299
Нормированный R-квадрат	0,981445
Стандартная ошибка	0,075426
Наблюдения	14

Анализируя коэффициент детерминации, видим, что 98 % вариации фактора численности рабочей силы объясняется вариацией факторов X_1 и X_2 – числа выпускников профессиональных образовательных организаций и высших учебных заведений соответственно. Установлено, что параметры регрессии являются статистически значимыми.

Так как исходные данные были прологарифмированы, чтобы получить значение коэффициента a , необходимо к табличному значению коэффициента Y -пересечения применить функцию экспоненты.

Коэффициенты при переменных X_1 и X_2 остаются без изменений, так как данные показатели имеют степенную зависимость с зависимой переменной.

В результате получено уравнение, которое выражено формулой

$$Y = 88,45 * X_1^{0,53} * X_2^{0,43}. \quad (4)$$

Полученная форма связи позволяет провести оценку прогнозных значений.

Анализируя графики остатков по каждой из переменных, можно сделать вывод о наличии автокорреляции и гетроскедастичности. На рис. 4 и 5 представлены графики остатков для переменных X_1 и X_2 соответственно.

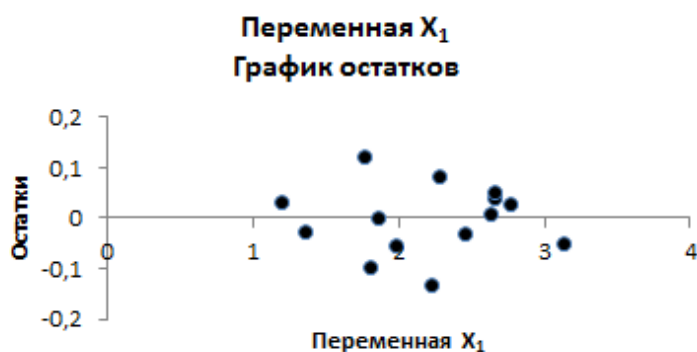


Рис. 4 – График для переменной «число выпускников профессиональных учебных организаций»
Fig. 4 – Graph for the variable number of «graduates of professional educational organizations»



Рис. 5 – График для переменной «число выпускников высших учебных заведений»
Fig. 5 – Graph for the variable number of «graduates of higher educational institutions»

Полученные графики свидетельствуют об отсутствии автокорреляции и гетроскедастичности. Так как данным свойственна гомоскедастичность, это исключает принятие неверных выводов о значимости параметров. Отсутствие автокорреляции позволяет считать, что построенная регрессионная модель является качественной.

Эконометрический анализ данных имеет ряд признаков, которые отвечают за качество построенной модели. Одним из признаков хорошей модели является ее простота. Суть данного свойства – это возможность использования модели для прогнозирования.

В изучаемой модели анализируется влияние нескольких объясняющих переменных на зависимую переменную. Возникают случаи, когда достаточно проанализировать влияние только одного признака-фактора на результирующий признак. Тогда возможно использование парных линейных моделей.

В работе парные линейные модели рассматриваются в двух случаях. Объясняющий показатель постоянен – численность населения, а зависимые переменные различаются. Первоначально в роли зависимой переменной Y выступает численность выпускников профессиональных образовательных организаций. В результате анализа установлено, что между признаками наблюдается достаточно тесная линейная связь, так как коэффициент корреляции равен 0,98. Согласно коэффициенту детерминации, 97 % вариации числа выпускников профессиональных учебных организаций объясняется вариацией фактора X – численности населения.

Полученные оценки уравнения регрессии в целом и коэффициента при объясняющей переменной позволяют использовать данную модель для прогнозирования зависимой переменной для поздних временных периодов с помощью выражения.

$$Y = 0,003X - 0,49. \quad (5)$$

Кроме того, в работе проводился анализ зависимости между результативным признаком Y и признаком-фактором X . Переменная Y обозначает число выпускников высших учебных заведений, а переменная X отвечает за численность населения субъекта Приволжского федерального округа.

Установлено, что 92 % вариации числа выпускников высших учебных заведений выражается вариацией фактора X – численности населения, описанной соотношением

$$Y = 0,0089X - 0,65. \quad (6)$$

Таким образом, при проведении эконометрического анализа была получена степенная модель, выраженная формулой (4), которая может использоваться для прогноза такого важного показателя, как численность рабочей силы на дальнейшие периоды. В таблицах 2, 3 и 4 представлены прогнозные значения и их погрешности для численности рабочей силы. Средняя погрешность внутри Приволжского федерального округа составляет от 27–33 % в зависимости от периода.

Таблица 2 – Таблица расчета прогноза и погрешности за 2014 год
Table 2 – Table of the calculation of the forecast and errors for 2014

Субъект ПФО	2014			Погрешность
	$Y_{\text{теор}}$	$Y_{\text{пр}}$	ΔY	
Республика Башкортостан	1979	1583,11	395,8897	20,00 %
Республика Марий Эл	358	256,6649	101,3351	28,31 %
Республика Мордовия	452	382,8955	69,10447	15,29 %
Республика Татарстан	2057	1717,597	339,4034	16,50 %
Удмуртская Республика	823	640,2729	182,7271	22,20 %
Чувашская Республика	684	564,6453	119,3547	17,45 %
Пермский край	1284	947,1974	336,8026	26,23 %
Кировская область	679	520,4805	158,5195	23,35 %
Нижегородская область	1776	1347,566	428,4337	24,12 %
Оренбургская область	1042	885,9629	156,0371	14,97 %
Пензенская область	711	499,9007	211,0993	29,69 %
Самарская область	1758	1333,71	424,2902	24,13 %
Саратовская область	1261	1070,348	190,6523	15,12 %
Ульяновская область	652	509,3543	142,6457	21,88 %

Таблица 3 – Таблица расчета прогноза и погрешности за 2015 год
Table 3 – Table of calculation of the forecast and errors for 2015

Субъект ПФО	2015			Погрешность, %
	Y _{теор}	Y _{пр}	ΔY	
Республика Башкортостан	2017	1689,342	327,6575	16,24 %
Республика Марий Эл	359	254,0192	104,9808	29,24 %
Республика Мордовия	446	372,2211	73,77895	16,54 %
Республика Татарстан	2062	1959,519	102,4813	4,97 %
Удмуртская Республика	821	593,408	227,592	27,72 %
Чувашская Республика	671	526,4925	144,5075	21,54 %
Пермский край	1305	937,9298	367,0702	28,13 %
Кировская область	679	488,1617	190,8383	28,11 %
Нижегородская область	1764	1315,079	448,9213	25,45 %
Оренбургская область	1012	873,4465	138,5535	13,69 %
Пензенская область	702	523,9286	178,0714	25,37 %
Самарская область	1758	1339,542	418,4578	23,80 %
Саратовская область	1257	1108,023	148,9765	11,85 %
Ульяновская область	650	510,2241	139,7759	21,50 %

Таблица 4 – Таблица расчета прогноза и погрешности за 2016 год
Table 4 – Table of calculation of the forecast and errors for 2016

Субъект ПФО	2016			Погрешность, %
	Y _{теор}	Y _{пр}	ΔY	
Республика Башкортостан	2011	1565,756	445,2445	22,14 %
Республика Марий Эл	352	245,3949	106,6051	30,29 %
Республика Мордовия	443	338,4236	104,5764	23,61 %
Республика Татарстан	2058	1867,535	190,4655	9,25 %
Удмуртская Республика	806	638,5211	167,4789	20,78 %
Чувашская Республика	646	495,9062	150,0938	23,23 %
Пермский край	1313	928,9093	384,0907	29,25 %
Кировская область	680	458,7261	221,2739	32,54 %
Нижегородская область	1772	1260,782	511,2177	28,85 %
Оренбургская область	1012	836,6544	175,3456	17,33 %
Пензенская область	709	470,136	238,864	33,69 %
Самарская область	1759	1343,368	415,6316	23,63 %
Саратовская область	1242	1038,224	203,7765	16,41 %
Ульяновская область	653	455,7351	197,2649	30,21 %

В частности, наблюдается снижение численности рабочей силы для Самарского региона в среднем на 420 тысяч человек за исследуемый период. Это свидетельствует о тенденции снижения уровня экономического развития региона, следовательно, на региональном уровне необходимо на это обратить особое внимание.

Заключение

Научная литература, которая затрагивает область образования, содержит большое количество информации о функциях, особенностях показателей анализируемой отрасли, однако влияние показателей, характеризующих сферу образования, между собой и их влияние на другие сферы изучено недостаточно.

Таким образом, средствами многомерных математических методов, а именно эконометрического анализа, была выявлена отдельная связь между группами показателей Приволжского федерального округа. Эконометрический анализ позволил изучить возможные виды зависимостей одних показателей от ряда других и провести прогнозирование на дальнейшие периоды.

Библиографический список

1. Клячко Т.Л., Семионова Е.А. Вклад образования в социально-экономическое развитие регионов России // Экономика региона. 2018. Т. 14, Вып. 3. С. 791–805. DOI: <https://doi.org/10.17059/2018-3-8>.
2. Иванов В.Н., Овсиенко Ю.В., Сухова Н.Н. Социальная сфера России в 1999–2000-е годы (демографические проблемы) // Экономика и математические методы. 2014. Т. 50, № 2. С. 3–15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21689326>.
3. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М., Гуляева Т.И. Эконометрика. Москва: Финансы и статистика, 2017. 256 с.
4. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. Москва: Юнити, 2014. 1024 с.
5. Koenker R. Quantile regression. Cambridge: Cambridge university press. 2015. С. 34–36.
6. Россия в цифрах: краткий статистический сборник / Э.Ф. Баранов [и др.]; отв. ред. А.Е. Суринов. Москва, 2018. 522 с.

References

1. Klyachko T.L., Semionova E.A. Contribution of Education to the Socio-Economic Development of the Subjects of the Russian Federation. *Economy of Region*, 2018, vol. 14, issue 3, pp. 791–805. DOI: <https://doi.org/10.17059/2018-3-8>. (In Russ.)
2. Ivanov V.N., Ovsienko Yu.V., Sukhova N.N. Russian social sphere in 1990–2000 (demographic problems). *Economics and Mathematical Methods*, 2014, vol. 50, no. 2, pp. 3–15. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21689326>. (In Russ.)
3. Afanasiev V.N., Yuzbashev M.M., Gulyaeva T.I. Econometrics. Moscow: Finansy i statistika, 2017, 256 p. (In Russ.)
4. Ayvazyan S.A. Applied statistics and basics of econometrics. Moscow: Yuniti, 2014, 1024 p. (In Russ.)
5. Koenker R. Quantile regression. Cambridge: Cambridge university press, 2015, pp. 34–36.
6. Barinov E.F. [et al.] Russia in numbers: brief statistical compilation Surinov A.E. (Ed.). Moscow, 2018, 522 p. (In Russ.)