

Моделирование численности выпускников вузов для развития экономики Кемеровской области

Бобко Татьяна Владимировна

Ст. преп. каф. менеджмента и отраслевой экономики
ORCID: 0000-0003-4973-0189, e-mail: btv.27.nov@mail.ru

Ефремкова Татьяна Ивановна

Канд. экон. наук, доц. каф. менеджмента и отраслевой экономики
ORCID: 0000-0002-2718-0668, e-mail: efremkova@yandex.ru

Петрова Татьяна Викторовна

Д-р экон. наук, проф. каф. менеджмента и отраслевой экономики
ORCID: 0000-0002-5399-9060, e-mail: ptrvt@mail.ru

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация

В условиях инновационного развития экономики вопросы формирования кадрового и научно-исследовательского потенциала региона за счет выпускников местных университетов приобретают особую значимость. В статье выдвигается и подтверждается гипотеза о том, что ряд показателей социально-экономического развития Кемеровской области существенным образом влияют на численность выпускников региональных вузов, которую можно прогнозировать с учетом изменения этих показателей. С помощью созданной модели возможно изучать влияние каждого из аргументов модели на количество выпускников вузов, прогнозировать их динамику, обозначать целевые ориентиры для разработки управленческих решений в области регулирования численности молодых специалистов с высшим образованием (необходимых для экономики региона), а также формулировать задачи стратегического планирования и осуществлять оценку потенциала развития вуза. Результаты исследования могут быть использованы структурными подразделениями Правительства Кузнецкого угольного бассейна, руководством вузов и организаций Кемеровской области.

Ключевые слова

Эконометрическая модель, корреляционный анализ, региональные факторы, высшее образование, прогноз численности, статистические закономерности

Для цитирования: Бобко Т.В., Ефремкова Т.И., Петрова Т.В. Моделирование численности выпускников вузов для развития экономики Кемеровской области // Вестник университета. 2023. № 12. С. 72–84.



Modeling the number of university graduates for the development of the economy of the Kemerovo region

Tatyana V. Bobko

Senior Lecturer at the Management and Sectoral Economics Department
ORCID: 0000-0003-4973-0189, e-mail: btv.27.nov@mail.ru

Tatyana I. Efremkova

Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof. at the Management and Sectoral Economics Department
ORCID: 0000-0002-2718-0668, e-mail: efremkova@yandex.ru

Tatyana V. Petrova

Dr. Sci. (Econ.), Prof. at the Management and Sectoral Economics Department
ORCID: 0000-0002-5399-9060, e-mail: ptrvt@mail.ru

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Abstract

In the conditions of innovative economy development, the formation issues of the personnel and research potential of the region at the expense of local universities' graduates are of particular importance. The article puts forward and confirms the hypothesis that a number of socio-economic development indicators of Kemerovo region significantly affect the number of graduates of regional universities, which can be predicted considering changes in these indicators. With the help of the created model, it is possible to study the impact of each of the arguments of the model on the number of university graduates, predict their dynamics, identify targets for the management decisions development in the field of regulating the number of young specialists with higher education (necessary for the regional economy), as well as formulate strategic planning tasks and assess university development the potential. The results of the study can be used by structural divisions of the Government of Kuzbass, the leadership of universities and organizations of the Kemerovo region.

Keywords

Econometric model, correlation analysis, regional factors, higher education, population forecast, statistical patterns

For citation: Bobko T.V., Efremkova T.I., Petrova T.V. (2023) Modeling the number of university graduates for the development of the economy of the Kemerovo region. *Vestnik universiteta*, no. 12, pp. 72–84.



ВВЕДЕНИЕ

Необеспеченность квалифицированными кадрами считается главным препятствием в инновационном подъеме экономики Российской Федерации (далее – РФ). Проводимые в последние годы исследования в высокотехнологичных отраслях выявили дефицит молодых специалистов, нацеленных на инновационную профессиональную деятельность, владеющих современными знаниями, а также способных разрабатывать новейшее оборудование и внедрять технологические новации [1–3]. В связи с этим развитие системы высшего образования приобретает важное значение в повышении научно-технического и кадрового потенциала регионов РФ [4; 5].

Целью настоящего исследования является разработка эконометрической модели численности выпускников вузов для получения объективных данных, позволяющих прогнозировать количественное предложение квалифицированных кадров для рынка труда Кемеровской области. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) определить перечень социально-экономических факторов, оказывающих влияние на численность выпускников вузов;
- 2) сформировать эконометрическую модель, с помощью которой можно осуществлять прогноз численности выпускников вузов;
- 3) оценить качество построенной эконометрической модели.

Объектом исследования являются показатели социально-экономического развития Кемеровской области. Предметом исследования выступает гипотеза о влиянии социально-экономических показателей на численность выпускников вузов Кемеровской области. В статье применялись базовые методы исследования, такие как системный анализ, эконометрическое моделирование и математическая статистика с использованием современного программного инструментария.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В ближайшие годы в Кемеровской области динамика спроса на кадры с высшим образованием будет определяться инновационно ориентированным сценарием развития области [6]. В связи с этим обеспечение устойчивого роста региона на основе потенциала молодых специалистов приобретает особую актуальность [7; 8]. Ключевым элементом такого подхода является прогнозирование численности выпускников вузов.

Численность абитуриентов, поступающих в вузы Кемеровской области, в последние годы снижается. Это объясняется усложнением демографической ситуации в регионе и усилением образовательной миграции молодежи [9]. Обозначенная тенденция усугубляется наблюдаемым дисбалансом между спросом на трудовые ресурсы и их предложением на разных уровнях образования (среднее-профессиональное и высшее).

Благоприятные изменения возможны при условии создания инструментов управления образовательной структурой кадров, обеспечивающих согласование спроса и предложения молодых специалистов сферы высшего образования с задачами развития региональной экономики [10]. В частности, чтобы избежать квалификационного дисбаланса в Кемеровской области, необходимо предусмотреть модели, позволяющие оценить численность выпускников вузов в зависимости от изменения факторов внешней среды.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Теоретической базой исследования являются научные труды отечественных и зарубежных авторов.

Теория моделирования социально-экономических процессов получила развитие в научных трудах таких российских и зарубежных ученых, как С.В. Арженовский, Е.В. Балацкий, Е.А. Власова, Е.Н. Волкова, Н. Дрейпер, Р.В. Дума, А.А. Емельянов, Н.В. Карманов, Н.Б. Кобелев, А.И. Ниворожкина, Г. Смит, М.А. Юревич, D. Sandler, D. Gladyshev и др. [11–17].

Вопросам прогнозирования и моделирования численности выпускников вузов посвящены работы Ю.В. Балашовой, Ю.В. Бутриной, А.Е. Варшавского, Ю.А. Долгова, Е.В. Кочетковой, К.В. Кусковой, А.А. Кухлевского, С.Н. Малыгиной, А.А. Меньковой, Н.Н. Муравьевой, Д.Н. Халиулиной, К.Г. Храброва, Ю.Д. Шмидта и др. [18–25].

Вместе с тем в публикациях перечисленных исследователей недостаточно полно отражена методика решения задачи в области выявления статистических закономерностей численности выпускников вуза с точки зрения влияния на этот показатель социально-экономических факторов внешней среды: валового

регионального продукта (далее – ВРП); индекса промышленного производства (далее – ИПП); инвестиций в основной капитал; долей продукции высоко-технологичных и наукоемких отраслей в ВРП; объема инновационных товаров, работ, услуг и др.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для прогнозирования количества лиц с высшим образованием (бакалавров, специалистов, магистров), ежегодно выпускаемых в Кемеровской области (далее – КО), выделен ряд социально-экономических факторов, оказывающих влияние на уровень развития региона и, как следствие, на потребность в квалифицированных специалистах. Перечень анализируемых факторов с их условными обозначениями представлен в табл. 1.

Таблица 1

Состав анализируемых факторов

| Показатель | Символ | Объем выборки, ед. | Коэффициент корреляции с Y, доли ед. |
|---|-----------------|--------------------|--------------------------------------|
| Выпуск бакалавров, специалистов, магистров, тыс. чел. | Y | 13 | 1,000000 |
| Индекс промышленного производства КО, в % к предыдущему году | X ₁ | 10/13 | 0,867358/ 0,632126 |
| Инвестиции в основной капитал (в фактически действовавших ценах), млн руб. | X ₂ | 10/13 | -0,427033/ -0,625613 |
| Валовый региональный продукт, млн руб. | X ₃ | 10/13 | -0,936026/ -0,9438 |
| Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП КО, % | X ₄ | 11 | -0,00857 |
| Объем инновационных товаров, работ, услуг, млн руб. | X ₅ | 13 | -0,582493 |
| Индекс производительности труда КО, % | X ₆ | 13 | -0,156938 |
| Среднегодовая численность занятых в КО, тыс. чел. | X ₇ | 13 | 0,734329 |
| Среднемесячная номинальная заработная плата населения КО на конец года, руб. | X ₈ | 10 | -0,964852 |
| Удельный вес квалифицированных работников в общей численности работников в регионе, % | X ₉ | 6 | -0,433029 |
| Количество высокопроизводительных рабочих мест в КО, тыс. ед. | X ₁₀ | 4 | -0,7533 |
| Прирост высокопроизводительных рабочих мест в КО, в % к предыдущему году | X ₁₁ | 6 | 0,340001 |
| Коэффициент напряженности на рынке труда КО, ед. | X ₁₂ | 10 | -0,140915 |
| Численность студентов, обучающихся по программам высшего образования, тыс. чел. | X ₁₃ | 10 | 0,943486 |
| Уровень инновационной активности организаций, % | X ₁₄ | 11 | -0,233513 |
| Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, % | X ₁₅ | 11 | -0,392624 |
| Затраты на технологические инновации организаций, млн руб. | X ₁₆ | 10 | 0,151146 |
| Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, % | X ₁₇ | 1 | |
| Число организаций, осуществляющих инновационную деятельность, технологические, организационные или маркетинговые инновации, ед. | X ₁₈ | 11 | 0,246647 |
| Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, чел. | X ₁₉ | 8 | -0,103303 |
| Численность исследователей с учеными степенями, всего чел. | X ₂₀ | 8 | -0,750716 |

| Показатель | Символ | Объем выборки, ед. | Коэффициент корреляции с Y, доли ед. |
|---|----------|--------------------|--------------------------------------|
| Доктора наук, чел. | X_{21} | 8 | -0,839103 |
| Кандидаты наук, чел. | X_{22} | 8 | -0,700302 |
| Внутренние текущие затраты на приобретение оборудования для научных исследований и разработок, млн руб. | X_{23} | 5 | -0,37361 |
| Доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВРП, % | X_{24} | 5 | 0,201452 |
| Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в ВРП, % | X_{25} | 5 | 0,787747 |
| Затраты на инновационную деятельность организаций КО, млн руб. | X_{26} | 10 | -0,040978 |

Составлено авторами по материалам источника [26]

На первом этапе анализа для оценки степени взаимосвязи между результирующим показателем (выпуском бакалавров, специалистов, магистров) и прочими факторами рассчитаны парные коэффициенты корреляции. В процессе расчета обеспечивалось соответствие между количеством значений оцениваемых пар признаков. Поскольку количество наблюдений по разным показателям меняется от 4 до 13 значений, расчет коэффициентов корреляции осуществлялся поэтапно: от факторов с наименьшим количеством наблюдений к факторам с большим их количеством. Фактор X_{17} был исключен из анализа на первом же этапе, так как по нему зарегистрировано всего лишь одно значение (за 2019 г.).

Парный коэффициент корреляции между результирующим показателем и фактором X_{10} по четырем наблюдениям составляет $r_{YX_{10}} = -0,7533$. Несмотря на высокое по абсолютной величине значение коэффициента корреляции, в связи с малым объемом наблюдений оно является незначимым.

Оценка степени линейной взаимосвязи между количеством выпускников вузов КО и такими факторами, как текущие затраты на приобретение оборудования для научных исследований и разработок (X_{23}), доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВРП (X_{24}) и удельным весом инновационных товаров, работ, услуг в ВРП (X_{25}) по пяти наблюдениям, взятым в разные годы рассматриваемого периода, показала, что, как и в предыдущем случае, между рассматриваемыми факторами наблюдаются несущественные взаимосвязи, что при имеющих место отдельных и достаточно высоких по модулю абсолютных значениях показателей такие взаимосвязи могут быть обусловлены не только отсутствием взаимосвязей между факторами, но и малым объемом выборки.

Оценка парного коэффициента корреляции между Y и такими факторами, как X_9 и X_{11} , по 6 наблюдениям снова свидетельствует о несущественности влияния этих факторов на ежегодный выпуск квалифицированных кадров с высшим образованием. Вместе с тем между экзогенными факторами X_9 и X_{11} отмечается значимая обратная линейная зависимость ($r_{X_9X_{11}} = -0,8542$): чем больше удельный вес квалифицированных сотрудников в общей численности работников в регионе, тем меньше прирост высокопроизводительных рабочих мест в КО, что может объясняться как насыщением рынка, так и отсутствием инвестиций для расширения инновационной деятельности в регионе.

Анализ значений парных коэффициентов корреляции, рассчитанных по 8 наблюдениям (2010–2019 гг.), позволил сделать выводы о наличии существенной обратной взаимосвязи между Y и численностью исследователей с учеными степенями ($r_{XY_{20}} = -0,7507$), в том числе между Y и числом докторов наук в регионе ($r_{XY_{20}} = -0,8391$). В данном случае выявленная зависимость свидетельствует о двух основных тенденциях: с одной стороны, о старении преподавательских кадров, а другой – о стремлении профессорско-преподавательского состава в условиях уменьшения учебной нагрузки (из-за уменьшения количества обучающихся) повысить уровень заработной платы и конкурентоспособность за счет повышения квалификации.

Существенная взаимосвязь между общей численностью исследователей с учеными степенями (X_{20}), численностью докторов наук (X_{21}) ($r_{X_{20}X_{21}} = 0,9835$) и кандидатов наук (X_{22}) ($r_{X_{20}X_{22}} = -0,9963$) обусловлена взаимоопределяющим характером этих показателей.

По 10 наблюдениям (2010–2019 гг.) парные коэффициенты корреляции рассчитаны для шести факторов: X_1 , X_2 , X_3 , X_8 , X_{13} , X_{26} . Важным является коэффициент: $r_{XY_8} = -0,9649$, подтверждающий значимую обратную зависимость между результирующим показателем и уровнем номинальной

заработной платы в регионе. Взаимосвязь между этими факторами может быть интерпретирована различным образом. Например, количество выпускников вузов региона может выступать в качестве экзогенной переменной, тогда уменьшение значения этого фактора сопровождается ростом спроса со стороны предприятий на квалифицированные кадры и, как следствие, повышением средней заработной платы в регионе. С другой стороны, следует учитывать номинальный характер заработной платы. За период 2010–2019 гг. среднегодовой (геометрический) темп прироста номинальной заработной платы населения КО составил 9,79 % при среднегодовом официальном темпе инфляции в стране за этот период в размере 6,07 %. Поскольку фактические темпы инфляции, как правило, выше официальных можно предположить и обратный характер взаимодействия между рассматриваемыми показателями: неудовлетворенность населения КО низким уровнем заработной платы в сравнении с другими более развитыми регионами страны. Это приводит к уменьшению численности населения региона, а также к выезду абитуриентов из региона в целях получения высшего образования (далее – ВО) за его пределами.

Также анализ выявил сильную линейную взаимосвязь численности студентов КО, обучающихся по программам ВО, с такими факторами, как ИПП КО (X1) ($r_{X_{13}Y_1} = 0,7453$), ВРП (X3) ($r_{X_{13}Y_3} = -0,8565$), среднемесячная номинальная заработная плата населения КО (X8) ($r_{X_{13}Y_8} = -0,9337$).

Затраты на инновационную деятельность организаций КО (X26) практически не оказывают влияния на показатель Y:

Расчет коэффициента корреляции по десяти наблюдениям за другой период (2008–2017 гг.) между Y и коэффициентом напряженности на рынке труда КО (X12) показал, что между данными показателями имеется очень слабая обратная зависимость ($r_{XY_{12}} = -0,1409$): по мере уменьшения количества выпускников вузов напряженность на рынке труда возрастает. Однако эта зависимость является статистически незначимой и не может использоваться для построения прогнозной модели.

Аналогичные выводы об отсутствии существенной взаимосвязи могут быть сделаны по результатам оценки коэффициента корреляции между количеством выпускников вузов КО (Y) и затратами организаций на технологические инновации (X16): $r_{XY_{16}} = 0,1511$, выполненной по 10 наблюдениям (2009–2018 гг.). Отсутствие значимой взаимосвязи может быть также обусловлено неполным соответствием направлений обучения и специальностей выпускников вузов содержанию технологических инноваций, проводимых в организациях региона.

Результаты расчетов парных коэффициентов корреляции по 11 наблюдениям (2009–2019 гг.) по ряду анализируемых факторов свидетельствуют, что практически отсутствует зависимость между количеством выпускников вузов региона и долей продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП КО (X4): $r_{XY_4} = -0,0086$; слабая незначимая обратная зависимость наблюдается не только между Y и удельным весом инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг (X15): $r_{XY_{15}} = -0,3926$, но и между Y и уровнем инновационной активности организаций (X14): $r_{XY_{14}} = -0,2335$. Как уже отмечалось выше, такие тенденции могут свидетельствовать о неполном соответствии направлений обучения и специальностей выпускников вузов КО характеру инновационной деятельности организаций региона. Кроме того, это может быть обусловлено общей неудовлетворенностью выпускников школ условиями труда и его оплаты на предприятиях региона, а также уровнем жизни в регионе. Такая неудовлетворенность формирует у выпускников школ решение о поступлении в вузы других регионов.

Наличие прямой значимой взаимосвязи между числом организаций, осуществляющих инновационную деятельность или маркетинговые инновации (X18), и уровнем инновационной активности организаций (X14): $r_{X_{14}Y_{18}} = 0,8045$ обусловлено производным характером второго показателя от первого.

С использованием наиболее полного количественного набора данных, включающего признаки, значения которых измерены за 13 лет (2007–2019 гг.), выявлено следующее.

На уменьшение количества выпускников вузов КО в большей степени влияют процессы сокращения промышленного производства в регионе (X1): $r_{XY_1} = 0,6321$ и снижения численности занятого населения (X7): $r_{XY_7} = 0,7343$, то есть спад числа потенциальных абитуриентов в связи с переездом населения в другие регионы. В КО наблюдается контраст между сокращением промышленного производства и тенденцией увеличения ВРП (X3). В течение 2007–2019 гг. средний (геометрический) темп роста ВРП составил 109,16 %. С учетом исключения среднего темпа инфляции в РФ за этот период, составившего 6,9 %, получим средний годовой темп роста ВРП в базовых ценах примерно в размере 2 %. На фоне сокращения промышленного производства в КО это значение свидетельствует о небольшом росте в регионе

непромышленной составляющей, которая имеет очень сильное обратное воздействие на показатель Y : $r_{XY_2} = -0,9438$. Таким образом, можно сделать вывод, что предлагаемые вузами КО промышленные специальности становятся все менее востребованными по причинам как уменьшения объемов промышленной индустрии, так и роста высокотехнологичных производств, требующих меньшего числа работников в этих направлениях подготовки. С другой стороны, развитие предприятий других отраслей (например, торговли) не требует высококвалифицированных специалистов или испытывает потребность в экспертах, которых не готовят вузы региона.

Значимая обратная линейная взаимосвязь исследуемого показателя наблюдается с факторами «Инвестиции в основной капитал» (X2) и «Объем инновационных товаров, работ, услуг» (X5) ($r_{XY_2} = -0,6256$ и $r_{XY_5} = -0,5825$). Таким образом, незначительный рост инвестиций в основной капитал (в среднем на 1 % за год в базовых ценах), не покрывающий темпы инфляции, а также развитие инновационных производств не обеспечивают удовлетворение потребностей населения области в рабочих местах, но способствуют миграции трудоспособного населения и уменьшению числа обучающихся вузов региона.

Проведенный выше анализ позволил отобрать экзогенные факторы (X1, X2, X3, X5, X7, X8, X13) для построения регрессионной модели зависимости количества выпускников вузов КО (Y) от социально-экономических показателей региона.

Поскольку наименьшее количество зарегистрированных значений в выделенном составе анализируемых факторов наблюдается по среднемесячной заработной плате (фактор X8) и составляет 10 наблюдений в период 2010–2019 гг., в процессе построения регрессионной модели по всем остальным показателям также были задействованы наблюдения за этот период. Корреляционная матрица для анализируемого состава показателей представлена в табл. 2.

Таблица 2

Корреляционная матрица 2

| Состав показателей | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Фактор | Y | X1 | X2 | X3 | X5 | X7 | X8 | X13 |
| Y | 1,000000 | 0,867358 | -0,427033 | -0,936026 | -0,553513 | 0,609341 | -0,964852 | 0,943486 |
| X1 | 0,867358 | 1,000000 | -0,651111 | -0,897479 | -0,221885 | 0,285783 | -0,870467 | 0,745275 |
| X2 | -0,427033 | -0,651111 | 1,000000 | 0,523606 | -0,239828 | 0,242629 | 0,543051 | -0,307668 |
| X3 | -0,936026 | -0,897479 | 0,523606 | 1,000000 | 0,417712 | -0,496382 | 0,948829 | -0,856514 |
| X5 | -0,553513 | -0,221885 | -0,239828 | 0,417712 | 1,000000 | -0,736843 | 0,498904 | -0,723152 |
| X7 | 0,609341 | 0,285783 | 0,242629 | -0,496382 | -0,736843 | 1,000000 | -0,516254 | 0,727382 |
| X8 | -0,964852 | -0,870467 | 0,543051 | 0,948829 | 0,498904 | -0,516254 | 1,000000 | -0,933716 |
| X13 | 0,943486 | 0,745275 | -0,307668 | -0,856514 | -0,723152 | 0,727382 | -0,933716 | 1,000000 |

Примечание: выделенные корреляции являются статистически значимыми при $p < 0,05000$, $N = 10$

Составлено авторами по материалам исследования

Согласно табл. 2, наиболее значимое обратное воздействие на количество выпускников вузов КО имеют среднемесячная номинальная заработная плата населения области (X8) и ВРП (X3) ($r_{XY_8} = -0,9649$ и соответственно $r_{XY_3} = -0,9360$). Наибольшее значимое прямое воздействие оказывают численность студентов, обучающихся по программам ВО (X13): $r_{XY_{13}} = 0,9435$, и ИПП (X1): $r_{XY_1} = 0,8674$. Остальные факторы, включаемые в модель на первом этапе, имеют незначимое воздействие. Отметим, что между экзогенными факторами имеются существенные взаимосвязи. Это свидетельствует о наличии коллинеарности и, следовательно, об их опосредованном влиянии на эндогенную переменную. Так, и ВРП (X3), и численность студентов, обучающихся по программам ВО (X13), и ИПП КО (X1) имеют сильную взаимосвязь со среднемесячной заработной платой населения КО: $r_{X_3Y_8} = 0,9488$, $r_{X_{13}Y_8} = -0,9337$ и $r_{X_1Y_8} = -0,8705$, а значит, скорее всего, они влияют на количество выпускников через фактор средней заработной платы и в окончательную регрессионную модель не войдут.

Для определения статистически значимых регрессионных моделей зависимости Y от выделенных факторов использован метод последовательного включения факторов в модель, реализованный с помощью пакета Statistica. В табл. 3 приведены результаты пошагового анализа переменных, включение которых в окончательную модель нецелесообразно в связи с низкой значимостью их собственного («частичного») влияния.

Таблица 3

Переменные, не включенные в модель

| Фактор | Параметр b^* | Коэффициент частной корреляции, доли ед. | Коэффициент множественной корреляции R , доли ед. | Tolerance ($1-R^2$), доли ед. | Критерий Стьюдента, t (5) | p-value, доли ед. |
|--------|----------------|--|---|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| X2 | 0,1062 | 0,30157 | 0,8284 | 0,3137 | 0,7073 | 0,5110 |
| X3 | -0,0136 | -0,01866 | 0,9624 | 0,0738 | -0,0417 | 0,9683 |
| X5 | -0,0684 | -0,21497 | 0,7850 | 0,3838 | -0,4922 | 0,6434 |
| X13 | 0,1904 | 0,20546 | 0,9771 | 0,0453 | 0,4694 | 0,6585 |

Примечание: Tolerance – показатель избыточности включения переменной в модель; p-value – вероятность незначимости параметра b^* при экзогенной переменной

Составлено авторами по материалам исследования

Согласно табл. 3, наиболее избыточным является включение в модель фактора X13: вероятность избыточности составляет 95,5 %, а незначимость параметра b^* при переменной X13 (в случае включения ее в модель множественной регрессии в качестве объясняющей переменной) составляет 65,9 %. Аналогичные выводы могут быть сделаны относительно переменной X3: вероятность избыточности включения этой переменной в модель составляет 92,3 %, а незначимость параметра b^* при переменной X3 (в случае включения ее в модель множественной регрессии в качестве объясняющей переменной) составляет 96,8 %. Также нецелесообразно внесение в окончательную модель факторов X5 и X2; вероятность незначимости параметров регрессии при этих переменных составляет 64,3 % и 51,1 % соответственно.

Согласно методу последовательного включения факторов, в окончательную модель следует включить три экзогенные переменные: X8, X7 и X1 (табл. 4). При этом для увеличения значимости модели из ее состава последовательно могут исключаться переменные X1 и X7.

Таблица 4

Последовательность включения экзогенных переменных в модель

| Фактор | Шаг включения | R , доли ед. | R^2 , доли ед. | Изменение R^2 , доли ед. | F , количество раз | p-value, доли ед. |
|--------|---------------|----------------|------------------|----------------------------|----------------------|-------------------|
| X8 | 1 | 0,964852 | 0,930939 | 0,930939 | 107,8396 | 0,000006 |
| X7 | 2 | 0,973554 | 0,947807 | 0,016868 | 2,2623 | 0,176266 |
| X1 | 3 | 0,980355 | 0,961096 | 0,013289 | 2,0495 | 0,202219 |

Примечание: F – расчетное значение критерия Фишера для тестирования значимости включения переменной в модель

Составлено авторами по результатам исследования

Характеристика полученной модели множественной регрессии представлена в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика трехфакторной модели

| Показатель | Значение показателя |
|---|---------------------|
| Количество наблюдений | 10 |
| Коэффициент множественной корреляции, R , доли ед. | 0,9804 |
| Коэффициент детерминации, R^2 , доли ед. | 0,9611 |
| Скорректированный коэффициент детерминации, R^2 скорр., доли ед. | 0,9416 |
| Расчетное значение критерия Фишера, F ($\nu_1 = 3$; $\nu_2 = 6$), количество раз | 49,41 |
| Вероятность незначимости модели, p , доли ед. | 0,0001 |
| Стандартная ошибка модели, Se , тыс. чел. | 0,7671 |

| Модель | | | | |
|----------------|---------------|---|--|----------------------|
| Фактор | Параметр b | Стандартная ошибка параметра b | Критерий Стьюдента t(6), кол-во раз | p-value, доли ед. |
| Свободный член | -5,04043 | 14,9218 | -0,3378 | 0,7470 |
| X8 | -0,00027 | 0,0001 | -3,2028 | 0,0185 |
| X7 | 0,01351 | 0,0066 | 2,0421 | 0,0872 |
| X1 | 0,10264 | 0,0717 | 1,4316 | 0,2022 |

Составлено авторами по материалам исследования

Согласно табл. 5, трехфакторная модель прогноза имеет следующий вид:

$$Y = -5,04053 - 0,00027 \cdot X_8 + 0,01351 \cdot X_7 + 0,10264 \cdot X_1 \quad (1)$$

$$Y = -5,04053 - 0,00027 \cdot X_8 + 0,01351 \cdot X_7 + 0,10264 \cdot X_1$$

Модель (1) характеризуется высокой степенью адекватности, но только один параметр (при факторе X8) является значимым, он находится на 5 % уровне значимости. Коэффициент регрессии при переменной X7 значим лишь на 10 % уровне значимости, а параметр при переменной X1 – на 20 % уровне значимости.

Включение всех трех экзогенных факторов (X8, X7, X1) в модель повышает ее адекватность и дает более полное представление о процессах, влияющих на численность выпускников с ВО в регионе, однако повышает вероятность незначимости прогноза в будущих периодах. В связи с этим на следующих этапах получены двухфакторная и однофакторная модели линейной регрессии путем последовательного исключения из анализа экзогенных переменных X1 и X7. Результаты моделирования представлены в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Характеристика двухфакторной модели

| Показатель | Значение показателя | | | |
|---|---------------------|---|--|----------------------|
| Количество наблюдений | 10 | | | |
| Коэффициент множественной корреляции, R, доли ед. | 0,97355 | | | |
| Коэффициент детерминации, R ² , доли ед. | 0,9478 | | | |
| Скорректированный коэффициент детерминации, R ² скорр., доли ед. | 0,9329 | | | |
| Расчетное значение критерия Фишера, F (v1 = 2; v2 = 7), разы | 63,56 | | | |
| Вероятность незначимости модели, p, доли ед. | 3,2482E-05 | | | |
| Стандартная ошибка модели, Se, тыс. чел. | 0,8226 | | | |
| Модель | | | | |
| Фактор | Параметр b | Стандартная ошибка пара- метра b | Критерий Стьюдента t(7), коли- чество раз | p-value, доли ед. |
| Свободный член | 12,74932 | 8,85865 | 1,43920 | 0,19327 |
| X7 | 0,00984 | 0,00654 | 1,50410 | 0,17627 |
| X8 | -0,00038 | 0,00004 | -8,79321 | 0,00005 |

Составлено авторами по материалам исследования

Адекватность двухфакторной модели незначительно снижается по сравнению с трехфакторной моделью, однако вероятность незначимости параметра при факторе X7 увеличивается с 8,72 % до 17,63 %. В связи с этим более оправданным является исключение фактора X7 из модели. Анализ, полученный в результате однофакторной модели прогноза (табл. 7), позволяет сделать вывод о ее достаточно высокой адекватности и статистической значимости.

Таблица 7

Характеристика однофакторной модели

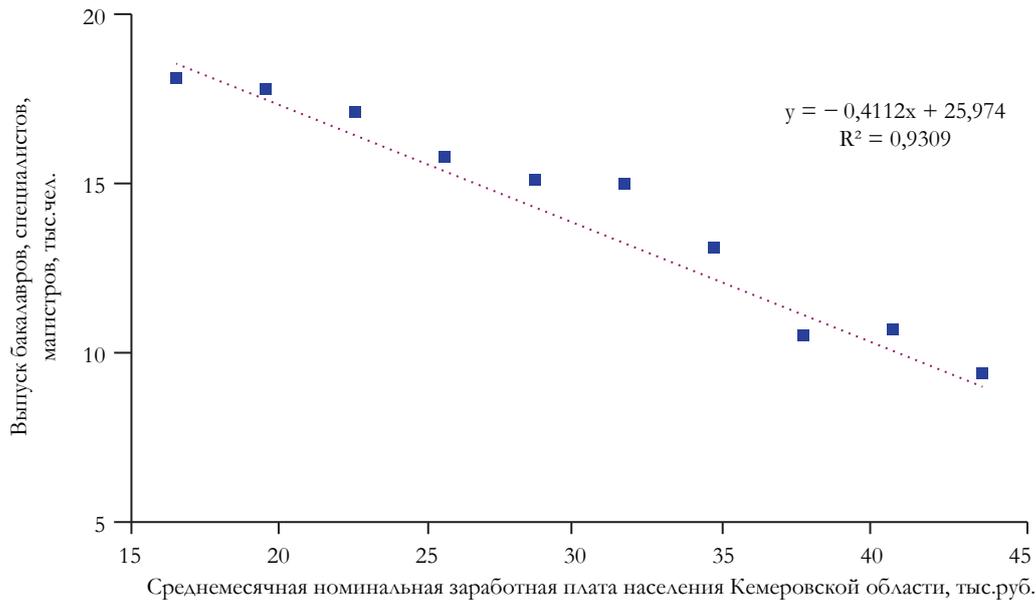
| Показатель | Значение показателя | | | |
|---|---------------------|--------------------------------|--|-------------------|
| Количество наблюдений | 10 | | | |
| Коэффициент множественной корреляции, R, доли ед. | 0,9649 | | | |
| Коэффициент детерминации, R ² , доли ед. | 0,9309 | | | |
| Скорректированный коэффициент детерминации, R ² скорр., доли ед. | 0,9223 | | | |
| Расчетное значение критерия Фишера, F (v1 = 1; v2 = 8), разы | 107,84 | | | |
| Вероятность незначимости модели, p, доли ед. | 6,3996E-06 | | | |
| Стандартная ошибка модели, Se, тыс. чел. | 0,8851 | | | |
| Модель | | | | |
| Фактор | Параметр b | Стандартная ошибка параметра b | Критерий Стьюдента t (8), количество раз | p-value, доли ед. |
| Свободный член | 25,974203 | 1,162241 | 22,3484 | 0,000000 |
| X8 | -0,000411 | 0,000040 | -10,3846 | 0,000006 |

Составлено авторами по материалам исследования

Для повышения компактности записи модели целесообразно представлять значения среднемесячной заработной платы в тыс. руб. В этом случае прогнозная модель примет следующий вид:

$$Y = 25,9742 - 0,4112 \cdot X_8 \cdot Y = 25,97442 - 0,4112 \cdot X_8 \tag{2}$$

Графически исследуемая зависимость представлена на рис. 1.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 1. Зависимость выпускников вузов Кемеровской области от среднемесячной заработной платы в регионе

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученная модель может использоваться для решения широкого круга стратегических и операционных задач как вуза, так и региона, например, учесть особенности социально-экономического развития региона, влияющие на численность выпускников вузов; осуществить анализ текущей численности специалистов с ВО, необходимых экономике региона; оценить изменения структуры населения по уровню образования; спрогнозировать спрос на специалистов с ВО на основании производственных программ и стратегических целей развития предприятий региона; определить внутренние источники удовлетворения спроса на специалистов; проанализировать дисбаланс между текущим спросом экономики региона на молодых специалистов и предложениями вузов; выявить потенциал оптимизации численности персонала организаций за счет привлечения молодых специалистов с ВО; изучить возможности реализации инновационных проектов в компаниях за счет привлечения выпускников вузов и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозирование численности абитуриентов, студентов и выпускников вузов постепенно входит в практику общественных наук. Результаты таких прогнозов используются для анализа перспектив развития учреждений ВО. Разработанная эконометрическая модель оценки численности выпускников вузов КО позволяет проиллюстрировать зависимость данного показателя от влияния региональных макроэкономических факторов.

Библиографический список

1. Акаев А.А., Sadovnichii V.A. The human component as a determining factor of labor productivity in the digital economy. *Studies on Russian Economic Development*. 2021;32:29–36. <https://doi.org/10.1134/S1075700721010020>
2. Roud V., Vlasova V. Strategies of industry-science cooperation in the Russian manufacturing sector. *The Journal of Technology Transfer, Springer*. 2020;45(3):870–907. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9703-3>
3. Peshkova G.Yu., Samarina A.Yu. Digital economy and recruitment potential: Strategic interconnection and prospects. *The Education and Science Journal*. 2018;10(20):50–75. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2018-10-50-75>
4. Tereshchenko D.S., Shcherbakov V.S. The impact of scientific activity of universities on economic and innovative development. *Economy of region*. 2021;17(1):223–234. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-17>
5. Акаев А.А., Десятко Д.Н., Петряков А.А., Сарыгулов А.И. Региональное развитие и система образования в условиях цифровой трансформации. *Экономика региона*. 2020;16(4):1031–1045. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-2>
6. Кемеровский государственный университет. *Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области на период до 2035 года*. <https://economy.gov.ru/material/file/886dc81f7318d077794af428d7eb64d9/presentation.pdf> (дата обращения: 04.10.2023).
7. Курбатова М.В., Каган Е.С., Вшивкова А.А. Региональное развитие: проблемы формирования и реализации научно-технического потенциала. *Terra Economicus*. 2018;16(1):101–117. <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2018-16-1-101-117>
8. Бобко Т.В., Петрова Т.В., Пригужалова Ю.А. Оценка влияния экономических показателей развития региона на количество обучающихся по образовательным уровням подготовки в Кемеровской области. *Искусственные общества*. 2021;16(1). <https://doi.org/10.18254/S207751800013958-2>
9. Драйцева Л.П., Бобко Т.В. Оценка демографической ситуации в кемеровской области. В кн.: *Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке VII Международной научно-практической конференции. Часть 1*. Новокузнецк: СибГИУ; 2021. С. 163–171.
10. Казанцева Г.Г., Петрова Т.В., Рябцева Л.В., Заречнева И.М., Бобко Т.В., Затепякин О.А. Согласование спроса и предложения на рынке труда выпускников вуза. *Фундаментальные исследования*. 2017;7:131–135.
11. Арженовский С.В., Ниворожкина Л.И. Прогнозирование потребности регионального рынка труда в квалифицированных кадрах: постановка задачи. *Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию*. 2014;1:172–174.
12. Волкова Е.Н., Карманов М.В. Моделирование социально-экономического развития регионов. Экономика, статистика и информатика. *Вестник УМО*. 2016;3:55–59.
13. Draper N., Smith G. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley & Sons; 1966. 407 p.
14. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. *Имитационное моделирование экономических процессов*. М.: Финансы и статистика; 2005. 368 с.
15. Кобелев Н.Б. *Практика применения экономико-математических методов и моделей*. М.: Финстатинвест; 2000. 246 с.

16. Sandler D., Gladyshev D. Analysis of the relations between scientometric and economic indicators of Russian universities' performance. *Business, Management and Economics Engineering*. 2020;18(2):331–343. <https://doi.org/10.3846/bme.2020.12955>
17. Балацкий Е.В., Юревич М.А. Моделирование возрастной структуры научных кадров. *Terra Economicus*. 2018;16(3):60–76. <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2018-16-3-60-76>
18. Варшавский А.Е., Кочеткова Е.В. Моделирование показателей спроса и предложения инженерно-технических специалистов. *Экономический анализ: теория и практика*. 2018;17(5):886–905. <https://doi.org/10.24891/ea.17.5.886>
19. Долгов Ю.А., Балашова Ю.В. Прогноз количества выпускников вуза по анализу состава абитуриентов. *Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление*. 2016;3(54):66–70.
20. Кочеткова Е.В. Моделирование численности выпуска инженерно-технических специалистов. В кн.: *XXVI конференции «Анализ и моделирование экономических и социальных процессов»*. 2019. С. 141–149. <https://doi.org/10.20537/mce2019econ13>
21. Кускова К.В., Бутрина Ю.В. Анализ динамики численности выпускников российских вузов. В кн.: *Молодой исследователь. Материалы 3-й научной выставки-конференции научно-технических и творческих работ студентов*. Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет. 2016. С. 128–133.
22. Кухлевский А.А., Шмидт Ю.Д. Методика прогнозирования предложения выпускников системы образования на региональном рынке труда. *Экономика и предпринимательство*. 2014.
23. Муравьева Н.Н. Разработка модели регулирования выпуска специалистов с высшим профессиональным образованием с учетом потребностей экономики региона (на примере Волгоградской области). *Региональная экономика: теория и практика*. 2009;36:47–53.
24. Халиулина Д.Н., Малыгина С.Н., Менькова А.А. Разработка имитационной модели для оценки количества выпускников вузов Мурманской области. *Труды Колыского научного центра РАН*. 2014;5(24):196–203.
25. Храбров К.Г. Экономико-математическая модель потребности в специалистах с высшим образованием. *Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО*. 2014;2:172–177.
26. Федеральной службы государственной статистики. *Официальный сайт*. <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 06.10.2023).

References

1. Akaev A.A., Sadovnichii V.A. The human component as a determining factor of labor productivity in the digital economy. *Studies on Russian Economic Development*. 2021;32:29–36. <https://doi.org/10.1134/S1075700721010020>
2. Roud V., Vlasova V. Strategies of industry-science cooperation in the Russian manufacturing sector. *The Journal of Technology Transfer, Springer*. 2020;45(3):870–907. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9703-3>
3. Peshkova G.Yu., Samarina A.Yu. Digital economy and recruitment potential: Strategic interconnection and prospects. *The Education and Science Journal*. 2018;10(20):50–75. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2018-10-50-75>
4. Tereshchenko D.S., Shcherbakov V.S. The impact of scientific activity of universities on economic and innovative development. *Economy of region*. 2021;17(1):223–234. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-1-17>
5. Akaev A.A., Desyatko D.N., Petryakov A.A., Sarygulov A.I. Regional development and the education system in the context of digital transformation. *Economy of region*. 2020;16(4):1031–1045. (In Russian). <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-2>
6. Kemerovo State University. *The strategy of socio-economic development of the Kemerovo region for the period up to 2035*. <https://economy.gov.ru/material/file/886dc81f7318d077794af428d7eb64d9/presentation.pdf> (accessed 04.10.2023). (In Russian).
7. Kurbatova, M.V., Kagan, E.S. & Vshivkova, A.A. Regional development: problems of formation and implementation of scientific and technical potential. *Terra Economicus*. 2018;16(1):101–117. (In Russian). <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2018-16-1-101-117>
8. Bobko T., Petrova T. & Prituzhalova Y. Assessment of the influence of economic indicators of regional development on the number of students by educational levels of training in Kemerovo Region. *Artificial societies*. 2021;16(1). (In Russian). <https://doi.org/10.18254/S207751800013958-2>
9. Draitseva L.P., Bobko T.V. Assessment of the demographic situation in the Kemerovo region. *Actual problems of economics and management in the XXI century of the VII International Scientific and Practical Conference. Part 1*. Novokuznetsk: SibGIU; 2021. Pp. 163–171. (In Russian).
10. Kazantseva G.G., Petrova T.V., Ryabtseva L.V., Zarechneva I.M., Bobko T.V. & Zatepyakin O.A. Coordination of supply and demand in the labor market of university graduates. *Fundamental research*. 2017;7:131–135. (In Russian).
11. Arzhenovskiy S.V., Nivorozhkina L.I. Forecasting the needs of the regional labor market for qualified personnel: problem statement. *Intellectual resources – regional development*. 2014;1:172–174. (In Russian).
12. Volkova E.N. & Karmanov M.V. Modeling of socio-economic development of regions. *Vestnik UMO*. 2016;3:55–59. (In Russian).

13. Draper N., Smith G. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley & Sons; 1966. 407 p.
14. Emelyanov A.A., Vlasova E.A., Duma R.V. *Simulation modeling of economic processes*. Moscow: Finance and Statistics; 2005. (In Russian).
15. Kobelev N.B. *The practice of applying economic and mathematical methods and models*. Moscow: Finstatinvest; 2000. (In Russian).
16. Sandler D., Gladyshev D. Analysis of the relations between scientometric and economic indicators of Russian universities' performance. *Business, Management and Economics Engineering*. 2020;18(2):331–343. <https://doi.org/10.3846/bme.2020.12955>
17. Balatsky E.V., Yurevich M.A. Modeling of the age structure of scientific personnel. *Terra Economicus*. 2018;16(3):60–76. (In Russian). <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2018-16-3-60-76>
18. Varshavsky A.E., Kochetkova E.V. Modeling of demand and supply indicators of engineering and technical specialists. *Economic analysis: theory and practice*. 2018;17(5):886–905. (In Russian). <https://doi.org/10.24891/ea.17.5.886>
19. Dolgov Yu.A., Balashova Yu.V. Forecast of the number of university graduates by analyzing the composition of applicants. *Bulletin of the Pridnestrovian University. Series: Physical, mathematical and technical sciences. Economics and management*. 2016;3(54):66–70. (In Russian).
20. Kochetkova E.V. Modeling the number of graduates of engineering and technical specialists. In: *Proceedings of the XXVI Conference "Analysis and modeling of economic and social processes"*. 2019. Pp. 141–149. (In Russian). <https://doi.org/10.20537/mce2019econ13>
21. Kuskova K.V., Butrina Yu.V. Analysis of the dynamics of the number of graduates of Russian universities. In: *A young researcher: Proceedings of the 3rd scientific exhibition-conference of scientific, technical and creative works of students. Ministry of Education and Science of the Russian Federation*. South Ural State University; 2016. Pp. 128–133. (In Russian).
22. Kuhlevsky A.L., Schmidt Yu.D. Methods of forecasting the supply of graduates of the education system in the regional labor market. *Economics and entrepreneurship*. 2014. (In Russian).
23. Muravyeva N.N. Development of a model for regulating the graduation of specialists with higher professional education, taking into account the needs of the region's economy (on the example of the Volgograd region). *Regional economy: theory and practice*. 2009;36:47–53. (In Russian).
24. Khaliulina D.N., Malygina S.N., Menkova A.A. Development of a simulation model for estimating the number of graduates of Murmansk region universities. *Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014;5(24):196–203. (In Russian).
25. Khrabrov K.G. Economic and mathematical model of the need for specialists with higher education. *Economics, statistics and computer science. Vestnik UMO*. 2014;2:172–177. (In Russian).
26. Federal State Statistics Service. *Official website*. <https://rosstat.gov.ru/> (accessed 06.10.2023). (In Russian).