

УДК 51-77

Н.В. Антипина

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

М.Е. Селиверстова

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УРОВНЯ БЕЗРАБОТИЦЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию уровня безработицы в Российской Федерации посредством экономико-математического моделирования. Объектом исследования является уровень безработицы в Российской Федерации в период с 2005 по 2020 годы, в зависимости от некоторых факторов, которые оказывают влияние на рассматриваемый показатель. В результате исследования, проведенного на основе метода множественной регрессии, получена линейная регрессионная модель, которая может быть использована для дальнейшего анализа и прогнозирования уровня безработицы в России.

Ключевые слова. Уровень безработицы, пандемия, экономико-математическое моделирование, множественная регрессия, регрессионная модель.

Информация о статье. Дата поступления: 17 декабря 2021 г.

N.V. Antipina

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

M.E. Seliverstova

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

COMPUTING A MATHEMATICAL MODEL OF UNEMPLOYMENT RATE IN THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. The research analyzed the unemployment rate in the Russian Federation using economic and mathematical modeling. The object of the research is the dynamics of the unemployment rate in the Russian Federation in the period from 2005 to 2020, depending on some factors that make an impact on the factor under consideration. As a result of this investigation, carried out using the multiple regression method, a linear regression model was obtained, which can be employed for further analysis and forecasting of the unemployment rate in Russia.

Keywords. Unemployment rate, pandemic, economic and mathematical modeling, multiple regression, linear regression model.

Article info. Received 17 December 2021.

Введение

Повышение уровня безработицы является одной из самых актуальных проблем не только в Российской Федерации, но и во всем

мире в целом, поскольку этот экономический показатель оказывает огромное влияние на уровень жизни населения и экономику отдельно взятой страны [1]. Причин отсутствия рабочих мест достаточно много: неблагоприятная для экономики и жизни эпидемиологическая обстановка, экономический кризис, скачок рождаемости, низкая квалификация кадров, отсутствие возможности найти работу ввиду отсутствия трудового стажа и опыта (по большей части это относится к выпускникам образовательных учреждений), и даже «индивидуальная лень».

Отсутствие полной занятости касается не только отдельных стран и регионов, но и всего мира. Этой теме, в частности, посвящены статьи [2, 3], в которых обсуждается тема нехватки рабочих мест как приоритетная для каждого государства, а также предлагаются пути ее решения.

Очевидно, сложившуюся ситуацию следует рассматривать в различных аспектах: экономическом, психологическом, статистическом и т.п. [4, 5, 6].

Целью данной публикации является построение математической модели для анализа и оценки уровня безработицы в зависимости от различных факторов внешней экономической среды. Модель построена на основе метода множественной регрессии, который позволяет выяснить, насколько тесно связан тот или иной показатель с другими качественными или количественными показателями.

Описание данных

На уровень безработицы в Российской Федерации оказывают влияние достаточно большое количество факторов, среди которых можно выделить следующие:

– прирост населения (избыток населения, и, как следствие, его большой приток на рынок труда, неизбежно приводит к увеличению предложения на нем; при неизменном спросе на рабочую силу будет расти уровень безработицы);

– средняя цена труда по стране (высокий уровень заработной платы увеличивает ее средний размер, что с неизбежностью приводит к увеличению числа безработных; это обусловлено тем, что количество трудоустроенных находится в обратной зависимости от уровня заработной платы: чем больше оплата труда работника, тем выше уровень безработицы);

– уровень пандемии (на наступление пандемии, вызванной вирусом Covid-19, рынок труда на мировом уровне ответил вынужденными отпусками, сокращением продолжительности рабочего времени и штатов предприятий; такое понижение экономической активности также ведет к увеличению доли безработных среди населения);

– размер пособия по безработице (повышение размера пособия по безработице для нетрудоустроенных граждан также увеличивает уровень «индивидуальной лени»);

– минимальный размер оплаты труда (увеличение МРОТ приводит к снижению занятости и росту уровня безработицы, особенно среди подростков, молодых и низкооплачиваемых работников).

Количественные значения всех вышеперечисленных факторов представлены в табл.1.

Таблица 1
Факторы, оказывающие влияние на уровень безработицы*

Год	Уровень безработицы, %	Прирост населения, тыс. чел.	Средняя зарплата, тыс. р.	Уровень пандемии, %	Средний размер пособия, тыс. р.	МРОТ, тыс. р.
2005	7,1	-564,5	8,6	0	1,8	0,8
2006	7,1	-373,9	10,6	0	1,8	1,1
2007	6	-115,2	13,6	0	1,8	2,3
2008	6,3	-10,3	17,3	0	2,9	2,3
2009	8,4	96,3	18,6	0	2,9	4,3
2010	7,3	31,4	21	0	2,9	4,3
2011	6,5	191	23,4	0	2,9	4,6
2012	5,5	290,7	26,9	0	2,9	4,6
2013	5,5	319,9	30	0	2,9	5,2
2014	5,2	2600	32,6	0	2,9	5,6
2015	5,6	277,4	33,9	0	2,9	6
2016	5,5	259,7	36,7	0	2,9	7,5
2017	5,5	76,1	39	0	2,9	7,8
2018	4,9	-99,7	43,4	0	2,9	11,2
2019	4,9	-32,1	47,6	0	6,4	11,3
2020	5,9	-577,5	51	2,3	6,8	12,8

* Составлена авторами на основе данных: Использованы данные из следующих источников: Безработица в России // Персонадженси. URL: <https://person-agency.ru>; Занятость без работы: как пандемия повлияла на рынок труда // Эйчэси. URL: <https://www.hse.ru/>; Как менялся размер пособия по безработице в России // Тасс URL: <https://tass.ru>; Минимальный размер оплаты труда // Базгарант. URL: <http://base.garant.ru>; Население России // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org>; Последние данные по коронавирусу в России и мире // Коммерсант. URL: <https://www.kommersant.ru>; Средняя зарплата в России // Русфакт. URL: <http://rusfact.ru>.

Построение модели

Построим математическую модель в виде уравнения множественной линейной регрессии [7; 8]. Напомним, что линейная модель множественной регрессии имеет вид:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \dots + b_m x_{mi},$$

где $b_0, b_1, b_2, \dots, b_m$ — искомые коэффициенты модели.

Введем следующие обозначения: Y — это уровень безработицы в Российской Федерации, x_1 — прирост населения за год в тыс. чел., x_2 — средняя заработная плата в тыс. рублей, x_3 — уровень пандемии в процентном соотношении числа заболевших от общего населения страны, x_4 — средняя величина пособия по безработице в тыс. р., x_5 — величина МРОТ в тыс. р. в течение рассматриваемого периода.

Для установления взаимосвязи между уровнем безработицы и вышеперечисленными факторами используем метод множественной регрессии [7; 8].

Построим матрицу корреляции имеющихся данных (табл.2)

Таблица 2

Матрица корреляции факторов

	Y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Y	1,00					
X_1	-0,32	1,00				
X_2	-0,70	0,13	1,00			
X_3	-0,05	-0,27	0,46	1,00		
X_4	-0,34	-0,12	0,77	0,69	1,00	
X_5	-0,59	-0,01	0,97	0,52	0,80	1,00

На основе табл. 2 делаем вывод о тесной связи большинства предикторов с зависимой переменной Y , а также о корреляции факторов x_2 и X_5 , x_2 и X_4 , x_3 и X_4 , x_3 и X_5 , x_4 и X_5 . Далее исключим незначимые регрессоры и выявим корреляцию между оставшимися переменными.

Далее поэтапно построим модель линейной множественной регрессии на основе всех указанных выше показателей (см. табл. 3, табл. 4 и табл. 5).

Таблица 3

Регрессионная статистика модели

Множественный R		0,832757
R -квадрат		0,693484
Нормированный R -квадрат		0,540227
Стандартная ошибка		0,663212
Наблюдения		16

Таблица 4

Дисперсионный анализ модели

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	5	9,951501009	1,990300202	4,524953185	0,020416364
Остаток	10	4,398498991	0,439849899		
Итого	15	14,35			

Анализ параметров модели

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	p-Значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %	Нижние 95,0 %	Верхние 95,0 %
Y	8,23023	0,71551	11,50267	0,00000	6,63598	9,82447	6,63598	9,82447
x_1	0,00007	0,00030	0,22631	0,82552	-0,00061	0,00075	-0,00061	0,00075
x_2	-0,16618	0,06793	-2,44641	0,03447	-0,31753	-0,01483	-0,31753	-0,01483
x_3	0,26415	0,42655	0,61928	0,54958	-0,68626	1,21457	-0,68626	1,21457
x_4	0,15144	0,23888	0,63398	0,54032	-0,38080	0,68369	-0,38080	0,68369
x_5	0,35525	0,25094	1,41569	0,18725	-0,20387	0,91438	-0,20387	0,91438

Полученная линейная регрессионная модель такова:

$$Y = 8,23 + 0,00007x_1 - 0,166x_2 + 0,264x_3 + 0,151x_4 + 0,355x_5. \quad (1)$$

Проведем оценивание и анализ значимости полученных коэффициентов уравнения множественной регрессии (1). Для этого вычислим критическую точку t-статистики (уровень значимости равен 0,05, число степеней свободы равно 11) — $t_{кр} = 1,796$. Затем сравним полученное значение с t-статистикой коэффициентов модели (1) по отдельности. Очевидно, значимым является только коэффициент при x_2 (средняя заработная плата). Остальные коэффициенты значимыми не являются.

Это может происходить по различным причинам. В частности, уровень пандемии не оказывает заметного воздействия на уровень незанятости, так как пандемия Covid-19 наступила лишь в конце декабря 2019 г. По этой же причине мы не вносим ее в таблицу факторов, влияющих на безработицу, — количество заболевших на тот момент не превышало десяти тысяч человек (в масштабе всего населения Российской Федерации данная цифра несущественна).

Теперь проверим гипотезу об отсутствии линейной функциональной связи в модели (1) посредством критерия Фишера [7; 8]. Его критическое значение равно 3,36, что меньше его же значения из табл. 4, равного 4,53. Это означает, что вышеуказанную гипотезу можно отклонить.

Коэффициент детерминации равен 0,54. Следовательно, 54 % изменений зависимой переменной предопределено колебаниями выше описанных независимых факторов. Сравнительно высокое значение коэффициента детерминации подтверждает высококачественную подгонку. Тем не менее, опираясь на результаты проведенного эконометрического анализа данных, делаем вывод, что модель (1) необходимо корректировать, так как четыре коэффициента из пяти в уравнении множественной регрессии не являются значимыми.

Для этого поэтапно отбросим переменные с наименьшими по модулю t -статистики значениями и проверим значимость модели и ее коэффициентов. Повторяя предыдущий алгоритм для построения модели (1), получим модель, в которой все коэффициенты значимы:

$$Y = 8,39 - 0,17x_2 + 0,44x_5, \quad (2)$$

где Y — уровень безработицы в РФ, x_2 — средняя заработная плата в тыс. р., x_5 — размер МРОТ в тыс. р. за период с 2005 по 2020 гг.

Интерпретация полученной модели (2) такова: с ростом средней заработной платы на одну тысячу рублей уровень безработицы уменьшается на 17 %. При этом повышение МРОТ на одну тысячу рублей приведет к росту безработицы на 44 %.

По всем полученным показателям ($F = 11,8$; $R^2 = 0,59$), построенная многомерная регрессионная модель (2) является качественной. Следовательно, она может быть использована для дальнейшего исследования и прогнозирования уровня безработицы в Российской Федерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бексултанова А.И. Проблема безработицы в России и пути ее решения / А.И. Бексултанова // Молодой ученый. — 2016. — № 1 (105). — С. 317–319.
2. Зайцева И.А. Безработица как одна из глобальных проблем современного мира / И.А. Зайцева // Politbook. — 2017. — № 2. — С. 160–175.
3. Давыдова Е.Ю. Проблема безработицы в современной России / Е.Ю. Давыдова, О.И. Безяева // Территория науки. — 2014. — № 1. — С. 75–79.
4. Игнатенко А.А. Прогнозирование безработицы в России / А.А. Игнатенко, Л.А. Иванченко // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2010. — Т. 2, № 6. — С. 150–151.
5. Дубровская Е.С. Прогнозирование уровня безработицы в России / Е.С. Дубровская, А.А. Сарбаева, Т.Р. Шагвалиев // Символ науки. — 2018. — № 6. — С. 37–39.
6. Минина Ю.И. Безработица в России. Как можно достичь уменьшения уровня безработицы? / Ю.И. Минина, С.М. Мезенцев, А.А. Закирова // Вести научных достижений. Экономика и право. — 2020. — № 3. — С. 110–115.
7. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики : Учебник : в 2 т. / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. — Москва : Юнити, 1998. — 2 т.
8. Эконометрика : Учебник / под ред. И.И. Елисейевой. — Москва: Финансы и статистика, 2003. — 344 с.

REFERENCES

1. Bek Sultanova A.I. The Problem of Unemployment in Russia and Ways to Solve it. *Molodoi uchenyi = Young Scientist*, 2016, no. 1, pp. 317–319. (In Russian).
2. Zaitseva I.A. Unemployment as one of the Global Problems of the Modern World. *Politbook*, 2017, no. 2, pp. 160–175. (In Russian).
3. Davydova E.Yu., Bezyaeva O.I. The Problem of Unemployment in Modern Russia. *Territoriya nauki = Territory of Science*, 2014, no. 1, pp. 75–79. (In Russian).

4. Ignatenko A.A., Ivanchenko L.A. Forecasting Unemployment in Russia. *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики = Topical Issues of Airspace and Outer Space*, 2010, vol. 2, no. 6, pp. 150–151. (In Russian).

5. Dubrovskaya E.S., Sarbaeva A.A., Shagvaliev T.R. Forecasting the Unemployment Rate in Russia. *Simvol nauki = Symbol of Science*, 2018, no. 6, pp. 37–39. (In Russian).

6. Minina Ju.I., Mezentsev S.M., Zakirova A.A. Unemployment in Russia. How Can the Unemployment Rate be Reduced? *Vesti nauchnykh dostizhenii. Ekonomika i pravo = News of scientific achievements. Economics and Law*, 2020, no. 3, pp. 110–115. (In Russian).

7. Aivazian S.A., Mkhitarian V.S. *Probability Theory and Applied Statistics*. Moscow, Unity Publ., 1998. 2 vol.

8. Eliseeva I.I. (ed.). *Econometrics*. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2003. 344 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Антипина Наталья Валерьевна — кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра математических методов и цифровых технологий, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: natant2012@mail.ru.

Селиверстова Марина Евгеньевна — студент, Институт управления и финансов, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: Kvocha2002@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Natalya V. Antipina — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Mathematical Methods and Digital Technologies, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: natant2012@mail.ru.

Marina E. Seliverstova — Student, Institute of Management and Finance, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: Kvocha2002@gmail.com.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Антипина Н.В. Построение математической модели уровня безработицы в Российской Федерации / Н.В. Антипина, М.Е. Селиверстова. — DOI 10.17150/2713-1734.2021.3(4).243-249 // System Analysis & Mathematical Modeling. — 2021. — Т. 3, № 4. — С. 243–249.

FOR CITATION

Antipina N.V., Seliverstova M.E. Formation a Mathematical Modeling of Unemployment Rate in Russian Federation. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2021, vol. 3, no. 4, pp. 243–249. (In Russian). DOI: 10.17150/2713-1734.2021.3(4).243-249.