

А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук

Ивановский государственный химико-технологический университет,
Иваново, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА БЕЗРАБОТНЫХ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Посвящена исследованию изменения основных показателей уровня безработного населения. Проанализирована динамика официально зарегистрированного числа безработных в возрасте 15–72 лет. Актуальность данной работы заключалась в том, что проблема безработицы является очень важной проблемой в нашем обществе. Не решив проблему безработицы, невозможно найти пути решения по улучшению не только экономической, но и нравственной, моральной и духовной ситуации в России. Целью данной работы являлось построение прогнозной модели развития количества безработных в Пермском крае. Показано, что наблюдалась хорошая корреляция между заработной платой работников, численностью населения, приростом высокопроизводительных рабочих мест, стоимостью фиксированного набора потребительских товаров и услуг, возрастным составом населения в возрасте старше трудоспособного, миграционным приростом населения и темпом роста численности безработных в Пермском крае. Произведенный анализ позволил построить линейную многофакторную модель и модель в пространстве состояний. Показано, что данные модели не могут быть использованы для прогнозирования количества безработных из-за плохих прогнозных свойств (сумма квадратов отклонений для линейной многофакторной модели в этом случае равна 0,295, для модели в пространстве состояний – 2,354). В то же самое время была построена регрессионно-дифференциальная модель изменения численности безработных в возрасте 15–72 лет в Пермском крае. Полученные данные показали, что для данной модели сумма квадратов отклонений равна 0,091. Это говорит о том, что регрессионно-дифференциальная модель наилучшим образом описывает численность безработных в возрасте 15–72 лет в Пермском крае. На основе полученной модели был сделан прогноз распределения численности безработных в рассматриваемом крае на 2021 и 2022 гг. Полученные результаты свидетельствуют о том, что будет наблюдаться положительная динамика по снижению количества безработных. За 7 лет она составит 21,8 %.

Ключевые слова: безработица, численность населения, миграция, математическая модель, регрессионно-дифференциальная модель, линейная модель, прогнозирование, социально-экономическая система, корреляция, коэффициент корреляции.

A.L. Kulentsan, N.A. Marchuk

Ivanovo State University of Chemical and Technology,
Ivanovo, Russian Federation

MODELING AND FORECASTING THE NUMBER OF UNEMPLOYED IN THE PERM REGION

This article is devoted to the study of changes in the main indicators of the level of the unemployed population. The dynamics of the officially registered number of unemployed aged 15–72 years is analyzed. The relevance of this work was that the problem of unemployment is a very important prob-

lem in our society. Without solving the problem of unemployment, it is impossible to find solutions to improve not only the economic, but also the moral, moral and spiritual situation in Russia. The purpose of this work was to build a forecast model for the development of the number of unemployed in the Perm Region. It is shown that there was a good correlation between the wages of employees, the number of the population, the growth of high-performance jobs, the cost of a fixed set of consumer goods and services, the age composition of the population older than the able-bodied, the migration growth of the population and the growth rate of the number of unemployed in the Perm Region. The analysis made it possible to construct a linear multivariate model and a model in the state space. It is shown that these models cannot be used to predict the number of unemployed, due to poor predictive properties (the sum of the squares of deviations for a linear multivariate model in this case is 0.295, for a model in the state space – 2.354). At the same time, a regression-differential model of the change in the number of unemployed aged 15–72 years in the Perm Region was built. The obtained data showed that for this model, the sum of the squared deviations is 0.091. This suggests that the regression-differential model best describes the number of unemployed people aged 15–72 years in the Perm Region. Based on the obtained model, a forecast of the distribution of the number of unemployed in the region under consideration for 2021 and 2022 was made. The results obtained indicate that there will be a positive trend in reducing the number of unemployed. Over 7 years, it will decrease by 21.8 %.

Keywords: unemployment, population, migration, mathematical model, regression-differential model, linear model, forecasting, socio-economic system, correlation, correlation coefficient.

Проблема безработицы является очень важной проблемой в нашем обществе. Не решив проблему безработицы, невозможно найти пути решения по улучшению не только экономической, но и нравственной, моральной и духовной ситуации в России. Целью данной работы являлось построение прогнозной модели развития количества безработных в Пермском крае.

Безработными считаются [1] лица в возрасте 15–72 лет, которые в рассматриваемый период одновременно удовлетворяют следующим критериям:

- 1) не имеют работы;
- 2) занимаются поиском работы;
- 3) были готовы приступить к работе в течение обследуемой недели.

Данные, получаемые в результате такого обследования, публикуются Федеральной службой государственной статистики [2].

К основным причинам безработицы относятся [3] следующие:

- 1) экономический спад, вынуждающий работодателей снижать все ресурсы, в том числе и трудовые;
- 2) внедрение новых технологий – так, появление новых видов оборудования приводит к сокращению рабочей силы;
- 3) политика правительства;
- 4) сезонные изменения в уровне производства;
- 5) рост численности населения в трудоспособном возрасте.

Достаточно много работ посвящены такой социальной проблеме, как безработица. Так, авторы Р. Борзенков и В. Башкирова [4, 5] в своих работах отмечают, что основное влияние на безработицу оказывают: экономический спад, повышение минимального размера заработной платы, внедрение новых технологий, а также сезонные изменения в уровне производства в отдельных отраслях экономики. Вон Су Ми [6] в своих работах говорит о том, что проблема безработицы вызвана низким платежеспособным спросом и избыточностью населения.

Проблемы, связанные с безработицей, также были описаны и рассмотрены такими учеными, как У.А. Назарова [7], Н.А. Волгин [8], Д.А. Михалькевич [9], Р.И. Капелюшников [10], и многими другими. Однако, несмотря на большое количество работ, посвященных данной тематике, и значительную проработку теоретико-методологических аспектов [11], с течением времени факторы, влияющие на безработицу, изменяются, что требует постоянного углубления инструментария анализа [12].

Для моделирования количества безработных в возрасте 15–72 лет и прогнозирования их количества на ближайшие годы авторами были построены следующие математические модели:

1. Линейная многофакторная модель (ЛММ) – многофакторная экономическая линейная модель, устанавливающая зависимость между исследуемым показателем (критерием) и несколькими факторами.

2. Модель в пространстве состояний (МПС) – это такая модель, в которой факторы влияют не только на систему, но и сами на себя.

3. Регрессионно-дифференциальная модель (РДМ) – это нелинейная модель на основе дифференциального уравнения n -го порядка.

Рассмотрим динамику изменения численности безработных в возрасте 15–72 лет (y). Данный критерий зависит от многих факторов, рассмотрим наиболее значимые из них [11–13]:

x_1 – среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников, руб.;

x_2 – численность населения, тыс. чел.;

x_3 – число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.;

x_4 – стоимость фиксированного набора потребительских товаров и услуг, руб.;

x_5 – возрастной состав населения в возрасте старше трудоспособного, тыс. чел.;

x_6 – миграционный прирост населения, чел.

В данной работе проанализированы статистические данные по указанным факторам за 19 лет (с 2000 г.). Значения критерия и факторов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения факторов и критерия

Год	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
2000	151,7	2434	2878,9	233	2504,8	319 987	666
2001	98,2	3422	2858,5	245	2755,2	342 198	-190
2002	130,8	4287	2837,1	258	3031,1	362 136	-499
2003	103,3	5284	2813,7	289	3458,3	398 733	-3381
2004	104,6	6212	2783	305	3950,2	440 125	-4157
2005	112,5	7749	2751,5	315	4518,4	410 265	-3082
2006	98,8	9516	2718,7	312	5022,7	359 852	-3407
2007	91,8	11 856	2691,6	307	5751,5	378 954	-4406
2008	117,6	14 774	2673,9	289	6783,4	390 897	-4238
2009	140,6	15 228	2718,7	305,3	7649,5	328 695	-3751
2010	116,7	17 438	2648,6	320,4	8451,7	315 645	-4503
2011	104,1	18 773	2633,5	330,5	9230,7	259 867	-5135
2012	84,9	21 821	2631,1	345	9578,4	205 863	-4834
2013	86,6	24 716	2634,5	374,6	10 217,1	318 906	-4447
2014	74,8	27 102	2636,2	399	11 196,3	323 977	-3616
2015	81,7	28 528	2637	365	12 455,7	335 455	-4548
2016	76,5	30 651	2634,4	317,3	13 291,3	345 510	-4300
2017	77,5	32 952	2631,2	317,1	13 766,9	356 153	-5480
2018	67,7	35 802	2623,1	365,8	14 351,6	650 458	-6211

Для исключения влияния размерности для каждого конкретного критерия и фактора мы нашли его минимальное и максимальное значения по всем данным и рассчитали нормированные значения по формуле [14–16]

$$\tilde{y}_i(t_k) = \frac{y_i(t_k) - \min_t y_i(t_k)}{\max_t y_i(t_k) - \min_t y_i(t_k)},$$

где t_k – номер критерия или фактора в табл. 1, $t_k = \{t_1, t_2, \dots, t_K\}$, $k = \overline{1, K}$.

Факторы нормируются аналогично. Результаты нормирования приведены в табл. 2.

Далее проведем корреляционный анализ по формуле [15–17]

$$r_{i,j} = \frac{\sum((x_i(t) - \bar{x}_i)(x_j(t) - \bar{x}_j))}{\sqrt{\sum(x_i(t) - \bar{x}_i)^2 \sum(x_j(t) - \bar{x}_j)^2}},$$

где $\bar{x}_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_i(t_k)$ и $\bar{x}_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_j(t_k)$, i, j – номера факторов;

K – количество значений факторов.

Свойства парного коэффициента корреляции:

1) $-1 \leq r_{i,j} \leq 1 - r_{i,j}$ принимает значения на отрезке $[-1; 1]$, при этом чем ближе $|r_{i,j}|$ к единице, тем теснее связь между рассматриваемыми признаками;

2) при $|r_{i,j}| = 1$ корреляционная связь между рассматриваемыми признаками представляет собой линейную функциональную зависимость;

3) при $|r_{i,j}| = 0$ линейная корреляционная связь между рассматриваемыми признаками отсутствует (но это не означает невозможность наличия между ними нелинейной связи);

4) $r_{i,j} < 0$ указывает на наличие обратной зависимости между рассматриваемыми признаками (при увеличении одной переменной другая уменьшается);

5) $r_{i,j} > 0$ указывает на наличие прямой зависимости между рассматриваемыми признаками (при увеличении (уменьшении) одной переменной другая тоже возрастает (уменьшается));

6) если все значения признаков увеличить (уменьшить) на одно и то же число или в одно и то же число раз, то величина коэффициента корреляции не изменится [18, 19].

Результат корреляции приведен в табл. 3.

Таблица 2

Значения нормированных факторов и критерия

Год	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
2000	1	0	1	0	0	0,2567	1
2001	0,3043	0,0296	0,9203	0,0847	0,0211	0,3067	0,8755
2002	0,7282	0,0555	0,8366	0,1766	0,0444	0,3515	0,8306
2003	0,3706	0,0854	0,7451	0,3955	0,0805	0,4338	0,4116

Окончание табл. 2

Год	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
2004	0,3875	0,1132	0,6251	0,5085	0,1220	0,5269	0,2987
2005	0,4903	0,1593	0,5019	0,5791	0,1699	0,4597	0,4549
2006	0,3121	0,2122	0,3737	0,5579	0,2125	0,3464	0,4077
2007	0,2211	0,2824	0,2678	0,5226	0,2741	0,3893	0,2625
2008	0,5566	0,3698	0,1986	0,3955	0,3612	0,4162	0,2869
2009	0,8557	0,3834	0,3737	0,5106	0,4343	0,2763	0,3577
2010	0,5449	0,4497	0,0997	0,6172	0,5019	0,2469	0,2484
2011	0,3810	0,4897	0,0407	0,6886	0,5677	0,1215	0,1565
2012	0,1313	0,5810	0,0313	0,7909	0,5971	0	0,2002
2013	0,1534	0,6678	0,0446	1	0,6510	0,2543	0,2565
2014	0	0,7393	0,0512	1,1723	0,7337	0,2657	0,3773
2015	0,0897	0,7820	0,0543	0,9322	0,8399	0,2915	0,2418
2016	0,0221	0,8456	0,0442	0,5953	0,9105	0,3141	0,2779
2017	0,0351	0,9146	0,0317	0,5939	0,9506	0,3380	0,1063
2018	-0,0923	1	0	0,9379	1	1	0

Таблица 3

Коэффициенты парной корреляции между исследуемыми показателями в Пермском крае

Показатель	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
y	1,00	-0,73	0,66	-0,71	-0,71	-0,21	0,63
x_1	-0,73	1,00	-0,88	0,78	1,00	0,13	-0,74
x_2	0,66	-0,88	1,00	-0,84	-0,89	0,05	0,88
x_3	-0,71	0,78	-0,84	1,00	0,76	0,05	-0,75
x_4	-0,71	1,00	-0,89	0,76	1,00	0,10	-0,75
x_5	-0,21	0,13	0,05	0,05	0,10	1,00	-0,21
x_6	0,63	-0,74	0,88	-0,75	-0,75	-0,20	1,00

Как видно из табл. 3, наблюдается слабая корреляция между численностью безработных в возрасте 15–72 лет в Пермском крае и возрастным составом населения в возрасте старше трудоспособного. Во всех остальных случаях наблюдается достаточно сильная корреляция между численностью безработных и рассмотренными факторами.

Для построения ЛММ используем формулу [20]

$$y_i(t) = \beta_0 + \sum \beta_i x_i(t),$$

где β_0 – коэффициент эластичности модели; β_i – коэффициент влияния i -го фактора на критерий y ; $x_i(t)$ – значение i -го фактора.

Согласно методу наименьших квадратов, в качестве оценок неизвестных параметров β_0 и β_i следует брать такие значения выборочных характеристик b_0 и b_i , которые минимизируют сумму квадратов отклонений наблюдаемых значений зависимой переменной от оцененных значений, т.е.

$$Q = \sum_{i=1}^k (y_i(t) - \beta_0 - \sum \beta_i x_i(t))^2 \xrightarrow{\beta_0, \beta_i} \min.$$

После построения ЛММ были получены коэффициенты: $\beta_0 = 620,4268$, $\beta_1 = -0,095$, $\beta_2 = -0,3737$, $\beta_3 = -0,1436$, $\beta_4 = 0,2021$, $\beta_5 = 0,0001$, $\beta_6 = 0,0672$.

Полученные данные свидетельствуют о том, что коэффициент β_5 имеет очень малое значение. Таким образом, слабая корреляция и маленькое значение коэффициента β_5 приводят к тому, что возрастной состав населения в возрасте старше трудоспособного не влияет на моделируемый критерий – нормированное значение безработного населения в Пермском крае. В то же самое время наибольшее влияние на динамику численности безработных в Пермском крае оказывает численность населения, что вполне логично. Далее авторами была сделана оценка аппроксимации ЛММ. Полученные результаты на рис. 1 свидетельствуют о том, что данные по ЛММ и исходные данные по численности безработных близки, сумма квадратов отклонений в этом случае равна 0,295.

При построении МПС использовали формулы [21, 22]

$$x(t_i) = a + \bar{d} \bar{x}(t_{i-1});$$

$$y(t_i) = \bar{c} + \mathbf{B} \bar{x}(t_i),$$

где \mathbf{B} – матрица перехода из одного состояния в другое; a, \bar{c} – свободные коэффициенты; \bar{d} – вектор функции выхода; $\bar{x}(t_i)$ – вектор состояния.

На рис. 2 показаны результаты, полученные с помощью МПС, и исходные данные численности безработных в возрасте 15–72 лет в Пермском крае. Сумма квадратов отклонений в этом случае равна

2,354 для факторов и 0,885 для критериев. Полученные данные для двух типов моделей показали, что ЛММ лучше описывает исходные данные по численности безработных, чем МПС.

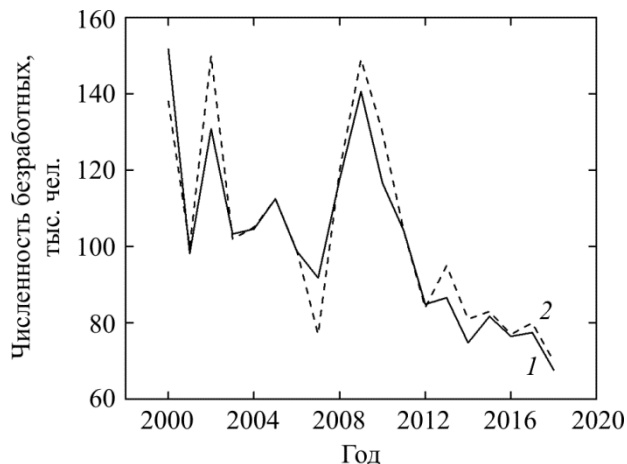


Рис. 1. Численность безработных в возрасте 15–72 лет в Пермском крае (ЛММ): 1 – исходные данные; 2 – линейная многофакторная модель

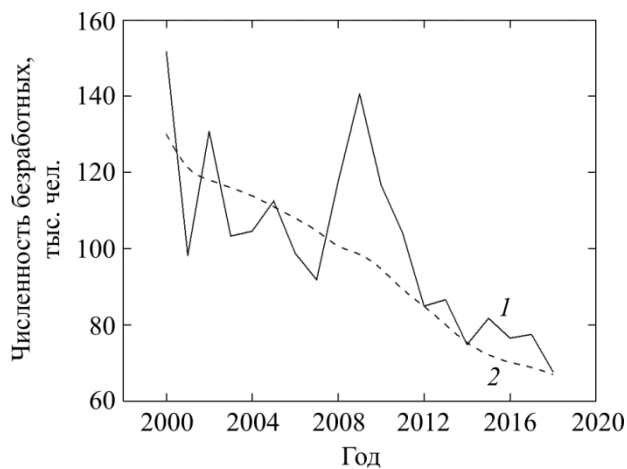


Рис. 2. Численность безработных в возрасте 15–72 лет в Пермском крае (МПС): 1 – исходные данные; 2 – модель в пространстве состояний

Последним этапом настоящей работы было построение РДМ. Данную модель рассмотрим на примере обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка [20, 22]:

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + g \frac{dy(t)}{dt} = a + by(t) + \sum_{i=1}^m c_i x_i(t) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m d_{ij} x_i(t) x_j(t) + \sum_{i=1}^m f_i(x_i(t))^2.$$

На рис. 3 показаны результаты, полученные с помощью РДМ, и исходные данные численности безработных в возрасте 15–72 лет в Пермском крае. Полученные результаты говорят о том, что данная модель наилучшим образом описывает численность безработных. Сумма квадратов отклонений в этом случае равна 0,091.

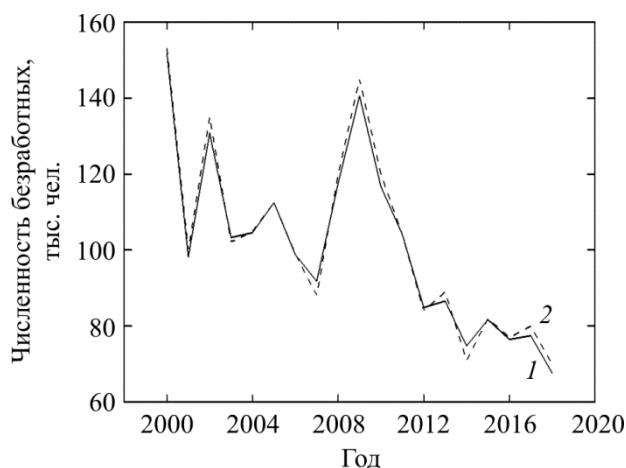


Рис. 3. Численность безработных в возрасте 15–72 лет в Пермском крае (РДМ): 1 – исходные данные; 2 – регрессионно-дифференциальная модель

Далее авторы хотели показать, насколько хорошо РДМ описывает данные по численности безработного населения в Пермском крае. Для этого были выбраны данные (табл. 4), опубликованные в Росстате за последние 3 года (2017–2019 гг.). Из сравнения этих данных с модельными значениями видно, что средняя ошибка прогнозируемых данных за период 2017 г. составляет 2,15 %, 2018 г. – 2,36 %, а за 2019 г. – 3,37 % (см. табл. 4). Это говорит о том, что рассматриваемая модель хорошо предсказывает наблюдаемые значения. Итоговый прогноз распределения численности безработных в Пермском крае показал, что численность безработных в 2021 г. может составить 64,5 тыс. чел., в 2022 г. – 59,8 тыс. чел.

Таблица 4

Результаты итогового прогноза распределения численности безработных в Пермском крае с помощью регрессионно-дифференциальной модели

Территория	Численность безработных, тыс. чел.					Прогноз численности безработных, тыс. чел.					Ошибка прогнозируемых данных		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2021 г.	2022 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2021 г.	2022 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Пермский край	77,5	67,7	62,9	–	–	79,2	69,3	65,1	64,5	59,8	2,15	2,36	3,37

В результате исследования были рассмотрены следующие математические модели: ЛММ, МПС и РДМ. Полученные результаты свидетельствуют о том, что регрессионно-дифференциальная модель наиболее эффективно описывает распределение численности безработных в Пермском крае. Построена прогнозная модель распределения численности безработных в возрасте 15–72 лет на 2021 и 2022 гг. Судя по прогнозу, в рассматриваемом крае будет наблюдаться положительная динамика по снижению количества безработных, за семь лет она составит 21,8 %. Необходимо в то же время отметить, что полученные результаты прогнозирования, возможно, могут не сойтись с фактическими данными из-за влияния пандемии, связанной с распространением новой вирусной инфекции COVID-19.

Список литературы

1. Уровень безработицы по методологии МОТ [Электронный ресурс]. – URL: https://studopedia.su/20_74478_uroven-bezrabotitsi-po-metodologii-mot.html (дата обращения: 01.08.2021).
2. Уровень безработицы по методологии Международной организации труда (оперативные данные) [Электронный ресурс] / Федер. служба гос. стат. – URL: <https://fedstat.ru/indicator/57341> (дата обращения: 02.08.2021).
3. Виды безработицы [Электронный ресурс]. – URL: <https://skysmart.ru/articles/obshchestvoznaniye/vidy-bezraboticy> (дата обращения: 10.08.2021).
4. Борзенков Р. Территориальные аспекты малого бизнеса и занятость населения // Человек и труд. – 2012. – № 11. – С. 61–63.

5. Башкирова В.Е. Занятость и безработица. Причины. Методы борьбы // Гуманитарные научные исследования. – 2016. – № 2 (54). – С. 304–306.
6. Вон С.М. Безработица: ее причины и последствия // Молодой ученый. – 2016. – № 17-1 (121). – С. 71–77.
7. Назарова У.А., Деревяшкина Н.С. Аномалии регионального рынка труда // Уровень жизни населения регионов России. – 2016. – № 3 (201). – С. 89–97.
8. Волгин Н.А. Социальные последствия экономического кризиса и механизмы их минимизации // Современная наука. – 2015. – № 2. – С. 30–34.
9. Михалькевич Д.А. Определение безработицы и причины ее образования // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 3 (15). – С. 87–90.
10. Гимпельсон В., Капелюшников Р., Рыжикова З. Движение рабочих мест в российской экономике: в поисках «созидательного разрушения» // Экономическая политика. – 2012. – № 4. – С. 5–21.
11. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ динамики уровня безработного населения в возрасте 15–72 лет // Известия вузов. Сер. Экономика, финансы и управление производством. – 2019. – Вып. 4 (42), – С. 77–82.
12. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ доли занятых и безработных лиц среди мужского и женского населения Российской Федерации // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2020. – № 3 (86). – С. 64–69.
13. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Прогнозирование количества безработных в Приморском крае, Новосибирской и Свердловской областях // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2020. – № 2 (26). – С. 77–84.
14. Затонский А.В., Сиротина Н.А., Янченко Т.В. Об аппроксимации факторов дифференциальной модели социально-экономической системы // Современные исследования социальных проблем: электрон. науч. журн. – 2012. – № 11. – С. 6.
15. Сергеева А.О., Измайлова Е.В. Прогнозирование цен на рынке первичного жилья в Санкт-Петербурге на основе регрессионно-дифференциального моделирования // Прикладная математика и вопросы управления. – 2019. – № 4. – С. 157–167. DOI: 10.15593/2499-9873/2019.4.10
16. Затонский А.В., Тугашова Л.Г., Барова А.Е. Моделирование и прогнозирование развития внутреннего и внешнего туризма в Турции // Прикладная математика и вопросы управления. – 2019. – № 2. – С. 135–150. DOI: 10.15593/2499-9873/2019.2.07
17. Затонский А.В., Сафьянова Т.В. Управление динамикой регионального социального ресурса на основе регрессионно-дифференциального моделирования // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2016. – Вып. 16, № 2. – С. 101–115.

18. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ объемов производства продукции растениеводства в различных хозяйствах // Вестник Марийского государственного университета. Сер. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 92–100. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-1-92-100

19. Положенцева Ю.С. Управление дифференциацией социально-экономических систем регионов на основе мобилизации внутренних и привлечения внешних ресурсов развития // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – Т. 21, № 2 (71). – С. 137–149. DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-2-137-149

20. Затонский А.В., Янченко Т.В. Метод управления развитием социального ресурса региона на основе регрессионно-дифференциального моделирования // Управление большими системами. – 2015. – № 54. – С. 86–113.

21. Затонский А.В. Теоретический подход к управлению социально-техническими системами // Программные продукты и системы. – 2008. – № 1. – С. 29–32.

22. Иванова Е.В., Затонский А.В. Оценка и моделирование научно-исследовательской работы студентов как многоагентной системы // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 7. – С. 75–78.

References

1. Unemployment rate according to the methodology of the International Labor Organization, available at: https://studopedia.su/20_74478_uroven-bezrobotitsi-po-metodologii-mot.html (accessed 01 August 2021).

2. Unemployment rate (according to the methodology of the International Labor Organization) (operational data), available at: <https://fedstat.ru/indicator/57341> (accessed 02 August 2021).

3. Types of unemployment, available at: <https://skysmart.ru/articles/obshchestvoznanie/vidy-bezroboticy> (accessed 10 August 2021).

4. Borzenkov R. Territorial'nye aspekty malogo biznesa i zaniatost' naseleniia [Territorial aspects of small business and employment of the population]. *Chelovek i trud*, 2012, no. 11, pp. 61-63.

5. Bashkirova V.E. Zaniatost' i bezrobotitsa. Prichiny. Metody bor'by [Employment and unemployment. Causes. The methods of struggle]. *Gumanitarnye nauchnye issledovaniia*, 2016, no. 2 (54), pp. 304-306.

6. Von S.M. Bezrobotitsa: ee prichiny i posledstviia [Unemployment: its causes and consequences]. *Molodoi uchenyi*, 2016, no. 17-1 (121), pp. 71-77.

7. Nazarova U.A., Dereviashkina N.S. Anomalii regional'nogo rynka truda [Anomalies of the Regional Labour Market]. *Uroven' zhizni naseleniia regionov Rossiia*, 2016, no. 3 (201), pp. 89-97.

8. Volgin N.A. Sotsial'nye posledstviia ekonomicheskogo krizisa i mekhanizmy ikh minimizatsii [The social consequences of the economic crisis and the mechanisms to minimize them]. *Sovremennaiia nauka*, 2015, no. 2, pp. 30-34.

9. Mikhail'kevich D.A. Opredelenie bezrobotitsy i prichiny ee obrazovaniia [Definition of unemployment and the reasons for its formation]. *Voprosy nauki i obrazovaniia*. 2018, no. 3(15), pp. 87-90.

10. Gimpel'son V., Kapeliushnikov R., Ryzhikova Z. Dvizhenie rabochikh mest v rossiiskoi ekonomike: v poiskakh «sozidatel'nogo razrusheniia» [The movement of jobs in the Russian economy: in search of "creative destruction"]. *Ekonomicheskaiia politika*, 2012, no. 4. pp. 5-21.

11. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Analiz dinamiki urovnia bezrobotnogo naseleniia v vozraste 15-72 let [Analysis of the dynamics of the level of the unemployed population aged 15-72 years]. *News Of Higher Educational Institutions. A Series «Economy, Finance And Production Management»*, 2019, no. 4 (42), pp. 77-82.

12. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Analiz doli zaniatykh i bezrobotnykh lits sredi muzhskogo i zhenskogo naseleniia Rossiiskoi Federatsii [Analysis of the share of employed and unemployed persons among the male and female population of the Russian Federation]. *Sotsial'no-ekonomicheskie i tekhnicheskie sistemy: issledovanie, proektirovanie, optimizatsiia*, 2020, no. 3 (86), pp. 64-69.

13. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Prognozirovanie kolichestva bezrobotnykh v Primorskom krae, Novosibirskoi i Sverdlovskoi oblastiakh [Forecasting the number of unemployed in the Primorsky Territory, Novosibirsk and Sverdlovsk regions]. *Actual Problems of Economics and Management*, 2020, no. 2 (26), pp. 77-84.

14. Zatonskii A.V., Sirotina N.A., Ianchenko T.V. Ob approksimatsii faktorov differentsial'noi modeli sotsial'no-ekonomicheskoi sistemy [About approximation of factors in development's differential model for agriculture of Perm region]. *Sovremennye issledovaniia sotsial'nykh problem (elektronnyi nauchnyi zhurnal)*, 2012, no. 11, 6 p.

15. Sergeeva A.O., Izmailova E.V. Prognozirovanie tsen na rynke pervichnogo zhill'ia v Sankt-Peterburge na osnove regressionno-differentsial'nogo modelirovaniia [Prices forecasting in the primary housing market in Saint-Petersburg based on regression-differential modeling]. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2019, no. 4, pp. 157–167. DOI: 10.15593/2499-9873/2019.4.10.

16. Zatonskii A.V., Tugashova L.G., Barova A.E. Modelirovanie i prognozirovanie razvitiia vnutrennego i vneshnego turizma v Turtsii [Modeling and forecasting of domestic and international tourism in Turkey]. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2019, no. 2, pp. 135-150. DOI: 10.15593/2499-9873/2019.2.07

17. Zatonskii A.V., Saf'ianova T.V. Upravlenie dinamikoi regional'nogo sotsial'nogo resursa na osnove regressionno-differentsial'nogo modelirovaniia

[Control of the Regional Social Resource Dynamic Based on the Regression-differential Simulation]. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer technologies, control, radio electronics*, 2016, iss. 16, no. 2, pp. 101-115.

18. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Analiz ob'emov proizvodstva produktsii rastenievodstva v razlichnykh khoziaistvakh [Analysis of crop production volume in various farms]. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2020, iss. 6, no. 1, pp. 92-100. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-1-92-100

19. Polozhentseva Iu.S. Upravlenie differentsiatsiei sotsial'no-ekonomicheskikh sistem regionov na osnove mobilizatsii vnutrennikh i privlecheniia vneshnikh resursov razvitiia [Control of Differentiation of Socio-Economic Systems of Regions on the Basis of the Mobilization of Internal And Attraction of External Development Resources, Proceeding of Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 2(71), pp. 137-149. DOI 10.21869/2223-1560-2017-21-2-137-149

20. Zatonskii A.V., Ianchenko T.V. Metod upravleniia razvitiem sotsial'nogo resursa regiona na osnove regressionno-differentsial'nogo modelirovaniia [Method of controlling the development of the social resource of the region on the basis of regression-differential simulation]. *Large-Scale Systems Control*, 2015, no. 54, pp. 86-113.

21. Zatonskii A.V. Teoreticheskii podkhod k upravleniiu sotsial'no-tekhnicheskimi sistemami [A theoretical approach to the management of social and technical systems]. *Programmnye produkty i sistemy*, 2008, no. 1, pp. 29-32.

22. Ivanova E.V., Zatonskii A.V. Otsenka i modelirovanie nauchno-issledovatel'skoi raboty studentov kak mnogoagentnoi sistemy [Assessment and modeling of students' research work as a multi-agent system]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2009, no. 7, pp. 75-78.

Статья получена: 11.09.2021

Статья принята: 20.09.2021

Сведения об авторах

Куленцан Антон Львович (Иваново, Россия) – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и цифровая экономика», Ивановский государственный химико-технологический университет (153000, Иваново, пр. Шереметевский, 10, e-mail: kulencan@mail.ru).

Марчук Наталья Александровна (Иваново, Россия) – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и цифровая экономика», Ивановский государственный химико-технологический университет (153000, Иваново, пр. Шереметевский, 10, e-mail: chy85@rambler.ru).

About the authors

Anton L. Kulentsan (Ivanovo, Russian Federation) – Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Information Technologies and Digital Economy, Ivanovo State University of Chemical and Technology (10, Sheremetyevo av., Ivanovo, 153000, e-mail: kulencan@mail.ru).

Natalia A. Marchuk (Ivanovo, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Information Technologies and Digital Economy, Ivanovo State University of Chemical and Technology (10, Sheremetyevo av., Ivanovo, 153000, e-mail: chyk85@rambler.ru).

Библиографическое описание статьи согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018:

Куленцан, А.Л. Моделирование и прогнозирование количества безработных в Пермском крае / А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук. – текст : непосредственный. – DOI: 10.15593/2499-9873/2021.3.08 // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2021. – № 3. – С. 154–168.

Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Моделирование и прогнозирование количества безработных в Пермском крае // Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – № 3. – С. 154–168. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.3.08

Цитирование статьи в references и международных изданиях

Cite this article as:

Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Modeling and forecasting the number of unemployed in the Perm region. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2021, no. 3, pp. 154-168. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.3.08