УДК 314.4

DOI: 10.33184/ksnf2021-2021-11-24.19

*Прудников В. Б.
кандидат технических наук,
доцент кафедры цифровой экономики и коммуникаций
Башкирского государственного университета
(г. Уфа, Россия)*

*Утяшева И. Б.
Начальник отдела статистики населения и здравоохранения,
Башкортостанстат
(г. Уфа, Россия)*

Моделирование возрастных коэффициентов смертности и эффект влияния пандемии (на примере Республики Башкортостан)

Аннотация: в статье приводятся результаты исследования смертности населения по причине злокачественных новообразований в контексте влияния пандемии COVID-19 на примере данных о всем населении (оба пола) Республики Башкортостан. Построенные модели Ли-Картера в сочетании с ARIMA-моделью позволяют построить среднесрочный прогноз до 2030 года. Выявлено, что в отдельных возрастных когортах прогнозируется значительный рост смертности (особенно выраженный в когортах «15-34» и «50-59»).

Ключевые слова: возрастные коэффициенты, смертность населения, модель Ли-Картера, ARIMA, Республика Башкортостан.

*V. Prudnikov
associate professor,
Bashkir state University, Ufa, Russia*

*I. Utyasheva
Head of the Department of Population and Health Statistics,
Bashkortostanstat, Ufa, Russia*

Age mortality rates and the effect of the impact of COVID-19 (on the example of the Republic of Bashkortostan)

Abstract: The article presents the results of a study of population mortality due to malignant neoplasms in the context of the impact of the COVID-19 pandemic using the example of data on the entire population (both sexes) of the Republic of Bashkortostan. The constructed Lee-Carter models in combination with the ARIMA model make it possible to construct a medium-term forecast up to 2030. It was revealed

that in some age cohorts a significant increase in mortality is predicted (especially pronounced in the cohorts "15-34" and "50-59").

Keywords: age rates, mortality, Lee-Carter model, ARIMA, Republic of Bashkortostan.

Введение. Страны Содружества Независимых Государств обладают общей историей, культурой, человеческим потенциалом. На рис. 1 приведены графики изменения ожидаемой продолжительности жизни населения стран СНГ при рождении с 1990 по 2019 гг., по данным Всемирного банка [1]. Паттерны кривых подтверждают этот тезис и делают правомерным попытку изучения смертности населения на примере одного из регионов Российской Федерации – Республики Башкортостан.

Рис. 1. Динамика ожидаемой продолжительности жизни в странах СНГ в 1960-2019 гг., лет

Источники: [1]

В качестве рабочей гипотезы исследования выступало предположение о том, что пандемия COVID-19 неизбежно оказала влияние на текущие демографические показатели (ожидаемую продолжительность жизни), но и на результаты демографического прогнозирования смертности.

Целью исследования являлся анализ смертности населения Республики Башкортостан по причине злокачественных новообразований, а также построение прогноза изменения возрастных коэффициентов смертности до 2030 года.

Анализ проводился для категории «оба пола», для населения в целом (городское и сельское население).

Исходные данные и методы исследования

Исходные данные были представлены возрастными коэффициентами смертности по причине злокачественных новообразований за период с 1990 по 2020 год (данные до 2018 года рассчитаны и любезно предоставлены

З.Ф. Аскаровой; а данные за 2019 и 2020 годы были рассчитаны авторами на основе данных Башкортостанстата (распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти в 2019 и 2020 гг.; возрастная структура населения на 1 января 2019, 2020 и 2021 года, [2, 3, 4, 5]).

Прогнозирование выполнено с помощью модели Ли-Картера [6], с использованием модели «ARIMA». Подробное описание модели Ли-Картера может быть найдено в оригинальной статье [6].

Расчеты проводились в программном комплексе RStudio на скриптовом языке R версии 3.5.3.

Результаты и дискуссия. Прогнозирование на 2019-2020 гг. по модели «Ли-Картер+ARIMA» на данных 1990-2018 гг.

Визуальный анализ эмпирических автокорреляционной и частной автокорреляционной функций, а также результаты расширенного теста Дики-Фуллера для ряда первых разностей процесса временного ряда k_t не позволяют отвергнуть гипотезу о стационарности (на уровне $p\text{-value}=0.0015$).

Для подбора параметров ARIMA модели была использована функция `auto.arima()` пакета `forecast` в R, в качестве критерия соответствия выбирался информационный критерий Акаике (AIC). Выявлено, что лучшей временной ряд k_t следует моделировать моделью авторегрессии первого порядка на первых разностях ARIMA(1, 1, 0) с константой.

В табл. 1 приведены прогнозные и фактические значения возрастных коэффициентов смертности для обоих полов по причине злокачественных новообразований в 2019 и 2020 гг.

Таблица 1 - Динамика возрастных коэффициентов смертности (все население, оба пола), на 1000 чел.

Возраст	1990	2000	2018	2019 прогноз)	2019 (факт)	2020 прогноз)	2020 (факт)
	2	3	4	5	6	7	8
0-1	0.101	0.098	0.021	0.023	0.096	0.020	0.073
1-4	0.093	0.119	0.023	0.024	0.028	0.020	0.035
5-9	0.059	0.061	0.011	0.020	0.018	0.017	0.038
10-14	0.034	0.055	0.030	0.026	0.008	0.023	0.044
15-19	0.095	0.083	0.020	0.026	0.034	0.023	0.024
20-24	0.091	0.090	0.062	0.060	0.053	0.056	0.050
25-30	0.144	0.155	0.090	0.091	0.090	0.085	0.077
30-34	0.213	0.201	0.185	0.178	0.156	0.174	0.178
35-39	0.370	0.353	0.314	0.300	0.336	0.288	0.343
40-44	0.762	0.748	0.678	0.536	0.499	0.511	0.577
45-49	1.410	1.270	0.973	0.976	0.967	0.927	1.056
50-54	2.428	2.620	1.888	1.748	1.668	1.668	1.559
55-59	3.851	3.536	3.160	2.971	2.977	2.885	2.682
60-64	5.477	4.835	4.487	4.361	4.337	4.270	4.511
65-69	7.196	6.431	6.534	5.621	6.185	5.515	6.064
70+	6.573	6.726	7.957	6.701	8.250	6.716	7.866

Источник: Башкортостанстат, расчеты авторов

Полученные результаты (столбцы 5-8 табл. 1) свидетельствуют о том, что, несмотря на соответствие прогнозных и фактических значений возрастных коэффициентов смертности в детских, подростковых и средних возрастах, для младенцев (0-1) и для самых старших возрастных когорт получены достаточно явные превышения фактических значений над прогнозными. При этом, для младенческой смертности фактические значения превышают прогнозные в несколько раз. Анализ результатов в части 2020 года позволяет сделать заключение о том, что пандемия коронавируса значительно повлияла на смертность в целом, в том числе на смертность по причине злокачественных новообразований (для большинства возрастов фактические коэффициенты смертности в 2020 году оказались выше прогнозных). Особенно выражено отличие для младенческой смертности – 0.073 чел. на 1000 чел. против 0.02 в прогнозе и для самой старшей когорты «70 лет и старше» – 7.9 чел. на 1000 чел. населения против прогнозируемых 6.7 чел. Здесь важно отметить необходимость дополнительной проверки этой гипотезы, после получения информации о смертности в 2021 и последующих годах.

Прогнозирование до 2030 гг. по модели «Ли-Картер+ARIMA» на данных 1990-2020 гг.

Второй задачей исследования являлось прогнозирование возрастных коэффициентов смертности на период до 2030 года, с учетом имеющейся информации за 2019 и 2020 гг. В результате идентификации коэффициентов модели Ли-Картера (α_x , β_x и k_t) с учетом дополнительной информации значительных изменений не произошло.

Тип процесса k_t был, как и ранее, оценен автоматически и определен как процесс авторегрессии первого порядка на ряду первых разностей, но в данном случае без тренда, то есть для моделирования была выбрана модель ARIMA(1,1,0) без константы.

Рис. 2. Прогноз изменения возрастных коэффициентов смертности по причине злокачественных новообразований к 2030 года

Источники: расчеты авторов

Рис. 2. Динамика изменения возрастных коэффициентов смертности (муж.) по причине злокачественных новообразований

Таблица 2 – Оценка прогнозного изменения возрастных коэффициентов смертности населения 2030 года к фактическим значениям в 2020 году, %

Возрастная группа	0-1	1-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34
Прогноз та/падения, %	-54.92	-2.84	29.09	25.71	52.72	38.81	32.60	5.40
Возрастная группа	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70+
Прогноз та/падения, %	-5.06	2.84	2.93	23.45	17.73	0.98	-3.60	-15.20

Источник: расчеты авторов

На рис. 2 приведены три графика возрастных коэффициентов смертности, соответствующие 1990, 2020 и 2030 (прогноз), соответственно. Обращает на себя внимание, во-первых, возможный рост смертности по причине злокачественных новообразований в младшем трудоспособном возрасте (с 20 до примерно 35 лет) и в предпенсионном возрасте. Этот вывод также следует из табл. 2, в которой представлены прогнозные изменения (в %) возрастных коэффициентов смертности населения (по отношению к «базовому» 2020 году).

Прогнозируется также продолжение тренда на снижение младенческой смертности, в связи с развитием медицинских технологий.

Заключение и выводы

Проведенное исследование можно рассматривать как попытку начала изучения влияния пандемии коронавирусной инфекции на смертность, в том числе по причинам смертности (в данном случае – по причине злокачественных новообразований).

Первые результаты могут свидетельствовать о наличии такого влияния, особенно выраженного в возрастах 15-35 и 50-59. Для уточнения данного вывода необходимо получение информации о смертности за 2021 и в последующие

годы. При этом исследование может быть значительно углублено за счет рассмотрения влияния пандемии на смертность по другим группам причин заболеваний, классов населения, а также рассмотрения других территорий, стран, регионов, в том числе в рамках СНГ.

Тем не менее, полученные результаты могут свидетельствовать о влиянии COVID-19 на рост смертности населения в долгосрочной перспективе. Данный вывод может быть также отнесен к регионам и странам, входящим в СНГ, поскольку, как следует из рис. 1, паттерны изменения продолжительности предстоящей жизни достаточно близки.

Авторы благодарят З.Ф. Аскарову за представленные результаты расчетов возрастных коэффициентов смертности по причинам за период с 1990 по 2018 гг.

Литература

1. Ожидаемая продолжительность жизни в странах мира. TheWorldbank. Информационный портал Всемирного банка. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://api.worldbank.org/v2/en/indicator/SP.DYN.LE00.IN?downloadformat=excel>. (дата обращения: 01.12.2021)
2. Демографические процессы в Республике Башкортостан: статистический сборник – Уфа: Башкортостанстат, 2021. – 131 с.
3. Возрастной состав населения Республики Башкортостан: Статистический сборник. В 2 ч. Ч. 1/ Башкортостанстат - Уфа, 2020. – 70 с.
4. Возрастной состав населения Республики Башкортостан: статистический сборник. В 2ч. Ч. I – Уфа: Башкортостанстат, 2019. – 70 с.
5. Таблицы умерших в 2020 году по полу, возрасту и причине смерти. Оперативная информация Башкортостанстата (данные представлены 02.10.2021 г.).
6. Lee R.D., Carter L.R. Modeling and forecasting U.S. mortality // Journal of the American Statistical Association. 1992. № 87. Pp. 659-675. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://links.jstor.org/sici?sici=0162-1459%28199209%2987%3A419%3C659%3AMAFUSM%3E2.0.CO%3B2-T>.

© Прудников В.Б., Утяшева И.Б., 2021