

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.45.2.014](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.45.2.014)

Визуальное и прогностическое моделирование заболеваемости артериальной гипертензией лиц старших возрастных групп и их диспансеризации

Е.Я. Гафанович¹, А.В. Ломаков^{2✉}, А.И. Львович², О.Н. Чопоров³

¹Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского,
Саратов, Российская Федерация

²Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация

³Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Воронеж, Российская Федерация

Резюме. В статье рассматривается использование результатов анализа динамики показателей заболеваемости и диспансеризации населения региона на основе визуального и прогностического моделирования многолетней медико-статистической информации. В качестве группы заболеваний выбрана артериальная гипертензия. Используются данные медицинской статистики Воронежской области за 2013–2022 годы. Предложено провести визуальное моделирование временных рядов, характеризующих динамику показателей заболеваемости и диспансеризации, на основе анализа их графического представления и использования механизмов наглядно-образной интуиции человека при сопоставлении результатов визуализации. Визуальное моделирование позволило охарактеризовать тенденцию ежегодного прироста уровня заболеваемости артериальной гипертензией взрослого населения Воронежской области и установить важную для принятия решений органами управления здравоохранением информацию о периодах снижения темпа роста заболеваемости. Другой важной для органов управления оценкой является адекватность процесса диспансеризации тенденциям в динамике заболеваемости, которая устанавливается путем сопоставления результатов визуализации и определяется совпадающими изменениями при графическом представлении временных рядов соответствующих показателей. Для использования результатов прогностического моделирования в первую очередь по величине среднеквадратичной ошибки прогноза динамики временных рядов сравнивается ряд методов: авторегрессионное интегрированное скользящее среднее, простое экспоненциальное сглаживание, метод линейного Хольта, тройное экспоненциальное сглаживание. Сделан вывод о том, что первый метод показывает наилучший результат, а прогнозные оценки подтверждают результаты визуального анализа. Эти оценки ориентируют органы управления здравоохранением сохранять в будущие временные периоды темпы роста ресурсного обеспечения, выделяемого на проведение диспансеризации в регионе.

Ключевые слова: медико-статистическая информация, заболеваемость, диспансеризация, визуализация данных, прогностическое моделирование, управление ресурсным обеспечением.

Для цитирования: Гафанович Е.Я., Ломаков А.В., Львович А.И., Чопоров О.Н. Визуальное и прогностическое моделирование заболеваемости артериальной гипертензией лиц старших возрастных групп и их диспансеризации. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1565> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.014

Visual and predictive modeling of morbidity arterial hypertension in older age groups and their medical examination

E.Ya. Gafanovich¹, A.V. Lomakov^{2✉}, A.I. Lvovich², O.N. Choporov³

¹*Saratov State Medical University named after V.I. Rasumoskiy, Saratov,
the Russian Federation*

²*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation*

³*Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh,
the Russian Federation*

Abstract. The article discusses the use of the results of an analysis of the dynamics of morbidity indicators and clinical examination of the population of the region based on visual and prognostic modeling of long-term medical and statistical information. Arterial hypertension was chosen as a group of diseases. Medical statistics data from the Voronezh region for 2013–2022 were used. It is proposed to carry out visual modeling of time series characterizing the dynamics of morbidity and clinical examination indicators, based on the analysis of their graphical representation and the use of human visual-figurative intuition mechanisms when comparing visualization results. Visual modeling made it possible to characterize the trend in the annual increase in the incidence of hypertension in the adult population of the Voronezh region and to establish important information for decision-making by healthcare authorities about periods of decreasing incidence growth rates. Another important assessment for government authorities is the adequacy of the clinical examination process to trends in the dynamics of morbidity, which is established by comparing visualization results and is determined by coinciding changes in the graphical presentation of time series of relevant indicators. To use the results of predictive modeling, first of all, a number of methods are compared in terms of the root mean square error of forecasting the dynamics of time series: autoregressive integrated moving average, simple exponential smoothing, linear Holt method, triple exponential smoothing. It is concluded that the first method shows the best result, and the forecast estimates confirm the results of visual analysis. These estimates guide healthcare authorities to maintain the growth rate of resources allocated for medical examinations in the region in future periods.

Keywords: medical and statistical information, morbidity, medical examinations, data visualization, predictive modeling, resource management.

For citation: Gafanovich E.Ya., Lomakov A.V., Lvovich A.I., Choporov O.N. Visual and predictive modeling of morbidity arterial hypertension in older age groups and their medical examination. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1565> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.014 (In Russ.).

Введение

В настоящее время для повышения эффективности управления в организационных системах здравоохранения активно используются различные методы моделирования [1, 2], в том числе основанные на обработке многолетней медико-статистической информации [3, 4]. В качестве исходной информации для построения моделей, ориентированных на оптимизацию ресурсного обеспечения медицинского обслуживания в регионе, являются временные ряды показателей заболеваемости и диспансеризации населения. При принятии управленческих решений ряд тенденций в динамике этих показателей достаточно анализировать с использованием визуального моделирования [5, 6]. В том случае, когда определяется горизонт планирования ресурсного обеспечения, осуществляют прогностическое моделирование временных рядов с применением машинного обучения нейронных сетей и регрессионных моделей [7].

Указанные формы моделирования позволяют при управлении ресурсным обеспечением в организационных системах здравоохранения более эффективно решать ряд задач:

- сравнение динамики показателей общей и первичной заболеваемости [8];
- установление адекватности процесса диспансеризации тенденциям в динамике заболеваемости [9];

– распределение ресурсного обеспечения с учетом оценки затрат по диспансеризации, проводимых региональными органами управления здравоохранением с целью снижения заболеваемости [10].

Возможность решения перечисленных задач с использованием визуального и прогностического моделирования требует привязки к определенной группе заболеваний. Одной из таких групп является артериальная гипертензия (АГ) лиц старшего и пожилого возраста. Актуальность такого исследования определяется тем, что АГ является распространенным заболеванием сердечно-сосудистой системы, которым страдают 20-30 % взрослого населения [11]. Для возраст-зависимых больных увеличивается риск влияния повышения артериального давления на органы-мишени [12]. По этой причине результат многолетнего медико-статистического учета целесообразно анализировать не только для эссенциальной гипертензии, но и АГ с преимущественным поражением сердца, почек, сердца и почек.

Целью статьи является анализ динамики показателей заболеваемости АГ лиц старших возрастных групп и их диспансеризации на основе многолетней медико-статистической информации, ориентированный на корректировку принятия решений органами управления здравоохранением на региональном уровне. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- формирование результатов анализа медико-статистической информации на основе визуального моделирования;
- формирование результатов анализа медико-статистической информации на основе прогностического моделирования.

Формирование результатов анализа медико-статистической информации на основе визуального моделирования

Для анализа заболеваемости болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением, среди населения Воронежской области использовались официальные данные за 10-летний период с 2013 по 2022 годы.

Исследовались следующие показатели:

- общая заболеваемость;
- первичная заболеваемость;
- число больных с впервые в жизни установленным диагнозом взято под диспансерное наблюдение;
- число больных с впервые в жизни установленным диагнозом выявлено при профосмотре;
- число больных с впервые в жизни установленным диагнозом выявлено при диспансеризации;
- число лиц, состоящих под диспансерным наблюдением на конец года.

Перечисленные показатели исследовались по следующим нозологиям:

- болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением;
- эссенциальная гипертензия;
- гипертензивная болезнь сердца (гипертоническая болезнь с преимущественным поражением сердца);
- гипертензивная (гипертоническая) болезнь с преимущественным поражением почек;
- гипертензивная (гипертоническая) болезнь с преимущественным поражением сердца и почек.

Визуальный анализ основан на использовании эффективных механизмов наглядно-образной интуиции человека при сравнении временных графиков

динамических процессов [5]. С этой целью осуществляется визуализация [6] временных рядов медико-статистической информации за 2013–2022 годы. Полученные графики позволяют сопоставить тенденции многолетней динамики:

- заболеваемости АГ лиц старшего и пожилого возраста в целом по региону и отдельно проживающих в областном центре и сельской местности;
- общей и первичной заболеваемости по разным нозологиям АГ, характерным для взрослого населения;
- общей заболеваемости АГ и числа больных, взятых под диспансерное наблюдение с выделением лиц старшего возраста, выявленных при диспансеризации и профосмотре.

Для визуального анализа показателей заболеваемости АГ взрослого населения региона осуществлено графическое представление временных рядов, приведенных на Рисунках 1–2.

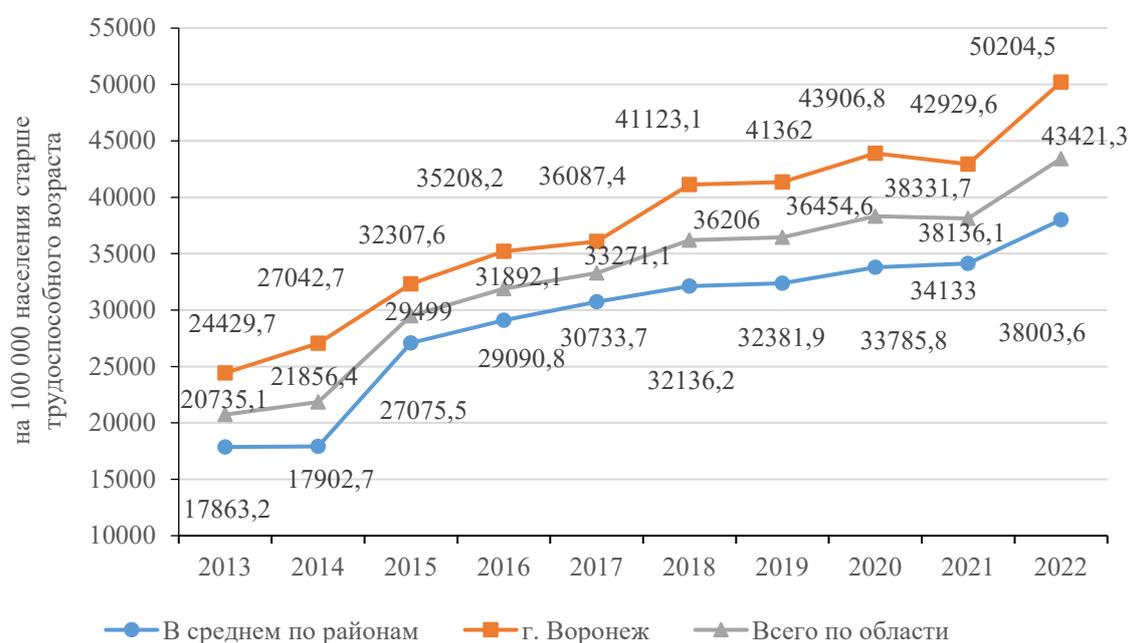


Рисунок 1 – Уровень общей заболеваемости болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением среди населения Воронежской области, по данным за 2013–2022 гг. (на 100 000 населения старше трудоспособного возраста)

Figure 1 – The level of general incidence of diseases characterized by high blood pressure among the population of the Voronezh region, according to data for 2013–2022 (per 100,000 population over working age)

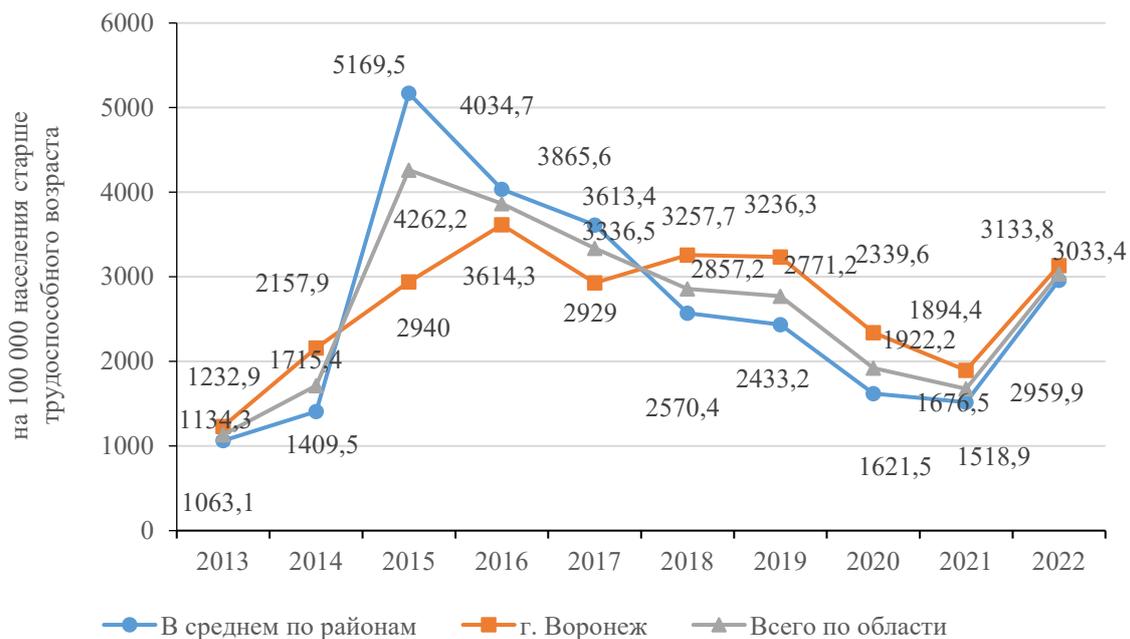


Рисунок 2 – Уровень первичной заболеваемости болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением среди населения Воронежской области, по данным за 2013–2022 гг. (на 100 000 населения старше трудоспособного возраста)

Figure 2 – Level of primary incidence of diseases characterized by high blood pressure among the population of the Voronezh region, according to data for 2013–2022 (per 100,000 population over working age)

Сопоставление результатов визуализации показывает, что у взрослого населения областного центра сохраняется тенденция ежегодного прироста уровня общей заболеваемости, при этом он выше, чем у сельского населения. Также заметно, что если темпы прироста снижались (Рисунок 1), то в 2022 году произошло повышение интенсивности эпидемиологического процесса. Характер временного ряда уровня первичной заболеваемости (Рисунок 2) имеет отличия: нерегулярные изменения до 2018 года, после 2018 года совпадает с тенденцией изменения общей заболеваемости.

Графики временных рядов, аналогичные представленным на Рисунках 1–2 построены для ряда нозологий МКБ110-113. Эссенциальная гипертензия, гипертензивная болезнь с преимущественным поражением сердца, почек, сердца и почек.

Для этих нозологий сохраняются тенденции многолетней динамики, выявленные при визуальном анализе суммарной заболеваемости всей группы болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением.

Визуальный анализ позволяет оценить степень активности причин и условий, приводящих к повышению АД у лиц старшего и пожилого возраста. Судя по графикам временных рядов общей заболеваемости (Рисунок 1), их действие включает периоды роста (2013–2017 гг.), стабильности (2018–2021 гг.) и последующего роста в 2022 году первичной заболеваемости (Рисунок 2) – периоды нерегулярных изменений (2013–2017 гг.), стабильного снижения (2018–2021 гг.) и последующего роста в 2022 году. Эти оценки позволяют считать, что мероприятия, проводимые в Воронежской области по снижению влияния на заболеваемость АГ взрослого населения бытовых, социально-экономических, экологических и других причин, и, соответственно, ресурсное

обеспечение, выделяемое органами управления для этих целей, носят недостаточно планомерный и устойчивый характер.

Оценим адекватность процесса диспансеризации взрослого населения Воронежской области тенденциям многолетней динамики на основе графического представления временных рядов, приведенных на Рисунках 3–5.

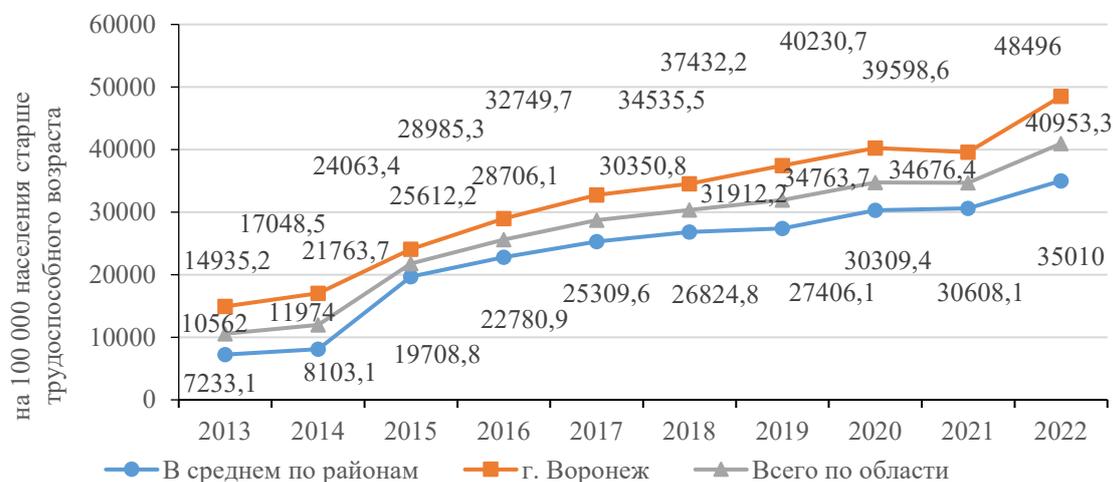


Рисунок 3 – Число лиц, страдающих болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением, состоящих под диспансерным наблюдением на конец года среди населения Воронежской области, по данным за 2013–2022 гг. (на 100 000 населения старше трудоспособного возраста)

Figure 3 – The number of people suffering from diseases characterized by high blood pressure who are under dispensary observation at the end of the year among the population of the Voronezh region, according to data for 2013–2022 (per 100,000 population over working age)

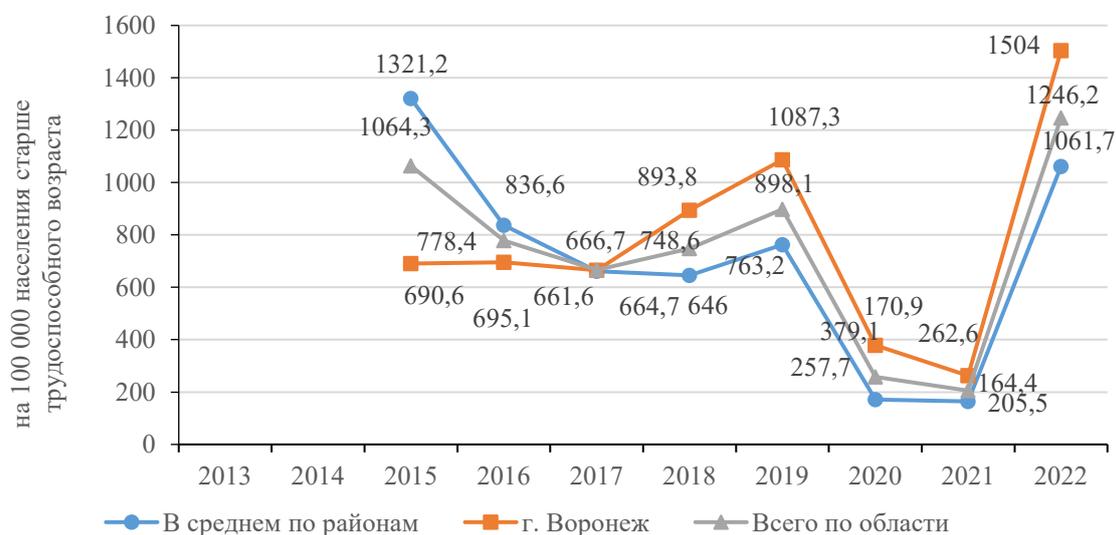


Рисунок 4 – Число лиц с впервые установленным диагнозом «Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением», выявленным при диспансеризации, среди населения Воронежской области, по данным за 2013–2022 гг. (на 100 000 населения старше трудоспособного возраста)

Figure 4 – The number of people with a first diagnosis of "Diseases characterized by high blood pressure", identified during medical examination, among the population of the Voronezh region, according to data for 2013–2022 (per 100,000 population over working age)

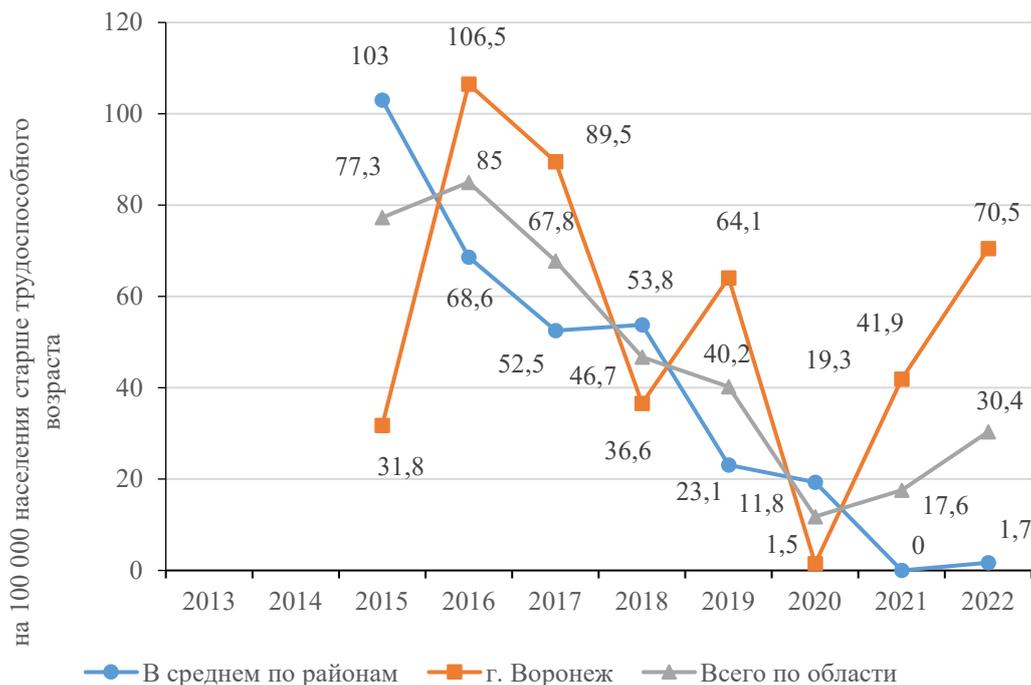


Рисунок 5 – Число лиц с впервые установленным диагнозом «Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением», выявленным при профосмотре, среди населения Воронежской области, по данным за 2013–2022 гг. (на 100 000 населения старше трудоспособного возраста)

Figure 5 – The number of people with a first diagnosis of "Diseases characterized by high blood pressure", identified during a medical examination, among the population of the Voronezh region, according to data for 2013–2022 (per 100,000 population over working age)

Сопоставление графика временных рядов на Рисунках 3 и 1 характеризуется совпадающими изменениями и тенденциями в многолетней динамике общей заболеваемости и числа лиц, состоящих под диспансерным наблюдением на конец года. Поэтому можно считать, что диспансерное наблюдение лиц старшего и пожилого возраста адекватно отражает интенсивность эпидемиологического процесса по АГ.

Многолетняя динамика, приведенная на Рисунках 4 и 5, характеризуется нерегулярными тенденциями впервые установленной АГ при диспансеризации и профосмотре, что определяет необходимость более четкого планирования ресурсного обеспечения для эффективной организации диспансерного наблюдения.

Формирование результатов анализа медико-статистической информации на основе прогностического моделирования

Прогностическое моделирование осуществляется на основе сравнения результатов прогнозирования с использованием ряда методов:

- авторегрессионное интегрированное скользящее среднее (ARIMA). Модель применяется для анализа стационарных временных рядов на основе оценки линейной зависимости прогнозируемых значений от исторических;
- простое экспоненциальное сглаживание (SES). В данной модели прогнозы рассчитываются с использованием средневзвешенных значений, где веса экспоненциально уменьшаются по мере того, как наблюдения происходят из более далекого прошлого, наименьшие веса связаны с самыми старыми наблюдениями;

- метод линейного Хольта (Holt linear). Представляет собой модель, в которой разделяется набор данных временных рядов на компоненты: тренд, сезонность и остаток;
- тройное экспоненциальное сглаживание (или метод Хольта-Винтерса, Holt Winter). Особенностью модели является применение экспоненциального сглаживания к компонентам в дополнение к уровню и тренду.

Прогностическое моделирование позволяет дополнить возможности визуального анализа за счет включения в графическое представление динамических процессов оценок показателей заболеваемости и диспансеризации на будущие периоды.

Прогностическое моделирование временных рядов осуществлялось в Jupyter-notebook – это среда разработки, которая позволяет видеть результат выполнения кода и его отдельных фрагментов в произвольном порядке.

Ошибка прогнозирования каждой из сравниваемых моделей вычислялась с использованием показателя среднеквадратичной ошибки (RMSE, Root Mean Squared Error) в качестве метрики оценки точности прогноза. Данная метрика показывает, насколько, в среднем, прогноз отклоняется от реальных значений. Для расчета RMSE было произведено разделение каждого из набора данных на обучающую (2013–2020 гг.) и тестовую (2021–2022 гг.) выборки. При этом само прогностическое моделирование осуществлялось путем обучения всего набора данных (наблюдения за 2013–2022 гг.).

В Таблице 1 приведено сравнение результатов работы моделей прогнозирования, где цветом отмечены те модели, у которых RMSE в рамках нозологии было наименьшим.

Таблица 1 – Сравнение результатов работы моделей прогнозирования
Table 1 – Comparison of the results of forecasting models

Вид наблюдения	Модель	Показатель	Прогноз на будущие периоды				RMSE
			2023 г.	2024 г.	2025 г.	2026 г.	
Уровень общей заболеваемости (Рисунок 1)	ARIMA	В ср. по районам	40136,5	42269,4	44402,3	46535,2	861,6
		ГО г. Воронеж	52994,7	55784,1	58572,9	61360,9	2483,7
		Всего по области	45772,1	48109,6	50433,9	52744,9	1474,8
	SES	В ср. по районам	36273,2	36273,2	36273,2	36273,2	4678,9
		ГО г. Воронеж	47217,8	47217,8	47217,8	47217,8	7275,9
		Всего по области	41167,0	41167,0	41167,0	41167,0	6301,4
	Holt Linear	В ср. по районам	39968,2	41321,9	42675,6	44029,3	2735,2
		ГО г. Воронеж	54188,7	56990,0	59791,4	62592,8	3251,1
		Всего по области	46237,1	48207,6	50178,1	52148,5	2896,5
	Holt Winter	В ср. по районам	40634,0	42692,8	44751,6	46810,4	1356,6
		ГО г. Воронеж	51615,9	54189,7	56763,5	59337,3	2323,1
		Всего по области	45610,9	47907,4	50203,9	52500,4	1420,9
Уровень первичной заболеваемости (Рисунок 2)	ARIMA	В ср. по районам	2699,3	2542,0	2447,0	2389,7	754,0
		ГО г. Воронеж	3579,3	3512,6	3522,6	3521,1	1069,5
		Всего по области	2856,3	2718,8	2612,0	2529,1	776,9
	SES	В ср. по районам	2467,0	2467,0	2467,0	2467,0	839,9
		ГО г. Воронеж	2764,7	2764,7	2764,7	2764,7	929,6
		Всего по области	2592,3	2592,3	2592,3	2592,3	868,9
	Holt Linear	В ср. по районам	3481,6	3733,5	3985,5	4237,4	787,5
		ГО г. Воронеж	3792,8	4247,1	4701,3	5155,6	1470,7
		Всего по области	3610,4	3944,2	4278,1	4611,9	1015,1
	Holt Winter	В ср. по районам	2447,7	2412,8	2378,0	2343,1	2312,1
		ГО г. Воронеж	3055,46	3124,8	3194,3	3263,7	1046,7
		Всего по области	2702,1	2710,2	2718,4	2726,6	1041,1

Таблица 1 (продолжение)
Table 1 (continued)

Число лиц, страдающих болезнями, состоящих под диспансерным наблюдением (Рисунок 3)	ARIMA	В ср. по районам	37922,1	40834,2	43746,4	46658,5	1059,0
		ГО г. Воронеж	52142,4	55788,7	59434,6	63080,3	2808,5
		Всего по области	44222,7	47492,1	50761,4	54030,8	4482,8
	SES	В ср. по районам	32962,0	32962,0	32962,0	32962,0	6617,5
		ГО г. Воронеж	44737,9	44737,9	44737,9	44737,9	9599,9
		Всего по области	38191,4	38191,4	38191,4	38191,4	7847,8
	Holt Linear	В ср. по районам	37727,1	39834,5	41941,9	44049,2	3203,2
		ГО г. Воронеж	53128,1	56309,1	59490,2	62671,2	3946,2
		Всего по области	44484,0	47057,7	49631,4	52205,1	3368,4
	Holt Winter	В ср. по районам	39193,4	42077,7	44962,1	47846,5	1202,6
		ГО г. Воронеж	50736,2	54177,7	57619,3	61060,9	3241,6
		Всего по области	44393,5	47532,8	50672,1	53811,4	1853,3
Число лиц с впервые установленным диагнозом, выявленным при диспансеризации (Рисунок 4)	ARIMA	В ср. по районам	861,3	787,3	759,9	749,7	764,0
		ГО г. Воронеж	537,4	800,0	728,6	748,0	710,6
		Всего по области	711,3	721,3	721,1	721,1	755,9
	SES	В ср. по районам	740,3	740,3	740,3	740,3	871,8
		ГО г. Воронеж	1064,2	1064,2	1064,2	1064,2	783,8
		Всего по области	875,5	875,5	875,5	875,5	960,2
	Holt Linear	В ср. по районам	1110,5	934,8	759,1	583,5	1025,4
		ГО г. Воронеж	1868,4	1980,3	2092,1	2203,9	921,6
		Всего по области	1424,5	1366,1	1307,7	1249,3	983,6
	Holt Winter	В ср. по районам	746,1	894,9	1043,8	1192,7	882,4
		ГО г. Воронеж	883,4	904,7	926,0	947,2	705,1
		Всего по области	796,5	898,9	1001,3	1103,6	957,3
Число лиц с впервые установленным диагнозом, выявленным при профосмотре (Рисунок 5)	ARIMA	В ср. по районам	-10,5	-22,8	-35,1	-47,4	25,1
		ГО г. Воронеж	56,8	55,3	55,1	55,1	14,4
		Всего по области	26,9	29,0	27,7	28,5	14,2
	SES	В ср. по районам	5,2	5,2	5,2	5,2	59,7
		ГО г. Воронеж	56,3	56,3	56,3	56,3	25,3
		Всего по области	26,6	26,6	26,6	26,6	7,1

Таблица 1 (продолжение)
Table 1 (continued)

	Holt Linear	В ср. по районам	-14,2	-35,5	-56,7	-77,9	39,5
		ГО г. Воронеж	102,9	138,1	173,4	208,6	47,0
		Всего по области	33,1	33,8	34,5	35,1	8,1
	Holt Winter	В ср. по районам	-23,0	-37,1	-51,2	-65,3	26,7
		ГО г. Воронеж	39,8	36,4	32,9	29,5	40,2
		Всего по области	2,1	-7,8	-17,8	-27,8	33,7

На Рисунках 6–10 представлены диаграммы прогностического моделирования с моделями, имеющими наименьший показатель RMSE в рамках нозологии.

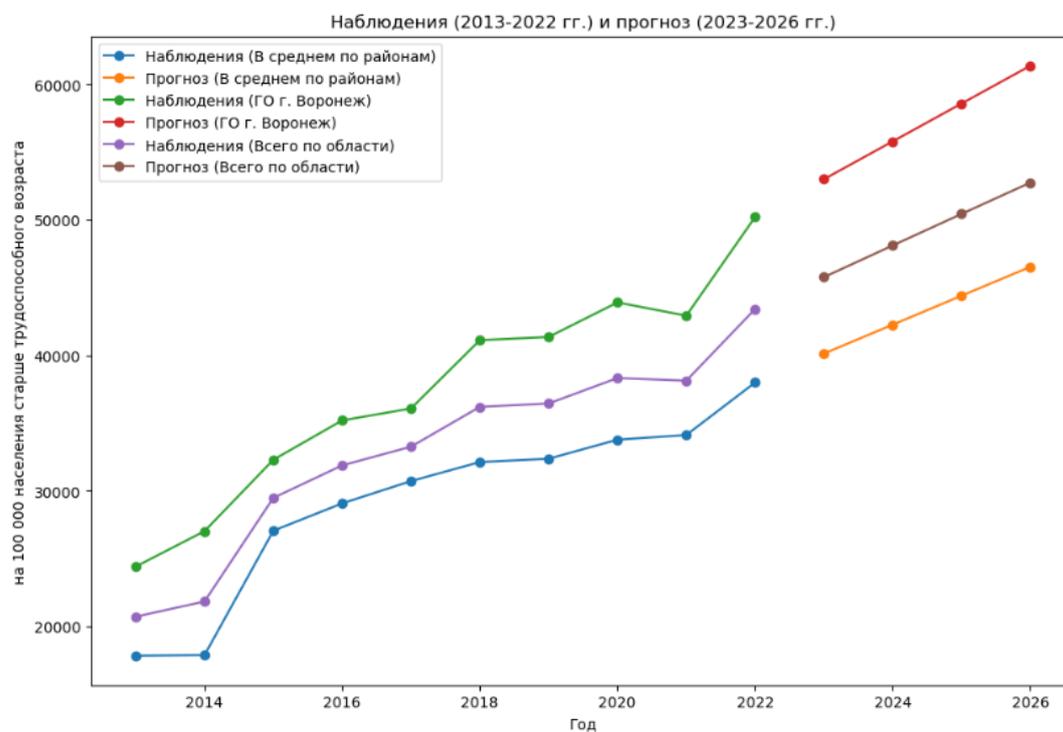


Рисунок 6 – Прогностическое моделирование с использованием модели ARIMA для уровня общей заболеваемости (Рисунок 1)

Figure 6 – Predictive modeling using the ARIMA model for the level of overall incidence (Figure 1)

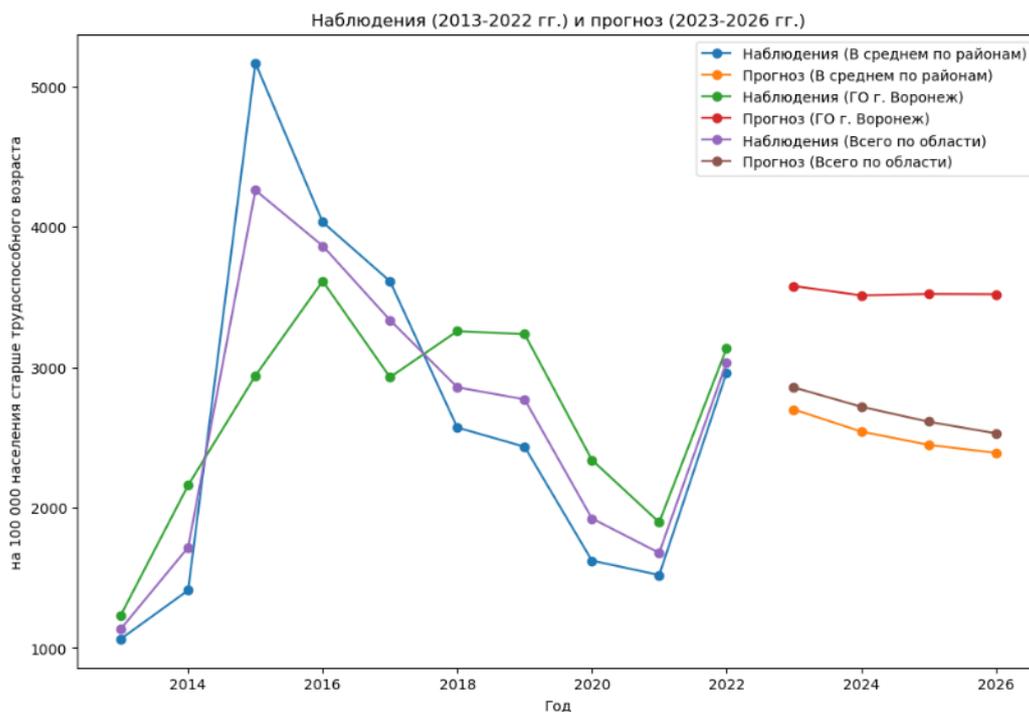


Рисунок 7 – Прогностическое моделирование с использованием модели ARIMA для уровня первичной заболеваемости (Рисунок 2)
Figure 7 – Predictive modeling using the ARIMA model for the level of primary incidence (Figure 2)

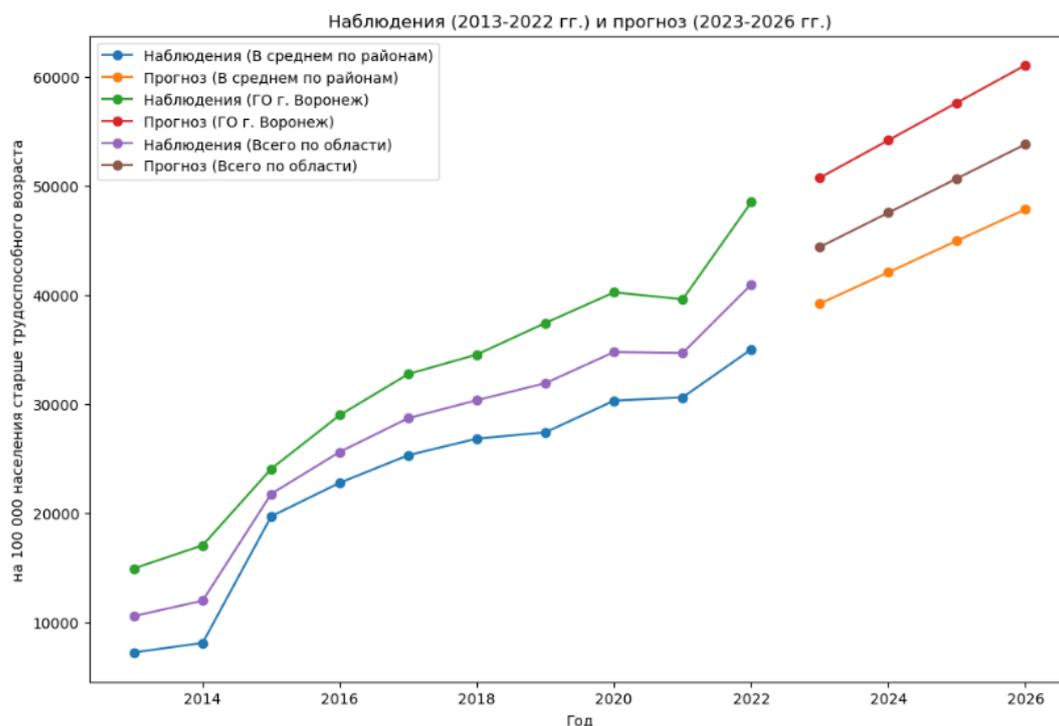


Рисунок 8 – Прогностическое моделирование с использованием модели Holt Winter для числа лиц, страдающих болезнями, состоящими под диспансерным наблюдением (Рисунок 3)
Figure 8 – Predictive modeling using the Holt Winter model for the number of people suffering from diseases under dispensary observation (Figure 3)

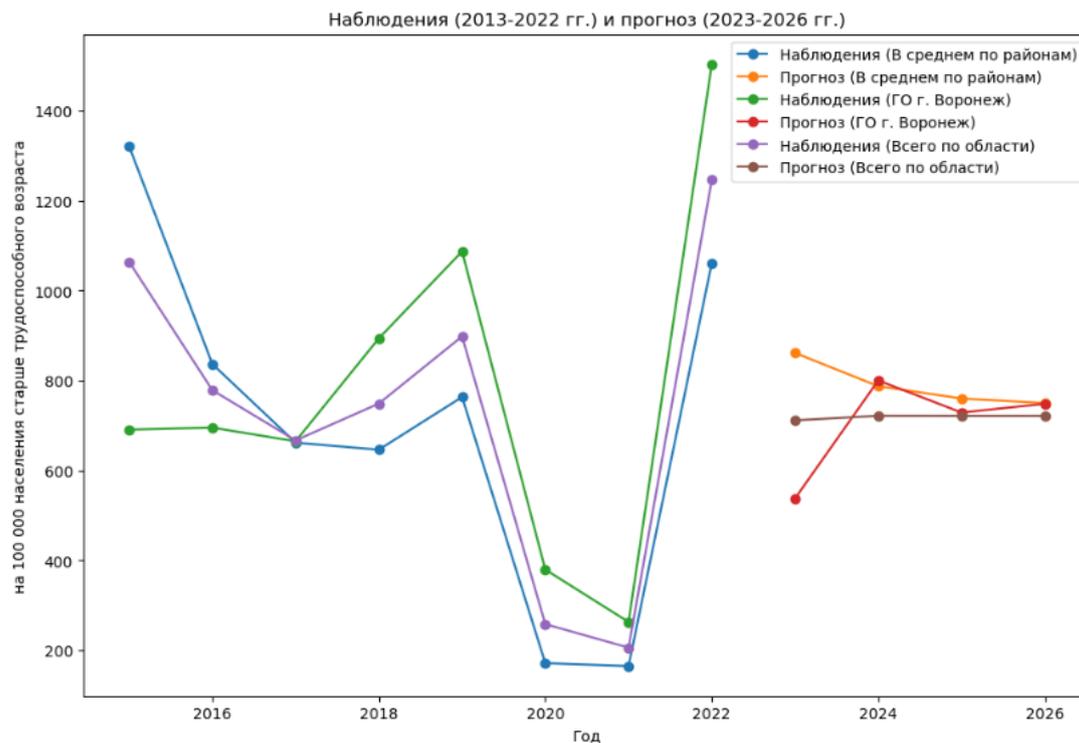


Рисунок 9 – Прогностическое моделирование с использованием модели ARIMA для числа лиц с впервые установленным диагнозом, выявленным при диспансеризации (Рисунок 4)
Figure 9 – Predictive modeling using the ARIMA model for the number of persons with a newly diagnosed diagnosis identified during clinical examination (Figure 4)

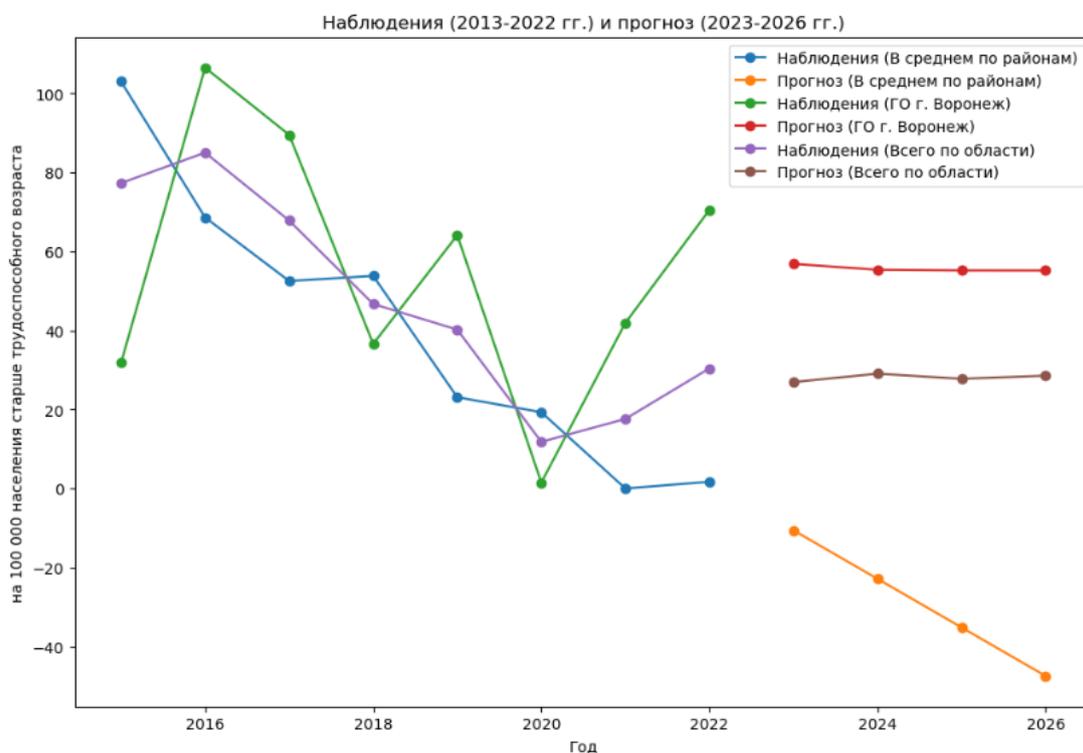


Рисунок 10 – Прогностическое моделирование с использованием модели ARIMA для числа лиц с впервые установленным диагнозом, выявленным при профосмотре (Рисунок 5)
Figure 10 – Predictive modeling using the ARIMA model for the number of persons with a newly diagnosed diagnosis identified during a medical examination (Figure 5)

Анализ результатов прогностического моделирования позволяет сделать вывод, что модель ARIMA в большинстве рассматриваемых временных рядов показывает наилучший результат, а прогнозные оценки подтверждают результаты визуального анализа.

Эти оценки ориентируют органы управления региональной организационной системы здравоохранения на сохранение темпов в будущие периоды времени ресурсного обеспечения, выделяемого на проведение диспансерного наблюдения возраст-зависимых больных АГ и его распределением для проведения профосмотров и диспансеризаций.

Заключение

Для использования многолетней медико-статистической информации при принятии решений по управлению ресурсным обеспечением в организационных системах здравоохранения регионального уровня эффективным подходом является ориентация на результаты визуального и прогностического моделирования.

Визуализация данных в виде графических представлений временных рядов показателей заболеваемости и диспансеризации позволяет органам управления здравоохранением выявлять тенденции в динамике распространенности заболеваний среди населения региона и его охвата диспансерным наблюдением и профосмотрами, сопоставлять их и принимать решения об адекватности темпам изменения заболеваемости профилактических мероприятий.

С целью повышения точности прогностического моделирования следует предварительно выбирать метод прогнозирования временных рядов с наименьшей среднеквадратичной ошибкой прогноза на заданный временной период.

Полученные прогностические оценки дают возможность органам управления здравоохранением на региональном уровне принимать решение о синхронизации на будущие периоды времени объектов ресурсного обеспечения на диспансеризацию с учетом темпов изменения заболеваемости населения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Есауленко И.Э. и др. *Биомедкибернетика*. Воронеж: Истоки; 2014. 477 с.
Esaulenko I.E. et al. *Biomedkibernetika*. Voronezh: Istoki; 2014. 477 p. (In Russ.).
2. Садыков С.С., Белякова А.С. Математические модели некоторых сердечно-сосудистых заболеваний. *Информационные технологии*. 2011;(12):59–63.
Sadykov S.S., Belyakova A.S. Mathematical Models of Some Cardiovascular Diseases. *Informatsionnye tekhnologii = Information Technologies*. 2011;(12):59–63. (In Russ.).
3. Глушанко В.С., Тимофеева А.П., Герберг А.А. *Методика изучения уровня, частоты, структуры и динамики заболеваемости и инвалидности. Медико-реабилитационные мероприятия и их составляющие*. Витебск: ВГМУ; 2016. 177 с.
Glushanko V.S., Timofeeva A.P., Gerberg A.A. *Metodika izucheniya urovnya, chastoty, struktury i dinamiki zaboлеваemosti i invalidnosti. Mediko-reabilitatsionnye meropriyatiya i ikh sostavlyayushchie*. Vitebsk: VSMU; 2016. 177 p. (In Russ.).
4. Калинина А.М., Шальнова С.А., Гамбарян М.Г., Еганян Р.А., Муромцева Г.А., Бочкарева Е.В., Ким И.В. *Эпидемиологические методы выявления основных хронических неинфекционных заболеваний и факторов риска при массовых обследованиях населения*. Москва: Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины; 2015. 96 с.
Kalinina A.M., Shal'nova S.A., Gambaryan M.G., Eganyan R.A., Muromtseva G.A., Bochkareva E.V., Kim I.V. *Epidemiologicheskie metody vyyavleniya osnovnykh*

- khronicheskikh neinfektsionnykh zabolevanii i faktorov riska pri massovykh obsledovaniyakh naseleniya*. Moscow: National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine; 2015. 96 p. (In Russ.).
5. Базалева О.И. *Мастерство визуализации данных*. Санкт-Петербург: Диалектика; 2020. 192 с.
Bazaleva O.I. *Masterstvo vizualizatsii dannykh*. Saint Petersburg: Dialektika; 2020. 192 p. (In Russ.).
 6. Паклин Н.Б., Орешков В.И. *Бизнес-аналитика: от данных к знаниям*. Санкт-Петербург: Питер; 2013. 704 с.
Paklin N.B., Oreshkov V.I. *Biznes-analitika: ot dannykh k znaniyam*. Saint Petersburg: Piter Publishing House; 2013. 704 p. (In Russ.).
 7. Крючин О.В., Козадаев А.С., Дудаков В.П. Прогнозирование временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей и регрессионных моделей на примере прогнозирования котировок валютных пар. *Исследовано в России*. 2010;(30):354–362.
Kryuchin O.V., Kozadaev A.S., Dudakov V.P. Prognozirovanie vremennykh ryadov s pomoshch'yu iskusstvennykh neironnykh setei i regressionnykh modelei na primere prognozirovaniya kotirovok valyutnykh par. *Issledovano v Rossii*. 2010;(30):354–362. (In Russ.).
 8. Слободенюк А.В., Косова А.А., Ан Р.Н. *Эпидемиологический анализ*. Екатеринбург: Уральский государственный медицинский университет; 2015. 36 с.
Slobodenyuk A.V., Kosova A.A., An R.N. *Epidemiologicheskii analiz*. Yekaterinburg: Ural State Medical University; 2015. 36 p. (In Russ.).
 9. Драпкина О.М., Дроздова Л.Ю., Калинина А.М. и др. *Организация проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения*. Москва: Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины; 2020. 232 с.
Drapkina O.M., Drozdova L.Yu., Kalinina A.M. et al. *Organizatsiya provedeniya profilakticheskogo meditsinskogo osmotra i dispanserizatsii opredelennykh grupp vzroslogo naseleniya*. Moscow: National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine; 2020. 232 p. (In Russ.).
 10. Горшкова Л.В. Проблемы оценки эффективности затрат на здравоохранение. *Сервис в России и за рубежом*. 2017;11(6):137–151.
Gorshkova L.V. Problems of assessing the health care costs effectiveness. *Servis v Rossii i za rubezhom = Services in Russia and Abroad*. 2017;11(6):137–151. (In Russ.).
 11. Климов А.В., Денисов Е.Н., Иванова О.В. Артериальная гипертензия и ее распространенность среди населения. *Молодой ученый*. 2018;(50):86–90.
Klimov A.V., Denisov E.N., Ivanova O.V. Arterial'naya gipertenziya i ee rasprostranennost' sredi naseleniya. *Molodoi uchenyi*. 2018;(50):86–90. (In Russ.).
 12. Лаптева Е.С., Арьев А.Л., Петрова В.Б., Петрова А.И. *Гериатрическая кардиология*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2022. 192 с. <https://doi.org/10.33029/9704-6487-8-KLA-2022-1-192>
Lapteva E.S., Ar'ev A.L., Petrova V.B., Petrova A.I. *Geriatrisheskaya kardiologiya*. Moscow: GEOTAR-Media; 2022. 192 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/9704-6487-8-KLA-2022-1-192>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гафанович Елена Яковлевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры факультетской терапии лечебного факультета, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Саратов, Российская Федерация.

e-mail: lvovicha@mail.ru

ORCID: [0000-0001-9122-6483](https://orcid.org/0000-0001-9122-6483)

Elena Y. Gafanovich, PhD, Associate Professor of the Department of Faculty Therapy of the Faculty of Medicine, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, the Russian Federation.

Ломаков Андрей Владимирович, аспирант, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: lomakov97@mail.ru

Andrew V. Lomakov, Postgraduate Student, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

Львович Артем Игоревич, аспирант, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: AlexStepanch@yandex.ru

Artem I. Lvovich, Postgraduate Student, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

Чопоров Олег Николаевич, доктор технических наук, профессор, проректор по цифровой трансформации, Воронежский государственный университет им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: choporov_oleg@mail.ru

ORCID: [0000-0002-3176-499X](https://orcid.org/0000-0002-3176-499X)

Oleg N. Choporov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Vice-Principal for Digital Transformation, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 26.04.2024; одобрена после рецензирования 13.05.2024; принята к публикации 14.05.2024.

The article was submitted 26.04.2024; approved after reviewing 13.05.2024; accepted for publication 14.05.2024.