



УДК 681.3

МНОГОЭТАПНАЯ ПРОЦЕДУРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМ ЕДИНИЦАМ

Е.Я. ГАФАНОВИЧ¹
В.Д. ЛУЦЕНКО²
И.М. СОКОЛОВ¹
М.В. ФРОЛОВ³

¹⁾ *Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского*

²⁾ *МБУЗ «Городская больница №2», г. Белгород*

³⁾ *Воронежская государственная медицинская академия имени Н.Н. Бурденко*

e-mail: office@vvt.ru

В статье рассматривается анализ региональной распространенности сердечно-сосудистых заболеваний с применением математического и компьютерного моделирования. Систематизация эпидемиологического состояния осуществляется с учетом территориальной распределенности первичной статистической информации. Получен ряд прогностических оценок, позволяющих ранжировать субрегиональные образования по показателям распространенности сердечно-сосудистых заболеваний.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые заболевания, региональная распространенность, математическое моделирование, прогнозирование.

Повышение эффективности медицинской помощи больным сердечно-сосудистыми заболеваниями в большой степени зависит от достоверных прогностических оценок региональной распространенности. В настоящее время традиционные методы эпидемиологических исследований дополняются возможностью обработки статистической информации с применением математических методов и компьютерных технологий [1]. Анализ региональной распространенности заболеваний требует представления информации для принятия управленческих решений с учетом территориальной распределенности первичных данных.

Целью настоящего исследования является обоснование поэтапной процедуры формирования достоверных прогностических оценок территориальной распространенности сердечно-сосудистых заболеваний с использованием ранговых и классификационных моделей и возможности эффективного принятия управленческих решений на основе визуального представления результатов математического и компьютерного моделирования.

Проводимые в последнее время исследования показали важность изучения взаимодействия между различными медицинскими показателями, характеризующими распространенность сердечно-сосудистых заболеваний в регионе. На первом этапе математического и компьютерного моделирования формируется индекс комфортности проживания для каждой территориальной единицы (индекс комфортности).

Формирование индекса комфортности осуществляется по каждой из рассматриваемых нозологических форм за интересующий временной интервал, а затем осуществляется свертка [2]:

$$K_i^M = \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T K_{jt}^M / JT, \quad (1)$$

где $i = \overline{1, I}$; $j = \overline{1, J}$; $t = \overline{1, T}$; I – количество территориальных единиц, T – рассматриваемый временной интервал (6 лет), J – количество рассматриваемых нозологических форм.

Полученные индексы комфортности для каждого района Саратовской области и результаты ранжирования районов представлены на рис. 1.

Положительное значение медицинского индекса комфортности характеризует высокий уровень распространенности сердечно-сосудистых заболеваний, то есть не-



благоприятную медицинскую ситуацию в данном районе и соответственно низкую комфортность проживания.

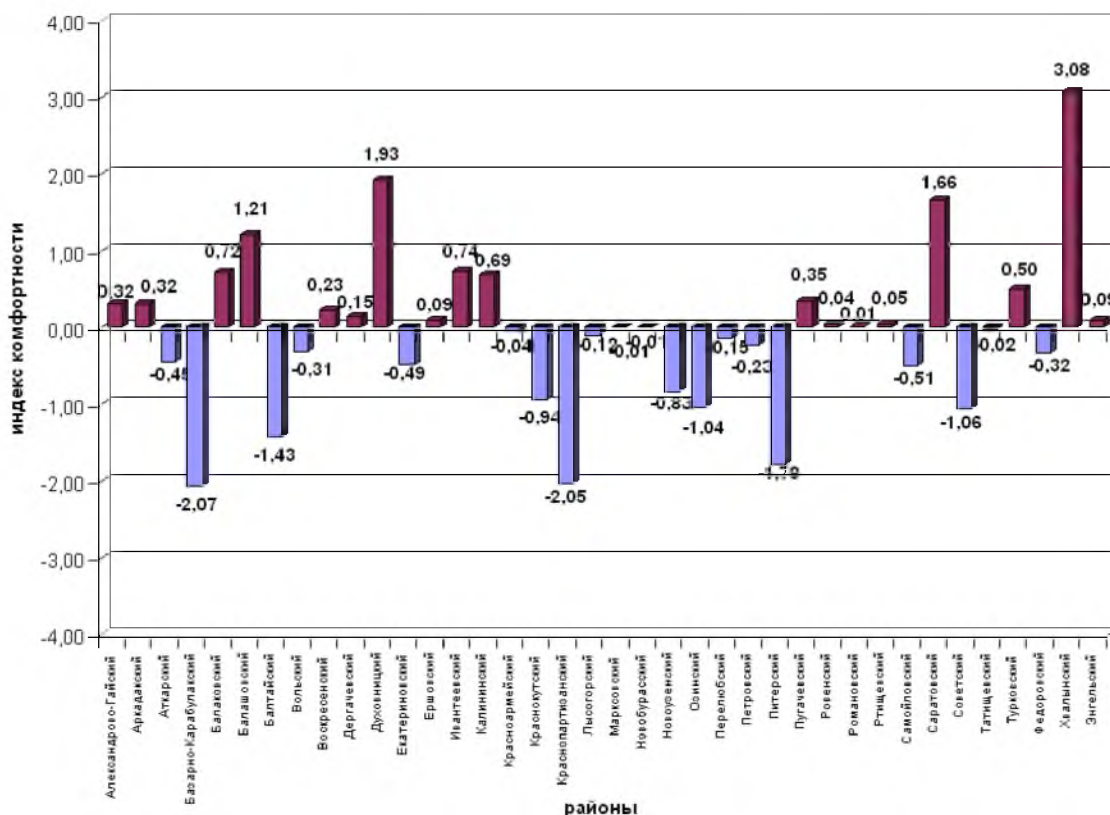


Рис. 1. Индексы комфортности районов Саратовской области по распространности сердечно-сосудистых заболеваний

Из представленных результатов видно, что наиболее благополучная ситуация по основным сердечно-сосудистым заболеваниям наблюдается в Базарно-Карабулакском районе, а наименее комфортная обстановка по рассматриваемым заболеваниям отмечается в Хвалынский районе.

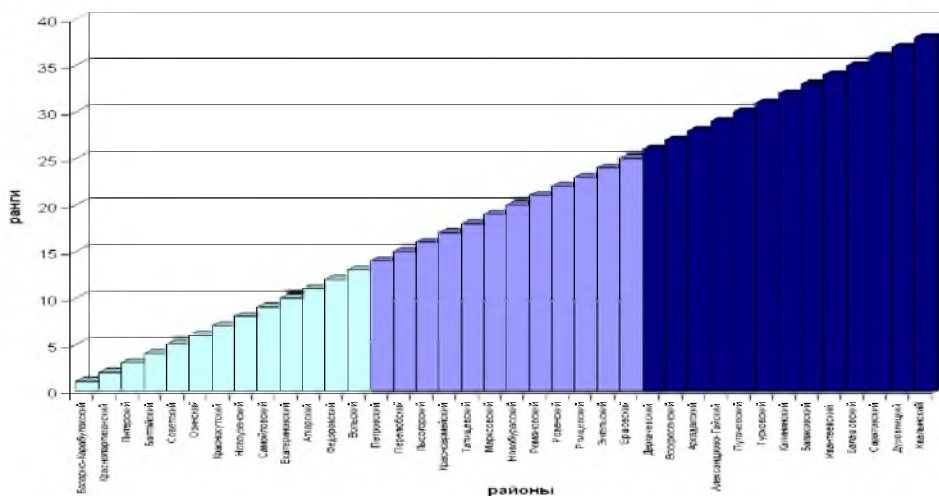


Рис. 2. Ранги районов Саратовской области, полученные на основе медицинского индекса комфортности



Ранги районов Саратовской области, полученные на основе индексов комфортности (рис. 2) подтвердили общую обстановку по сердечно-сосудистым заболеваниям, полученную на основе математико-картографического анализа, из чего можно сделать вывод, о достоверности полученных результатов исследования.

Повышение достоверности прогностического оценивания достигается на последующих этапах классификационного моделирования.

Для более точной классификации районов и выделения трех классов по распространенности сердечно-сосудистых заболеваний были применен метод k-средних [3]. На рис. 3 представлена характеристика каждого кластера относительно уровня заболеваний, из которого следует, что третий кластер характеризуется высоким уровнем сердечно-сосудистых заболеваний, а первый кластер, наоборот, характеризуется низким уровнем сердечно-сосудистых заболеваний. Средние количественные показатели уровней заболеваний системы кровообращения для каждого кластера приведены в табл. 1.

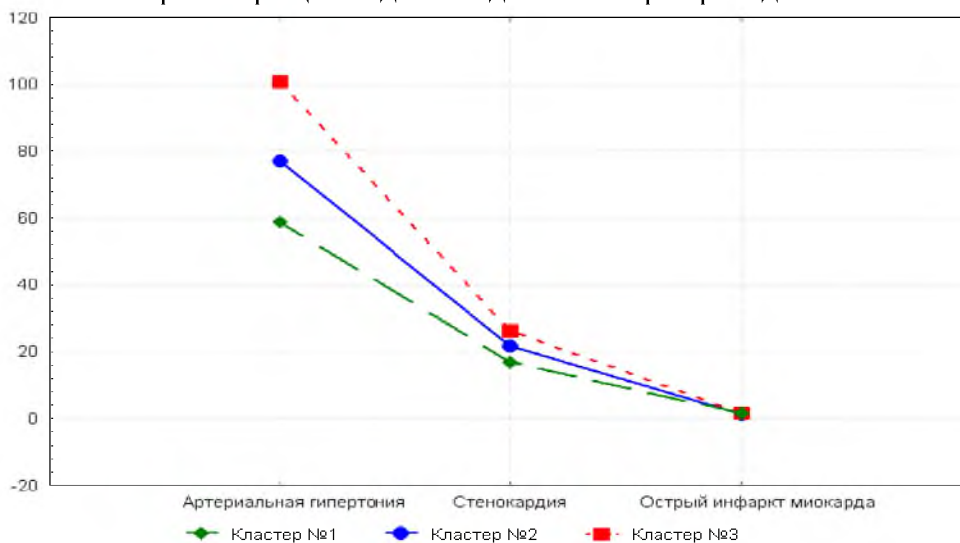


Рис. 3. Показатели сердечно-сосудистых заболеваний в кластерных группах

Таблица 1

Средние количественные показатели сердечно-сосудистых заболеваний в кластерных группах

Нозологическая форма	Распространенность (на 1 тыс. взр. нас.)		
	1 кластер	2 кластер	3 кластер
Артериальная гипертония (АГ)	58,85 ± 3,89	76,97 ± 4,93	100,91 ± 9,37
Стенокардия (СТ)	16,80 ± 4,10	21,64 ± 5,09	26,17 ± 9,35
Острый инфаркт миокарда (ОИМ)	1,67 ± 0,53	1,34 ± 0,58	1,49 ± 0,30

Список районов по кластерным группам приведен в табл. 2.

Таблица 2

Кластеры районов Саратовской области по распространенности сердечно-сосудистых заболеваний

№ класса	Название районов
1	Базарно-Карабулакский, Балтайский, Краснокутский, Краснопартизанский, Озинский, Питерский, Советский
2	Александрово-Гайский, Аркадакский, Аткарский, Балаковский, Вольский, Воскресенский, Дергачевский, Духовницкий, Екатериновский, Ершовский, Ивантеевский, Калининский, Красноармейский, Лысогорский, Марковский, Новобурасский, Новоузенский, Перелобский, Петровский, Пугачевский, Ровенский, Романовский, Ртищевский, Самойловский, Саратовский, Татищевский, Турковский, Федоровский, Энгельский
3	Балаповский, Хвалынский



Для уточнения и более детального исследования распространенности сердечно-сосудистых заболеваний по Саратовской области был применен дискриминантный анализ, позволяющий при помощи соответствующих дискриминантных классификационных функций распределять объекты, в частности районы, по классам [4]. В данном случае, имея показатели по рассматриваемым нозологическим формам для определенного района и соответствующие дискриминантные классификационные функции, можно определить район в тот или иной класс по уровню заболеваний, не зная общей ситуации в целом по области, т.е. достаточно сведений только по конкретному району.

В результате проведенного дискриминантного анализа по распространенности сердечно-сосудистых заболеваний: X_1 – артериальная гипертензия; X_2 – стенокардия; X_3 – острый инфаркт миокарда – были получены следующие виды дискриминантных функций для каждого класса (H_1 – низкий уровень (риск) распространенности сердечно-сосудистых заболеваний; H_2 – средний уровень распространенности заболеваний; H_3 – высокий уровень распространенности заболеваний):

$$H_1 = -72,151 + 2,196 * X_1 + 0,501 * X_2 + 1,966 * X_3 ,$$

$$H_2 = -120,967 + 2,932 * X_1 + 0,675 * X_2 - 0,196 * X_3 , \quad (2)$$

$$H_3 = -228,010 + 4,041 * X_1 + 0,833 * X_2 - 1,116 * X_3 .$$

Значение критерия Уилкса: $\Lambda = 0,168$ стремится к нулю, что говорит о хорошем различии между классами. Значение F-статистики, связанной с критерием Уилкса, $F(6,66) = 15,796$, уровень значимости $P < 0,00001$.

Распределение районов по классам на основе дискриминантного анализа представлено на рис. 4.



Рис. 4. Диаграмма рассеивания районов по плоскости дискриминантных функций по сердечно-сосудистым заболеваниям

Результаты дискриминантного анализа подтвердили общую обстановку по сердечно-сосудистым заболеваниям системы кровообращения среди взрослого населения Саратовской области, в некоторой степени скорректировав результаты кластерного анализа, и позволили распределить районы в три класса, в зависимости от уровня распространенности заболеваний.

Таким образом, последовательное применение процедуры ранжирования на основе индекса комфортности, классификационное моделирование с использованием кластерного и дискриминантного анализа позволяют сформировать достоверные прогностические оценки региональной распространенности сердечно-сосудистых заболеваний, которые затем используются при выборе эффективных механизмов оказания медицинской помощи населению.



Литература

1. Каримов, Р.Н. Статистика для врачей, биологов и не только. Ч. 1. Сбор, представление и предварительный анализ данных : монография / Каримов Р.Н., Шварц Ю.Г.. – Саратов : Саратов. мед. ун-т, 2007. – 200 с.
2. Гафанович, Е.Я. Исследование заболеваемости системы кровообращения в регионе на основе визуализации и трансформации информации / Е.Я. Гафанович, Е.Н. Коровин // Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журнал практической и теоретической биологии и медицины. – М., 2011. – Т. 10, № 4. – С. 744-746.
3. Хайдуков, Д.С. Применение кластерного анализа в государственном управлении / Д.С. Хайдуков // Философия математики: актуальные проблемы. – М. : МАКС Пресс, 2009. – 287 с.
4. Большаков, А.А. Методы обработки многомерных данных и временных рядов. Учебное пособие для вузов / А. А. Большаков, Р.Н. Каримов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 522 с.

THE MULTI-STAGE PROCEDURE OF MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING WHILE ANALYZING THE REGIONAL PREVALENCE OF CARDIOVASCULAR DISEASES IN VARIOUS TERRITORIAL ENTITIES

E.Y. GAFANOVICH¹

V.D. LUTSENKO²

I.M. SOKOLOV¹

M.V. FROLOV³

¹⁾ *Saratov State Medical University
named after V.I. Razumovsky*

²⁾ *City Hospital № 2, Belgorod*

³⁾ *Voronezh N.N. Burdenko State
Medical Academy*

e-mail: office@vvt.ru

The subject of the article is the analysis of the regional prevalence of cardiovascular diseases with the application of mathematical and computer modeling. The systematization of the epidemiological status is realized with regard for the territorial distribution of the primary statistical information. A number of proved prognostic assessments allow ranking the sub-regional appearances by prevalence of indicators of cardiovascular diseases.

Keywords: cardiovascular disease, regional prevalence, mathematical modeling, forecasting.