

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА УРОВЕНЬ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Алленов А.М.<sup>1,2</sup>, Белостоцкий А.В.<sup>2</sup>, Никифоров С.А.<sup>1,2</sup>, Винокуров В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ ДПО «Уральский научно-практический центр медико-социальных и экономических проблем здравоохранения», Екатеринбург, Россия (620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 8-Б), e-mail: [umsep-veronica@yandex.ru](mailto:umsep-veronica@yandex.ru)

<sup>2</sup>ГБОУ ВПО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации» (119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2), e-mail: [allenovandrey@ya.ru](mailto:allenovandrey@ya.ru)

---

В статье приведены результаты применения методов многофакторного анализа и математического моделирования в решении задач по управлению общественным здоровьем. С помощью детерминистских алгоритмов распознавания образов было установлено, что различия в уровнях смертности населения муниципальных образований Свердловской области формируются под влиянием сложного комплекса социально-экономических, демографических и медико-организационных факторов. Важное значение среди них имеет кадровое обеспечение местных систем здравоохранения, величина относительного вклада которого составляет 35%. С помощью математического моделирования дана оценка потенциальной эффективности различных управленческих сценариев. Показано, что укрепление кадрового потенциала местных систем здравоохранения при «умеренном» сценарии – повышение обеспеченности врачами (до 25 на 10000), укомплектованности штатных врачебных должностей (до 60%), увеличение доли врачей с высшей категорией (до 35%), способно привести к снижению смертности в 14% административно-территориальных образований, относящихся к группе в «высокой» (более 17,0 на 1000 человек) смертностью, а при оптимистичном сценарии – в четверти из них. Сделан вывод, что применение современных методов многофакторного анализа позволяет организаторам здравоохранения получать большой объем информации, полезной при разработке программ по улучшению здоровья населения.

Ключевые слова: управление здоровьем, математическое моделирование

## APPLICATION OF MULTIFACTORIAL ANALYSIS METHODS FOR ESTIMATION OF INFLUENCE OF HEALTH CARE SYSTEM ON MORTALITY RATE IN MUNICIPAL UNITS

Allenov A.M.<sup>1,2</sup>, Belostotsky A.V.<sup>2</sup>, Nikiforov S.A.<sup>1,2</sup>, Vinokurov V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Urals scientific practical center of medico-social and economic problems of health care system (Russia, 620075, Ekaterinburg, 8-B, Karl Liebknecht St.), e-mail: [umsep-veronica@yandex.ru](mailto:umsep-veronica@yandex.ru)

<sup>2</sup>First Moscow state medical university named after I.M.Sechenov (119991, Moscow, Trubetskaya St., 8, b. 2), e-mail: [allenovandrey@ya.ru](mailto:allenovandrey@ya.ru)

---

This article presents the results of application of multifactorial analysis and mathematical modeling methods to the public health management. With the application of pattern recognition methods it was shown, that differences in mortality levels in municipal units of Sverdlovsk oblast is formed under the influence of a complex of social-economic, demographic, medical and managerial factors. The most valuable among them belongs to the personnel resources of local health care systems (their value equals to 35%). With the help of mathematical modeling the evaluation of potential efficiency of application of various scenarios is done. It is shown that strengthening of personnel resources of local health care systems at “moderate” scenario – increasing of number of doctors (up to 25 per 10000 of population), improving doctors staffing (up to 60%) and raising the number of doctors with high category (up to 35%) can lead to the decrease of mortality rate in 14% territorial units which belong to the group with increased mortality rate (more than 17,0 per 1000). If the “optimistic” scenario is applied – that in 25% of them. It is concluded that application of modern methods of multifactorial analysis provides the health care managers with greater volume of information which may be used for the health improvement programs.

Keywords: public health management, mathematical modeling

В конце XX – начале XXI веков демографическая проблема превратилась в Российской Федерации в одну из наиболее острых, создающих угрозу национальной безопасности. Проводимая в последнее десятилетие на государственном уровне целенаправленная политика в этой сфере привела к увеличению рождаемости, однако уменьшение коэффициента смертности происходит низкими темпами, и он остается в 1,5 раза более высоким, чем в странах Европейского Союза. Для России, страны с обширной территорией, также характерна высокая степень дифференциации регионов по уровню смертности. В частности, в 2013 г. межрегиональные отличия достигали 5-кратной величины: от 3,66 на 1000 человек в Республике Ингушетия до 19,6 на 1000 человек в Псковской области [2].

Аналогичная ситуация наблюдается также и в самих субъектах Российской Федерации. Выявление причин таких различий является важной задачей управления общественным здоровьем. Согласно имеющимся в научной литературе данным, межмуниципальные различия в уровнях смертности населения могут быть обусловлены влиянием: 1) половозрастной структуры населения; 2) социально-экономического развития территории; 3) ресурсного, в том числе кадрового, обеспечения местного здравоохранения [1,4,5]. В связи с этим, корректное решение задачи оценки величины вклада каждой из названных групп факторов можно обеспечить за счет применения методов, основанных на принципах системного анализа.

**Цель исследования:** определить силу и характер влияния различных факторов на уровень общей смертности населения муниципальных образований в одном из субъектов Российской Федерации.

#### **Материал и методы исследования**

Объектом исследования служила Свердловская область, являющаяся одним из наиболее крупных по численности населения субъектов Российской Федерации, на территории которой расположено более 70 муниципальных образований, отличающихся по уровню социально-экономического развития территории, демографической структуре населения и ресурсному потенциалу местных систем здравоохранения. Ранжирование их по величине показателей общей смертности населения выявило между ними отличия, достигавшие в 2011 г. 2,2 раз, а в 2012 и 2013 гг. – 1,9 раз.

Объем выборки для исследования составлял 256 единиц, которыми служили 64 наиболее крупных муниципальных образования Свердловской области в конкретном календарном году за период наблюдения – с 2010 по 2013 гг. По каждому из них была собрана информация о 17 показателях: 5 демографических (доля мужчин и женщин; доля населения младше трудоспособного, трудоспособного и старше трудоспособного возраста); 5 социально-экономических (размер среднемесячной заработной платы, средняя

обеспеченность жильем в расчете на 1 человека, удельный вес жилого фонда, оборудованного водопроводом и центральным отоплением, объем розничной торговли на душу населения), 7 медико-организационных (обеспеченность врачами, средними медицинскими работниками, на 10000 человек, укомплектованность штатных врачебных должностей, удельный вес врачей и организаторов здравоохранения высшей квалификационной категории, мощность поликлиник и обеспеченность больничными койками на 10000 человек).

Исходя из величины общей смертности населения, были сформированы две группы муниципальных образований с её уровнями ниже 15,0 на 1000 человек (114 единиц наблюдения) и более 17,0 на 1000 человек (115 единиц). Обработка информации проводилась с помощью пакета прикладных программ распознавания образов КВАЗАР [3].

На первой стадии многофакторного анализа необходимо было получить ответ на вопрос, является ли избранная система из 17 факторов достаточной для описания различий между группами муниципальных образований с разными уровнями общей смертности населения. Решение этой задачи проводилось с помощью алгоритмов «обучения с учителем». На второй стадии с помощью метода, основанного на определении расстояния между средними значениями признаков в выделенных группах наблюдений, была получена оценка информативности каждого фактора. На третьей стадии для определения характера (направленности) влияния исследуемых факторов использовалась методика вычисления частот встречаемости значений признаков в вышеназванных группах.

Полученные на первой стадии обработки материала решающие (дискриминантные) правила представляют собой математические модели зависимости величины смертности населения муниципальных образований от комплекса факторов, и на четвертой стадии с их помощью проводилась оценка эффективности различных управленческих сценариев.

### **Результаты и их обсуждение**

В ходе математической обработки материала были разработаны решающие правила, наилучшие из которых обеспечивали 100% правильных ответов на процедуре «экзамена», при минимально необходимой для этого подсистеме из 12 наиболее информативных признаков. Этот результат давал основания для заключения, что базовый 17-факторный комплекс оказался для решения данной задачи не только достаточным, но и избыточным.

Наиболее информативная подсистема включала в себя 1 признак, характеризующий демографическую структуру населения (доля лиц старше трудоспособного возраста), 6 признаков, отражающих ресурсный потенциал местных систем здравоохранения (обеспеченность врачами, средним медицинским персоналом, доля врачей и организаторов здравоохранения высшей квалификационной категории, укомплектованность штатных

должностей врачами, мощность амбулаторно-поликлинических учреждений), 5 признаков, характеризующих уровень социально-экономического развития территории (величина среднемесячной зарплаты, объем розничной торговли на душу населения, средняя обеспеченность жильем на 1 человека, доля жилых помещений, оборудованных центральным отоплением и водопроводом). Результаты оценки информативности каждого фактора приведены в таблице 1.

На основании этих данных был проведен расчет величины вклада каждой из трех групп факторов в формирование уровня общей смертности населения в муниципальных образованиях Свердловской области. Согласно полученным результатам, если принять суммарную информативность всех 12 признаков за 100%, то на долю характеризующих демографическую структуру населения придется около 10%, социально-экономическое развитие территории – 48%, а ресурсы системы здравоохранения – около 42%, в том числе кадровые – 35%.

В ходе дальнейшей математической обработки материала проводилась оценка характера влияния исследуемых факторов. Согласно полученным результатам, высокие уровни смертности населения отмечены в муниципальных образованиях, отличающихся большей долей лиц старше трудоспособного возраста в структуре населения: отношение частоты встречаемости муниципальных образований в группах с высоким и низким уровнем смертности при удельном весе лиц старших возрастов до 25% составило 0,22, а более 25% – 2,0.

Обратная зависимость уровня смертности населения в муниципальных образованиях была установлена от величины социально-экономических показателей. В частности, соотношение вышеназванных групп территорий при величине средней зарплаты до 20 тысяч рублей составляло 2,3, а более 20 тыс. рублей – 0,25.

**Таблица 1**

Информативность наиболее значимых факторов, формирующих разный уровень смертности в муниципальных образованиях Свердловской области

Ранговое место	Наименование фактора	Информативность (0 – 1)
1	Величина среднемесячной зарплаты (руб.)	1,00
2	Средняя обеспеченность населения жильем (кв.м.)	0,97
3	Доля лиц старше трудоспособного возраста в структуре населения (%)	0,88
4	Обеспеченность населения врачами на 10000 человек	0,81
5	Удельный вес жилого фонда, оборудованного центральным отоплением (%)	0,79

6	Удельный вес жилого фонда, оборудованного водопроводом (%)	0,67
7	Укомплектованность штатных должностей врачей (%)	0,64
8	Объем розничной торговли на душу населения (тыс.руб)	0,62
9	Обеспеченность средними медицинскими работниками на 10000 человек	0,60
10	Мощность поликлиник на 10000 человек	0,54
11	Доля врачей с высшей квалификационной категорией (%)	0,47
12	Доля организаторов здравоохранения с высшей квалификационной категорией	0,45

Обратная зависимость уровня общей смертности в муниципальных образованиях Свердловской области была также установлена при анализе влияния ресурсного потенциала местных систем здравоохранения. Так, например, отношение частоты встречаемости территорий с высокой и низкой смертностью при обеспеченности врачами до 20 на 10000 человек составило 1,5, а при величинах этого показателя 20-25 и более 25 на 10000 человек – 0,34 и 0,02, соответственно. Аналогичные результаты были получены при оценке характера влияния укомплектованности штатных врачебных должностей и доли врачей с высшей квалификационной категорией. В частности, рассмотренное выше отношение при удельном весе специалистов высшей категории до 25% составило 1,8, в диапазоне 25% – 35% – 0,8, а более 35% – 0,5.

Таким образом, с помощью методов многофакторного анализа была получена количественная оценка влияния комплекса факторов на уровни общей смертности населения. Установлено, что наибольшее влияние на их формирование в муниципальных образованиях Свердловской области оказывают степень социально-экономического развития территории и ресурсный, особенно кадровый, потенциал местных систем здравоохранения. В то же время, для разработки эффективной программы кадрового обеспечения здравоохранения важно было не только сформулировать обоснованные результатами анализа предложения, но и дать прогноз, в какой степени решение этой задачи позволит сократить количество муниципальных образований с высоким уровнем смертности.

Полученные на первой стадии обработки данных решающие правила представляют собой математические модели зависимости смертности от комплекса факторов, высокая надежность которых была подтверждена результатами распознавания на процедуре «экзамена». Это позволяло использовать их для оценки эффективности различных управленческих сценариев. Из данных, приведенных в таблице 2, видно, что меры по укреплению кадровых ресурсов обладают достаточно высокой потенциальной эффективностью. Так, например, повышение уровня обеспеченности местных систем

здравоохранения врачами до 25 на 10000 человек, согласно результатам математического моделирования, может привести к сокращению группы муниципальных образований с «высоким» (более 17,0 на 1000 населения) уровнем смертности на 2%, а при повышении уровня обеспеченности до 30 на 10000 – на 11%. Эффективным сценарием является и повышение укомплектованности штатных врачебных должностей: при росте этого показателя до 60% и до 70% количество территорий с высокой смертностью может уменьшиться на 6% и 10%, соответственно. Схожие по величине результаты прогнозируются и в случае увеличения квалификации врачебных кадров.

**Таблица 2**

Потенциальная эффективность некоторых управленческих сценариев, направленных на снижение смертности населения в муниципальных образованиях Свердловской области

Мероприятие	Сокращение группы территорий с высоким уровнем смертности после коррекции факторов на %
Повышение обеспеченности врачами	
- до 25 на 10000 человек	2
- до 30 на 10000 человек	11
Повышение укомплектованности штатных врачебных должностей физическими лицами	
- до 60%	6
- до 70%	10
Повышение доли врачей с высшей квалификационной категорией	
- до 35%	3
- до 45%	8
Одновременная коррекция всех трех факторов	
- по умеренному сценарию	14
- по оптимистичному сценарию	25

В целом укрепление кадрового потенциала местных систем здравоохранения при умеренном сценарии – повышение обеспеченности врачами (до 25 на 10000), укомплектованности штатных врачебных должностей (до 60%), а также увеличение доли врачей с высшей категорией (до 35%) – согласно проведенным расчетам, способно привести к снижению смертности в 14% административно-территориальных образований, относящихся к группе с «высокой» смертностью, а при оптимистичном сценарии – в четверти из них.

### **Заключение**

На основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что применение современных методов многофакторного анализа данных дает организаторам здравоохранения возможность получить большой объем информации, полезной при разработке программ по улучшению здоровья населения.

## Список литературы

1. Алленов А.М. Математическое моделирование в управлении здоровьем населения /А.М. Алленов, В.С. Казанцев // Врач и информационные технологии. – 2011. - №6. – С.62-67.
2. Здоровоохранение в России. 2013: Стат. сб. /Росстат. – М., 2013. – 384 с.
3. Казанцев В.С. Задачи классификации и их программное обеспечение (пакет КВАЗАР) / В.С. Казанцев. – М: Наука, 1990. – 136 с.
4. Карякин Н.Н. Количественная оценка зависимости некоторых показателей смертности и заболеваемости от ресурсов здравоохранения / Н.Н. Карякин, Е.В. Донченко, П.В. Мухин // Медицинский альманах. – 2014. - № 3. – С. 16-20.
5. Никифоров С.А. Муниципальное здравоохранение в Российской Федерации: проблемы и перспективы развития / С.А. Никифоров, И.Н. Денисов, Е.В. Ползик. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 139 с.

### Рецензенты:

Чернова Т.В., д.м.н., профессор, заместитель директора по учебной работе ГБОУ ДПО «Уральский научно-исследовательский институт общественного здоровья», г. Екатеринбург;  
Леонтьев С.Л., д.м.н., профессор, директор ГАУЗ «Институт клеточных технологий» Министерства здравоохранения Свердловской области, г. Екатеринбург.