

АНАЛИЗ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ МЕТОДАМИ ИЕРАРХИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

В.М. Тимирьянова, А.Ф. Зимин

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

E-mail: 79174073127@mail.ru

В статье представлены результаты анализа смертности в муниципальных образованиях в увязке с развитием системы здравоохранения методами иерархического анализа. Исследование проводилось по данным 260 муниципальных районов и городских округов 6 субъектов РФ. Результаты показали значимое влияние среднемесячной заработной платы населения и численности врачей и расходов на оказание амбулаторной медицинской помощи на уровень смертности.

Ключевые слова: смертность населения, система здравоохранения, муниципальные образования, иерархический анализ, межрегиональные различия.

Введение

В условиях наблюдаемой пандемии коронавирусной инфекции, возрос интерес к вопросам охраны и укрепления здоровья населения, снижения смертности и их связи с обеспеченностью ресурсами здравоохранения. В настоящее время сохраняется высокая дифференциация территорий как по уровню смертности населения, определяемой различием климатических, производственных и других факторов [Гурвич и др., 2008; Молчанова, 2011; Аскарлов и др., 2019], так и по уровню материально-технического, ресурсного обеспечения медицинских учреждений [Калашников, 2015; Пепеляева, Третьякова, 2018]. А с учетом текущего увеличения финансирования на здравоохранение при различии направлений его использования в регионах – это различие только возрастёт. Кроме того, наблюдается естественная внутрорегиональная дифференциация по уровню обеспеченности ресурсами здравоохранения крупных городов и районов, центра и периферии, что связано со ступенчатым размещением объектов определяемым видами, формами оказания медицинской помощи и рекомендуемой численности обслуживаемого населения. Так, медицинские организации, оказывающие медицинскую помощь в экстренной форме размещаются с учетом транспортной доступности, не превышающей 60 минут, а инфекционная больница или онкологический диспансер из расчета не менее 1 на весь субъект РФ (как правило в самом крупном городе субъекта РФ). Организация и функционирование последних по сути определяется субъектами РФ, а, следовательно, может быть выделен как местный муниципальный контекст, так и общий для входящих в субъект РФ муниципальных образований фактор увеличения смертности населения.

Данное исследование позволяет расширить существующие представления о факторах смертности населения, благодаря разложению вариации муниципальных образований по показателю смертности на два уровня: региональный и муниципальный. Такое разложение возможно в рамках иерархического линейного моделирования (Hierarchical linear modeling (HLM), активно развиваемого Гольдштейном Х., Рабенбуш С.В., Гарсоном Д. [Raudenbush et al., 2011; Goldstein, 2010, Garson, 2013]. Первоначально метод применялся для изучения различий в поведении людей. В частности, для оценки региональных особенностей в склонности людей к вредным привычкам (сигареты и алкоголь) [Duncan et al., 1993]. Но со временем они стали применяться не только для оценки различий в поведении людей, но и при изучении территориальных аспектов различных явлений [Yusupov et al., 2018]. И в последние годы методы иерархического моделирования активно использовались в исследовании различных аспектов системы здравоохранения. Так, Путрик П., Рамиро С., Мольто А., Кесей А.П., Нортон С., Дугадос М., Боонен А. [Putrik et al., 2019] анализировали социально-экономические детерминанты исходов заболеваний, Херрин Дж., Сент-Андре Дж., Кенвард К., Джози М. С., Одет А.-М. Дж., Хайнс С. К. [Herrin et al., 2014] частоту повторной госпитализации Сюй Ю., Лю Ю., Шу Т., Ян В., Лян М. [Xu et al., 2015] различия в качестве медицинского обслуживания, Субраманиан С.В., Джонс К., Дункан С. [Subramanian et al., 2003] и Диез-Ру, А. В. [Diez-Roux, 2000] систему общественного здравоохранения. Таким образом, применение их для исследования связи смертности населения и развития системы здравоохранения позволит расширить существующее представление о ней.

Цель исследования определить влияние ресурсов здравоохранения на смертность населения в муниципальных образованиях. Гипотеза опирается на предположение о том, что эта связь может проявляться на двух уровнях территориального управления. Результаты исследования представляют интерес для государственных органов, определяющих направления развития системы здравоохранения.

Методы и материалы

Основной предпосылкой применения методов иерархического анализа является вложенный, иерархически связанный характер различных элементов системы. В данном случае вложенными являются территориальные единицы: муниципальное образование → субъект РФ. Исследование проводилось по данным 2017г. в разрезе 260 муниципальных районов и городских округов 6 субъектов Российской Федерации: Республик Татарстан и Башкортостан, Оренбургской и Челябинской областей, Пермского края, Удмуртской республики. В качестве основных источников информации были использованы сборники территориальных органов Федеральной службы государственной статистики.

В качестве зависимой переменной выступал коэффициент смертности. В качестве факторных переменных на уровне муниципального образования

использовались среднемесячная заработная плата в муниципальном образовании и численность врачей в расчёте на 10000 человек населения. В качестве факторной переменной на уровне субъекта РФ был включен показатель объема расходов на оказание амбулаторной медицинской помощи в рамках территориальной программы государственных гарантий оказания бесплатной медицинской помощи гражданам Российской Федерации в расчете на 1 чел. местного населения. Характеристика показателей представлена в таблице 1. Как видно наибольшая вариация наблюдается по численности врачей на душу населения.

Таблица 1

Характеристика анализируемых показателей

Наименование показателя	Количество наблюдений	Минимум	Максимум	Среднее значение	Стандартное отклонение
Коэффициент смертности, промилле	260	8,4	25,1	14,45	2,39
Среднемесячная заработная плата, тыс.руб.	260	17,3	46,35	26,63	5,28
Численность врачей в расчёте на 10000 человек населения, чел.	260	5,7	89,2	25,67	11,06
Объема расходов на оказание амбулаторной медицинской помощи в расчете на 1 чел., тыс.руб.	6	3,37	4,14	3,84	0,29

Влияние на смертность среднемесячной заработной платы определяется тем, что в условиях достаточного объема доходов население может позволить себе более качественные продукты питания, лучшие условия проживания, дополнительные платные услуги здравоохранения, в том числе санаторно-курортное лечение, и другие блага прямо или косвенно влияющие на их здоровье. Численность врачей так же имеет связь со смертностью населения. В частности их нехватка определяет несвоевременность оказания медицинской помощи в том числе, определяющая летальный исход заболевания. При этом немаловажным является и финансирование расходов на оказание амбулаторной медицинской помощи. Наличие лекарств, инструментов и медицинских приборов безусловно определяет качество оказания медицинских услуг.

Иерархический анализ предполагает оценку эффектов на нескольких уровнях, с выделением групповых и межгрупповых различий. Исследование включает четыре шага. На первом шаге строится нулевая модель. Она необходима для получения первичных статистических доказательств значимости выделения уровней и определения коэффициентов, используемых для оценки качества усложненных моделей. Она имеет вид:

Уровень 1 (муниципальный район и городской округ):

$$KC_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}$$

Уровень 2 (субъект РФ):

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$$

где $КС_{ij}$ - общий коэффициент смертности в i -ом муниципальном образовании j -ого региона РФ, промилле;

β_{0j} - функция общего перехвата (γ_{00}) для всех муниципалитетов и ошибка межрегиональной дисперсии (u_{0j}) которая объясняет различия между региональными значениями показателей, достигнутыми их составляющими муниципалитетами;

r_{ij} - ошибка внутрирегиональной дисперсии (межмуниципальной), объясняющая различия между муниципалитетами внутри отдельных регионов; представляет ошибку в оценке этого показателя в пределах регионов.

j - индекс принадлежности муниципалитета к конкретному субъекту Российской Федерации, ($j = 1, 2, \dots, 6$);

i - индекс принадлежности к определенному муниципалитету ($i = 1, 2, \dots, 260$)

Для оценки степени влияния различных характеристик регионов на коэффициент смертности рассчитывается коэффициент внутриклассовой корреляции (ИСС):

$$ICC = \frac{\sigma_{00}^2}{\sigma_{00}^2 + \sigma_j^2}$$

где σ_{00}^2 - межрегиональная дисперсия;

σ_j^2 - внутрирегиональная (межмуниципальная) дисперсия.

Это уравнение представляет собой отношение межрегиональной дисперсии к общей дисперсии. Значение коэффициента, близкое к нулю, указывает на то, что верхний уровень не влияет на развитие объектов нижнего уровня, в нашем случае муниципалитетов. Чем выше значение ИСС, тем значительнее разница между регионами, чем разница между муниципальными образованиями внутри регионов, и наоборот.

На втором шаге строится а модель регрессии, которая имеет вид:

Уровень 1 (муниципальный район и городской округ):

$$КС_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot ZP_{ij} + r_{ij}$$

Уровень 2 (субъект РФ):

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j}$$

где ZP_{ij} - среднемесячная заработная плата в i -ом муниципальном образовании j -ого региона РФ;

β_{1j} - регрессионный коэффициент.

На данном шаге проверяется гипотеза о том, что среднемесячная зарплата, определяющая уровень доходов населения в муниципальном образовании, положительно влияние на снижение смертности населения.

На третьем шаге в модель добавляется в качестве фактора численность врачей в расчёте на 10000 человек населения. На четвёртом шаге включается переменная на уровне субъекта РФ: объем расходов на оказание амбулаторной медицинской помощи в рамках территориальной программы государственных гарантий оказания бесплатной медицинской помощи гражданам Российской

Федерации в расчете на 1 чел. местного населения. В итоге получается иерархическая модель с предикторами на обоих уровнях:

Уровень 1 (муниципальный район и городской округ):

$$KCS_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot ZP_{ij} + \beta_{2j} \cdot V_{ij} + r_{ij}$$

Уровень 2 (субъект РФ):

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot R_j + u_{0j}$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j}$$

где V_{ij} - численность врачей в расчёте на 10000 человек населения в i -ом муниципальном образовании j -ого субъекта РФ;

R_j - объем расходов на оказание амбулаторной медицинской помощи в рамках территориальной программы государственных гарантий оказания бесплатной медицинской помощи гражданам Российской Федерации в расчете на 1 чел. j -ого субъекта РФ;

$\beta_{1j}, \beta_{2j}, \gamma_{01}$, – регрессионные коэффициенты при факторах.

Последняя модель тестирует гипотезу о том что смертность населения зависит от среднемесячной заработной платы получаемой населением муниципального образования, количества врачей работающих в медицинских учреждениях муниципального образования и объема расходов осуществляемых в целом по субъекту РФ на оказание амбулаторной медицинской помощи в рамках территориальной программы государственных гарантий оказания бесплатной медицинской помощи гражданам.

Оценка качества моделей и их предсказательной способности проверялась путем сравнения остаточной дисперсии, логарифма коэффициента правдоподобия.

Результаты

Формируемая на первом шаге нулевая модель (модель 1) показывает насколько сильны межрегиональные различия в уровне смертности в сравнении с внутри региональными различиями. Рассчитанный межклассовый коэффициент корреляции (ICC) показывает, что региональная дисперсия составляет 4% от общей дисперсии показателя. 96% всех различий коэффициента смертности в муниципальных образованиях объясняется различиями муниципальных образований внутри регионов (Табл.2). Следует обратить внимание, что включение факторных переменных на нижнем уровне способствовало увеличению доли необъяснённой части регионального компонента вариации. Так же полученные результаты показывают на неустойчивость результатов оценки надежности модели.

Таблица 2

Результаты оценки моделей

Значения коэффициентов	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
Константа	14,5*	19,5*	19,5*	12,6**
Среднемесячная заработная плата		-0,19*	-0,15*	-0,14*
Численность врачей в расчёте на 10000 человек населения			-0,04*	-0,04*

Объема расходов на оказание амбулаторной медицинской помощи в расчете на 1 чел.				1,77***
ИСС	0,04	0,083	0,085	0,039
Оценка надежности	0,636	0,789	0,792	0,632
χ^2	14,0***	24,37*	24,97*	10,4***
Остаточное отклонение	1186,4	1145,4	1141,7	1138,6
Значение логарифма функции правдоподобия	-593,2	-572,7	-570,8	-569,3

* $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,05$

В то же время, значения при коэффициентах в целом не изменяются. Как и предполагалось рост доходов населения в муниципальном образовании, а так же увеличение числа врачей способствует снижению уровня смертности. В то же время следует с осторожностью интерпретировать полученный результат по расходам на оказание амбулаторной медицинской помощи в регионе. Здесь изменение однонаправленно, что помимо прочего может указывать не неэффективное использование средств регионами. Учеными часто отмечается «тесное переплетение позитивных и негативных эффектов в процессе организации и обеспечения медицинской помощи» [Бойцов, Самородская, 2016]. В ряде исследований и ранее отмечалось отсутствие связи между показателями затрат и результатов в системе здравоохранения [Иванов, Суворов, 2003; Иванова, 2016], что безусловно требует дальнейшего изучения.

Заключение

Полученные результаты весьма дискуссионные. Мы попытались применить инструменты иерархического анализа для оценки связи уровня смертности и показателей системы здравоохранения. Полученные результаты говорят о том, что среднемесячная заработная плата населения в муниципальном образовании и численность врачей находятся в обратной связи с уровнем смертности, т.е. способствуют его снижению, в то время как расходы на оказание амбулаторной медицинской помощи – в прямой. Все включенные в модель факторы значимы. В результате включения переменных остаточное отклонение снижалось, а значение логарифма функции правдоподобия увеличивалось. В тоже время следует отметить весьма неустойчивый характер получаемых оценок качества моделей, а так же изменение в уровне их надежности.

Не смотря на выделяемые недостатки мы видим перспективы использования методов иерархического анализа. Данный метод позволяет достаточно легко дать комплексную оценку системы здравоохранения с точки зрения ее влияния на смертность населения. При этом его преимуществом является разложение наблюдаемой вариации на два уровня управления: региональный и муниципальный. Многообразие методов иерархического анализа позволяют выстраивать и более сложные модели, например, трехуровневые, а так же с включением пространственной компоненты. Перечень показателей второго уровня иерархии может быть расширен за счет включения других показателей характеризующих систему здравоохранения в

субъектах РФ. Для первого уровня иерархии перечень внутримunicipальных факторов так же может быть расширен, например за счет включения показателей характеризующих местные условия жизни: уровень загрязнения окружающей среды, доля инвалидов 1 и 2 степени и т.д.

Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FZWU-2020-0027)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гурвич В.Б., Никонов Б.И., Малых О.Л., Кочнева Н.И., Вараксин А.Н., Маслакова Т.А., Кузьмин С.В., Кузьмина Е.А., Ярушин С.В. Использование регрессионных моделей в системе поддержки принятия решений по управлению риском для здоровья населения в результате воздействия социально-экономических факторов // Уральский медицинский журнал. – 2008. – № 8 (48). – С. 26-33.

Молчанова Е.В. Исследование факторов, влияющих на смертность населения в России, с помощью методов математической // Перспективы науки. – 2011. – № 5 (20). – С. 73-77.

Аскарлов Р.А., Карелин А.О., Лакман И.А., Розанова Л.Ф., Аскарлова З.Ф. Сегментация территорий Республики Башкортостан по уровню смертности от злокачественных новообразований // Здравоохранение Российской Федерации. – 2019. – Т. 63. – № 1. – С. 4-13. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-1-4-13>

Kalashnikov K.N. Resource security of healthcare in Russia: issues of territorial differentiation. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2015, no. 1 (37), pp. 72-87. <https://doi.org/10.15838/esc/2015.1.37.5>

Пепеляева А.В., Третьякова Е.А. Структурно-функциональная модель региональной системы здравоохранения // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. – 2018. – № 2 (62). – С. 164-176.

Goldstein, Harvey. 2010. *Multilevel Statistical Models: 4th Edition*. Wiley.

Raudenbush, Stephen W., Anthony S. Bryk, Yuk Fai Cheong, Richard T. Congdon Jr , Mathilda du Toit. 2011. *HLM 7: Hierarchical linear and nonlinear modeling*. Lincolnwood, IL: Scientific Software International Inc.

Garson, David. 2013. *Hierarchical linear modeling: guide and applications*. Sage Publications. <https://dx.doi.org/10.4135/9781483384450>

Duncan, C., Jones, K., & Moon, G. (1993). Do places matter? A multi-level analysis of regional variations in health-related behaviour in Britain. *Social Science & Medicine*, 37(6), 725–733. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(93\)90366-c](https://doi.org/10.1016/0277-9536(93)90366-c)

Yusupov, Kasim N., Venera M. Timir'yanova, Yula S. Toktamysheva, Denis V. Popov. 2018. Hierarchical and spatial effects in the development of municipalities. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast* 11(5): 137-154. <https://doi.org/10.15838/esc.2018.5.59.9>

Putrik P., Ramiro S., Moltó A., Keszei A. P., Norton S., Dougados M., ... Boonen A. Individual-level and country-level socioeconomic determinants of disease outcomes in SpA: multinational, cross-sectional study (ASAS-COMOSPA). *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2019; 78(4): 486–493. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2018-214259>

Herrin J., St. Andre J., Kenward K., Joshi M. S., Audet A.-M. J., Hines S. C. Community Factors and Hospital Readmission Rates. *Health Services Research*. 2014; 50(1): 20–39. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.12177>

Xu Y., Liu Y., Shu T., Yang W., Liang M. Variations in the Quality of Care at Large Public Hospitals in Beijing, China: A Condition-Based Outcome Approach. *PLOS ONE*. 2015; 10(10): 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138948>

Subramanian S.V., Jones K., Duncan C. Multilevel methods for public health research. In I. Kawachi & L. F. Berkman (Eds.), *Neighborhoods and Health*. New York: Oxford University Press. 2003: 65–111.

Diez-Roux, A. V. (2000). Multilevel Analysis in Public Health Research. *Annual Review of Public Health*, 21(1), 171–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.21.1.171>

Бойцов С.А., Самородская И.В. Факторы, влияющие на смертность населения. *Вестник Российской академии наук*. 2016; 86(12): 1089-1097.

Иванова Т.А. Смертность населения от основных причин: исследование положения регионов РФ. *Системное управление*. 2016; 1(30): 1-16.

Иванов В.Н., Суворов А.В. Проблемы охраны здоровья населения России. *Проблемы прогнозирования*. 2003; (3): 99-113.