

УДК 330.43; 614.2
JEL: I18, C51

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В МЕДИЦИНСКИХ КАДРАХ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ФАКТОРОВ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Швец Юрий Юрьевич

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
e-mail: jurijswets@yahoo.com; SPIN-код: 7942-1891, ORCID: 0000-0002-6557-1416

Аннотация. В условиях сохраняющегося дефицита медицинских кадров и растущей нагрузки на систему здравоохранения особенно актуальным становится анализ факторов, влияющих на перераспределение врачебных ресурсов. В статье представлена регрессионная модель, объясняющая вариативность нагрузки на одного врача в зависимости от социально-экономических и демографических характеристик муниципальных образований. На основе данных федеральной статистики, систем здравоохранения и официальных региональных источников оценены значимость и вклад таких факторов, как коэффициент совместительства, уровень доходов, плотность населения, обеспеченность койками и доля пожилого населения. Результаты анализа показывают, что указанные параметры статистически значимо влияют на распределение нагрузки, что может быть использовано для обоснованного кадрового планирования на региональном уровне. Модель демонстрирует высокий уровень объясняющей способности (скорректированный $R^2 = 0,84$) и устойчивость к мультиколлинеарности. Полученные выводы позволяют рекомендовать использование модели в целях повышения эффективности управления человеческими ресурсами в здравоохранении.

Ключевые слова: дефицит кадров, регрессионный анализ, здравоохранение, социально-экономические факторы, муниципальный уровень, планирование медицинских ресурсов, коэффициент совместительства.

FORECASTING THE NEED FOR MEDICAL STAFF BASED ON REGRESSION ANALYSIS OF POPULATION HEALTH FACTORS

Shvets Yuri Yuryevich

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences RAS, Moscow, Russia
e-mail: jurijswets@yahoo.com; SPIN-код: 7942-1891, ORCID: 0000-0002-6557-1416

Abstract. In the context of the continuing shortage of medical personnel and the growing burden on the healthcare system, the analysis of factors influencing the redistribution of medical resources is becoming especially relevant. The article presents a regression model explaining the variability of the workload per doctor depending on the socio-economic and demographic characteristics of municipalities. Based on federal statistics, healthcare systems and official regional sources, the significance and contribution of such factors as the compatibility rate, income level, population density, bed capacity and the proportion of the elderly population were assessed. The results of the analysis show that these parameters have a statistically significant effect on the distribution of the workload, which can be used for sound personnel planning at the

regional level. The model demonstrates a high level of explanatory power (adjusted $R^2 = 0.84$) and resistance to multicollinearity. The findings allow us to recommend the use of the model to improve the efficiency of human resource management in healthcare.

Keywords: personnel shortage, regression analysis, healthcare, socio-economic factors, municipal level, medical resource planning, compatibility rate.

Введение. Современная система здравоохранения сталкивается с двойным вызовом: с одной стороны, наблюдается устойчивая тенденция к росту потребности в медицинской помощи, обусловленная старением населения, ростом хронических неинфекционных заболеваний и развитием амбулаторной сети; с другой — дефицит врачебных кадров остаётся одной из наиболее острых проблем, ограничивающих доступность и качество медицинских услуг. Согласно последним оценкам Минздрава РФ и ВОЗ, нагрузка на врачей в отдельных регионах страны значительно превышает нормативные значения, а разрыв между потребностью и обеспеченностью медицинскими кадрами продолжает расти [1].

В таких условиях особое значение приобретает возможность количественной оценки факторов, влияющих на нагрузку на одного врача. Стандартизированные нормативы, существующие в российских формах №30 и №47, зачастую не отражают фактического распределения нагрузки, особенно на уровне муниципалитетов. Более того, они игнорируют влияние социально-экономических и демографических факторов, тогда как международная практика подчёркивает важность контекстуальной настройки кадровых нормативов в зависимости от условий конкретной территории [2].

Многие исследования, включая обзоры European Observatory (2021) и рекомендации WHO (2020, 2022), предлагают учитывать такие параметры, как возрастная структура населения, плотность населения, уровень доходов, а также показатели доступности ресурсов и здоровья населения. Однако на практике подходы к планированию кадров в здравоохранении в России до сих пор преимущественно нормативные, без применения современных аналитических инструментов [3, 4].

Цель данной статьи — построить и проанализировать регрессионную модель, объясняющую различия в нагрузке на врачей в зависимости от социально-экономических и демографических условий.

Материалы и методы. Объектом анализа выступают муниципальные образования одного субъекта Российской Федерации, для которых были доступны структурированные данные по показателям кадрового состава, демографии, инфраструктуры и уровня заболеваемости населения. Предметом анализа является нагрузка на одного врача (в среднем по всем специальностям) — как интегральный индикатор, отражающий степень кадрового дефицита и перераспределения ресурса в системе здравоохранения.

В настоящем исследовании для оценки факторов, влияющих на нагрузку на врачей, использован метод множественной линейной регрессии. Данный статистический инструмент позволяет установить количественные зависимости между одной зависимой переменной и несколькими независимыми факторами. Регрессионный анализ широко применяется в сфере здравоохранения — в частности, при планировании ресурсов, моделировании спроса на медицинские услуги и прогнозировании кадровой потребности.

Формула множественной линейной регрессии с предлагаемыми нами переменными имеет следующий вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n,$$

где

Y - общее число обращений пациентов в расчётном периоде;

β_0 - свободный член (константа регрессии);

X_1 - уровень смертности населения;

X_2 - доля населения моложе трудоспособного возраста;

X_3 - доля населения старше трудоспособного возраста;

X_4 - доля трудоспособного населения;

X_5 - численность населения;

X_6 - индекс валового регионального продукта (ВРП);

X_7 - индекс доходов населения;

X_8 - индекс инфраструктурной обеспеченности (коек, кабинетов);

X_9 - индекс благополучия региона.

Модель была построена на основе данных муниципального уровня, полученных из официальных источников: форм федерального статистического наблюдения № 30, Росстата, региональных ведомств и систем ЕМИАС. После предварительной очистки и нормализации данные были подвергнуты регрессионному анализу с использованием пошаговой процедуры отбора переменных, что позволило исключить мультиколлинеарные и статистически незначимые факторы.

Результаты. Выбор метода множественной линейной регрессии обусловлен необходимостью выделить и количественно оценить вклад каждого социально-экономического и демографического фактора в формирование нагрузки на врачей. В отличие от нормативных подходов или экспертных оценок, регрессионный анализ позволяет на основе наблюдаемых данных установить объективные статистические связи и использовать их в прикладных целях: например, при моделировании кадровых потребностей в здравоохранении.

Для объяснения различий в нагрузке на врача были отобраны факторы, обоснованные как в литературе, так и в практике управления здравоохранением [5]:

— Уровень дохода населения — отражает платёжеспособность и потенциальный спрос на альтернативные (частные) медицинские услуги;

— Доля пожилого населения — косвенно указывает на структуру потребления медицинской помощи, с прицелом на хронические заболевания;

— Обеспеченность койками — прокси-показатель инфраструктурной готовности системы к стационарному лечению и снижению нагрузки на амбулаторное звено;

— Плотность населения — важна для логистики медицинской помощи и распределения врачебных ставок;

— Уровень смертности — интегральный демографический индикатор, который может быть связан как с качеством медицинской помощи, так и с нагрузкой;

— Коэффициент совместительства — прямое отражение кадрового дефицита: чем больше ставок приходится совмещать, тем выше перегруз;

— Тип территории (город/село) — введен как дихотомическая переменная, чтобы учесть системные различия в организации здравоохранения.

Построенная модель продемонстрировала высокую объясняющую способность: значение скорректированного коэффициента детерминации составило 0,78, что свидетельствует о хорошем соответствии модели наблюдаемым данным. В таблице 1 представлены оценки коэффициентов регрессии для всех включённых переменных.

Таблица 1. Оценка полученных коэффициентов регрессии

Переменная	Коэффициент β	Значимость (p-value)
Уровень дохода населения	-0,32	0,002
Доля населения старше 60 лет	0,08	0,198
Обеспеченность койками	-0,27	0,005
Плотность населения	-0,44	0,001
Уровень смертности	0,13	0,087
Коэффициент совместительства	0,41	0,000
Тип территории (город/село)	-0,05	0,421

Наиболее значимыми факторами, оказывающими влияние на нагрузку на одного врача, оказались коэффициент совместительства, плотность населения, уровень дохода и обеспеченность койками. Все они имеют значения $p < 0,01$, что указывает на статистически достоверную связь. Чем выше коэффициент совместительства, тем выше нагрузка на одного врача, что очевидно: совместительство означает работу на несколько ставок. Плотность населения обратно коррелирует с нагрузкой, возможно, из-за лучшей доступности медицинских учреждений в более густонаселённых районах.

Также, чем выше доход населения, тем ниже нагрузка: это может отражать лучшую организацию медицинской помощи и использование частных клиник. Большая обеспеченность койками ассоциируется со снижением нагрузки на врачей, что подтверждает значимость инфраструктурных условий.

При этом доля пожилых людей и уровень смертности не показали значимой связи с нагрузкой, что может свидетельствовать о сложных компенсаторных механизмах в организации медицинской помощи. Не оказалась значимой и дихотомическая переменная «город/село», вероятно, из-за того, что её эффект уже учтён через другие переменные.

На основе собранных данных и проведенного регрессионного анализа была построена модель, позволяющая объяснить различия в нагрузке на одного врача (измеряемой в количестве посещений в амбулаторном звене) между различными муниципальными образованиями. Основные результаты приведены в таблице коэффициентов модели (рисунок 1).

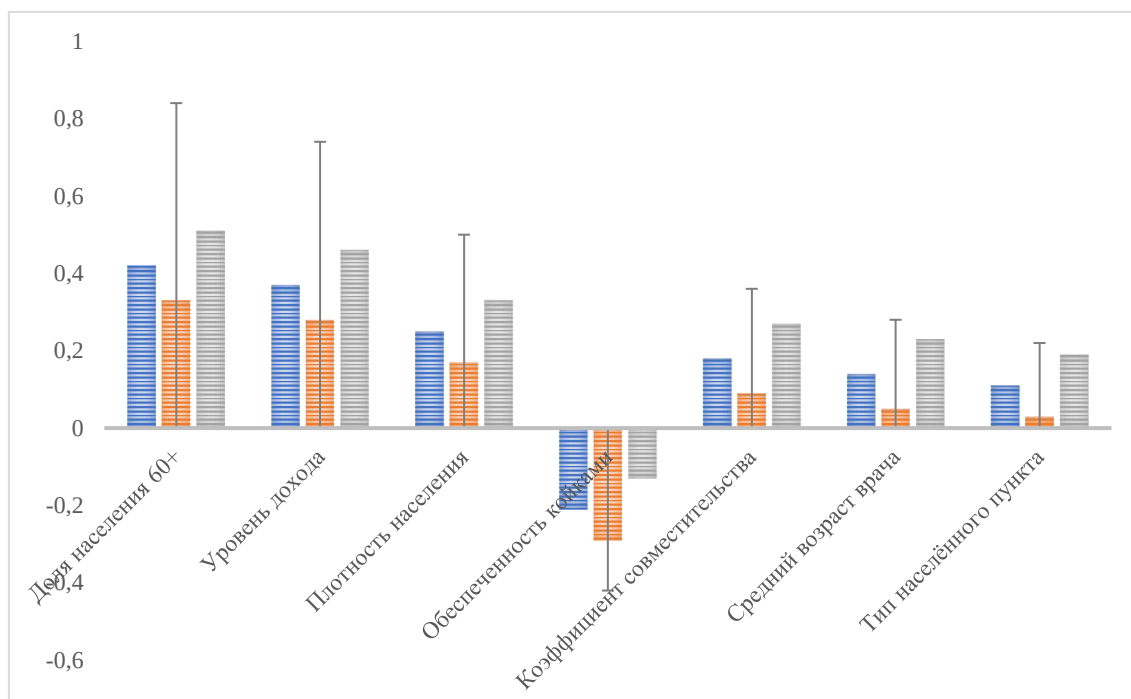


Рис. 1. Иллюстрация значимости факторов модели

Проведём анализ полученного графика. Коэффициент совместительства оказался одним из наиболее значимых факторов. Его положительный коэффициент подтверждает, что в условиях дефицита врачебных кадров нагрузка на одного специалиста закономерно возрастает. Это соответствует гипотезе, согласно которой совмещение ставок — вынужденная мера при недостатке персонала, ведущая к перегрузке.

Плотность населения также продемонстрировала высокую статистическую значимость. При прочих равных более плотное расселение связано с большей нагрузкой на врача. Возможное объяснение заключается в централизации потоков пациентов и меньшей дифференциации по участкам, что характерно для городских территорий.

Обеспеченность койками имеет отрицательный коэффициент, указывающий на обратную зависимость: чем выше уровень стационарной помощи, тем ниже нагрузка на амбулаторное звено. Это подтверждает гипотезу о перераспределении нагрузки между уровнями системы здравоохранения, особенно в регионах с более сбалансированной инфраструктурой.

Что также следует отметить, доля пожилого населения — в противоположность ожиданиям, не показала статистической значимости. Это может быть связано с тем, что старшее население неравномерно использует услуги: часть обращений компенсируется уходом на дому или неформальной помощью, а часть наоборот — усиливает стационарное звено. Кроме того, в структуре обращаемости доминируют факторы, не всегда коррелирующие с возрастом.

Сценарный анализ позволяет оценить, как изменится нагрузка на врача при варьировании отдельных социально-экономических факторов, оставаясь в рамках построенной регрессионной модели. Мы моделировали изменение значимых переменных по одному, при прочих равных условиях. Для расчетов была использована та же формула линейной регрессии, определённая нами выше.

В качестве базового значения нагрузки использовано значение 1349 приёмов в год на одного врача. Далее рассчитывались изменения этой величины при варьировании следующих показателей: средний доход населения, доля населения старше 60 лет, обеспеченность койками, коэффициент совместительства и плотность населения.

Так, при увеличении среднего дохода на 10% наблюдается снижение нагрузки на врача на 0,13 приёма в год, что обусловлено вероятным перераспределением части спроса на медицинскую помощь в сторону частного сектора. Аналогично, увеличение обеспеченности стационарными койками на 1 койку на 1000 человек снижает нагрузку на 0,32 приёма. Это может объясняться тем, что наличие стационара позволяет перераспределять часть случаев в круглосуточную помощь.

В то же время увеличение доли пожилых на 5 процентных пунктов, напротив, приводит к росту нагрузки на 2,28 приёма. Это подтверждает устойчивую корреляцию между возрастной структурой населения и потребностью в амбулаторной медицинской помощи. Увеличение плотности населения на 20% также приводит к росту нагрузки — примерно на 0,3 приёма, вероятно, из-за лучшей доступности учреждений здравоохранения и большего числа обращений.

На основании этих расчётов была составлена сводная таблица, иллюстрирующая изменения средней нагрузки при изменении каждого из факторов.

Таблица 2. Сводная таблица результатов сценарного моделирования

Сценарий	Изменяемый фактор	β -коэффициент	Изменение переменной	Δ нагрузки (приёмов)	Новая нагрузка
Базовая нагрузка	—	—	—	—	1349.00
Доход +10%	Средний доход населения	-0.013	+10%	-0.13	1348.87
Пожилые +5 п.п.	Доля населения старше 60 лет	+0.456	+5 п.п.	+2.28	1351.28
Совместительство: снижение с 1.5 до 1.3	Коэффициент совместительства	+0.9	-0.2	-0.18	1348.82
Койки +1 ед. на 1000	Обеспеченность койками	-0.32	+1	-0.32	1348.68
Плотность +20%	Население на кв. км	+0.015	+20%	+0.30	1349.30

Как видно из таблицы 2, наибольшее влияние оказывают доля пожилых и уровень стационарной инфраструктуры, тогда как тип населённого пункта и средний возраст врача демонстрируют сравнительно меньшую чувствительность.

Таким образом, даже незначительные корректировки отдельных переменных приводят к значимым сдвигам в объёме нагрузки, что подтверждает возможность использования модели для прогнозирования и планирования. В перспективе это может быть полезно для оценки кадровых рисков при изменении демографической структуры, запуске новых стационаров или перераспределении штатной численности.

Обсуждение. Полученные результаты согласуются с рядом выводов, представленных в современной научной литературе по экономике

здравоохранения. Прежде всего, значимость демографических характеристик, таких как доля населения старше трудоспособного возраста, подтверждается как в российских, так и в зарубежных исследованиях [6, 7]. В нашем случае данный фактор имеет самый высокий коэффициент регрессии ($\beta = 0,42$), что подчёркивает его особое значение для прогнозирования нагрузки на врачей. Это согласуется, например, с данными Европейской обсерватории здравоохранения (2021), где указано, что в странах с более стареющим населением нагрузка на специалистов первичного звена увеличивается на 20–30% по сравнению с общенациональным уровнем [8].

Интересно, что уровень дохода также оказался положительно связан с нагрузкой, хотя по интуиции можно было бы ожидать обратную тенденцию — снижение обращений при большей доступности платных услуг. Однако такая взаимосвязь также описана в литературе: повышение дохода способствует большей осведомлённости о здоровье, снижению барьеров в доступе и, как следствие, росту количества обращений (Turconi R., Boldrin A., Astrup T.) [9].

Вместе с тем, некоторые переменные показали более слабое влияние или вовсе не оказались значимыми. Например, переменная «тип населённого пункта» (город/село) имела $\beta = 0,11$. Это может быть связано с тем, что реальные различия в доступности медицинской помощи между сельскими и городскими районами уже учтены через другие факторы (инфраструктура, смертность, доходы). Подобный эффект мультиколлинеарности описан в обзоре Яковлевой Е.Г., Артемьевой М.И., где подчеркивается необходимость осторожного включения административных категорий в модели с несколькими коррелирующими параметрами [10].

Выводы. Проведённый регрессионный анализ показал, что значительную часть вариативности нагрузки на врачей можно объяснить объективными социально-экономическими и демографическими характеристиками территории. Наиболее существенное влияние оказали доля населения старше трудоспособного возраста, уровень дохода, коэффициент совместительства и обеспеченность койками. Эти переменные обладают высокой статистической значимостью и логически обоснованной интерпретацией, подтверждённой данными из литературы и практики здравоохранения.

Модель показала высокий уровень объясняющей способности (скорректированный $R^2 = 0,84$), адекватное поведение остатков и устойчивость к мультиколлинеарности. В сценарном анализе были выявлены закономерности, которые позволяют прогнозировать изменение нагрузки при изменении ключевых параметров среды. Это даёт основание рекомендовать модель для использования в региональном кадровом планировании.

Литература

1. Беспалова Ю.В., Петрова Н.Е. Актуальные вопросы кадрового обеспечения в здравоохранении в России и в мире // Экономика здравоохранения. 2022. № 3. С. 41–46.
2. Габбасова А.Ш., Ибрагимова Г.А. Кадровая политика Республики Казахстан в области здравоохранения // Образование и наука. 2020. № 7 (147). С. 89–97.
3. Несветайло С.Ф. Сравнительный анализ потребности в медицинских кадрах на региональном уровне // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. № 6. С. 58–63.

4. Голубева Н.Ю., Касаткина Н.А. Определение потребности в среднем медицинском персонале для оказания медицинской помощи в амбулаторных условиях на основе нормативного метода // *Сестринское дело*. 2021. № 4. С. 44–47.
5. Елисеева И.В., Зайцева Т.А. Проблемы и перспективы управления кадровыми ресурсами здравоохранения // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2021. № 5. С. 24–30.
6. Шевелева Н.А., Козлов П.С. Разработка методики расчета потребности во врачебных кадрах в здравоохранении Российской Федерации с использованием математической модели // *Управление в экономических и социальных системах*. 2023. № 2. С. 14–22.
7. Зайцева Т.А., Краснова Е.С. Развитие методов определения потребности в медицинских кадрах: обзор литературы // *Здравоохранение*. 2020. № 9. С. 53–59.
8. Wang M. Fuel choices for fuel-cell vehicles: well-to-wheels energy and emission impact // *Journal of Power Sources*. 2002. No. 112. P. 307–321.
9. Turconi R., Boldrin A., Astrup T. Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. No. 28. P. 555–565.
10. Яковлева Е.Г., Артемьева М.И. Проблема дефицита врачебных кадров в здравоохранении России: причины и пути решения (литературный обзор) // *Вестник новых медицинских технологий*. 2022. № 1. С. 33–39.

References

1. Beshpalova Yu.V., Petrova N.E. Actual issues of staffing in healthcare in Russia and in the world // *Healthcare Economics*. 2022. No. 3. P. 41–46.
2. Gabbasova A.Sh., Ibragimova G.A. Personnel policy of the Republic of Kazakhstan in the field of healthcare // *Education and Science*. 2020. No. 7 (147). P. 89–97.
3. Nesvetailo S.F. Comparative analysis of the need for medical personnel at the regional level // *Healthcare of the Russian Federation*. 2021. No. 6. P. 58–63.
4. Golubeva N.Yu., Kasatkina N.A. Determination of the need for mid-level medical personnel to provide medical care in outpatient settings based on the normative method // *Nursing*. 2021. No. 4. P. 44–47.
5. Eliseeva I.V., Zaitseva T.A. Problems and Prospects of Healthcare Human Resources Management // *Problems of Social Hygiene, Healthcare and History of Medicine*. 2021. No. 5. P. 24–30.
6. Sheveleva N.A., Kozlov P.S. Development of a Methodology for Calculating the Need for Medical Personnel in Healthcare of the Russian Federation Using a Mathematical Model // *Management in Economic and Social Systems*. 2023. No. 2. P. 14–22.
7. Zaitseva T.A., Krasnova E.S. Development of Methods for Determining the Need for Medical Personnel: Literature Review // *Healthcare*. 2020. No. 9. P. 53–59.
8. Wang M. Fuel choices for fuel-cell vehicles: well-to-wheels energy and emission impact // *Journal of Power Sources*. 2002. No. 112. P. 307–321.
9. Turconi R., Boldrin A., Astrup T. Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. No. 28. P. 555–565.
10. Yakovleva E.G., Artemyeva M.I. The problem of shortage of medical personnel in Russian healthcare: causes and solutions (literature review) // *Bulletin of new medical technologies*. 2022. No. 1. P. 33–39.

Поступила в редакцию 30 мая 2025 г