

Е.Н. АЛЕКСАНДРОВ, А.В. МАМАТОВ, Д.Н. СТАРЧЕНКО

**АГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА
СИСТЕМЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

В статье представлена агент-ориентированная модель для прогнозирования и оптимизации кадрового обеспечения регионального здравоохранения. Модель учитывает взаимодействие между медицинскими работниками, медицинскими учреждениями и региональным Министерством здравоохранения, а также влияние макроэкономических факторов. Описание моделирования демонстрируют возможности использования данного подхода для анализа текущей ситуации и разработки стратегий управления кадровыми ресурсами.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование; потребность в кадрах; региональное здравоохранение; медицинские кадры.

Анализ кадрового потенциала системы здравоохранения РФ требует комплексного подхода, обусловленного объективными факторами. Стремительное развитие социально ориентированных секторов экономики подчеркивает критическую роль здравоохранения как основу инновационного прогресса. Однако, существующая система сталкивается с вызовами, связанными с социокультурными, демографическими и экономическими изменениями, проявляющимися в острой нехватке медицинских кадров, особенно в регионах. Дефицит персонала усугубляется факторами, такими как старение населения, рост заболеваемости и недостаточное финансирование. Это требует разработки новых методологий прогнозирования потребности в медицинских кадрах с учетом среднесрочного планирования.

Ключевой проблемой является недостаточный приток молодых специалистов. Выпускники медицинских вузов представляют собой наиболее уязвимую группу, подверженную оттоку кадров из-за низких заработных плат, ограниченных возможностей профессионального роста и неблагоприятных условий жизни и работы в регионах. Эти факторы, включая недостаток квалифицированных кадров и ограниченный доступ к повышению квалификации, стимулируют миграцию медицинских работников в регионы с более благоприятными условиями.

Для прогнозирования кадровых процессов предлагается применение агент-ориентированного моделирования. Точность прогнозов напрямую зависит от уровня автоматизации кадрового учета в медицинских учреждениях, качества и объема доступных данных, а также наличия структурированных исторических данных. Агентный подход позволяет учесть сложное взаимодействие множества факторов, влияющих на принятие решений медицинскими работниками о выборе места работы и дальнейшей карьере.

Нехватка медицинских кадров – вызов, требующий комплексного решения, обусловленный несколькими основными факторами. С одной стороны, мы видим, что уровень заработной платы, хотя и растет, в некоторых регионах все еще остается сдерживающим фактором. Врачи и медсестры стремятся к достойной оплате своего труда, и в тех областях, где доходы ниже среднероссийского уровня, специалисты могут рассматривать варианты трудоустройства в других регионах. Однако, важно отметить, что правительство предпринимает шаги по увеличению финансирования здравоохранения, что позитивно сказывается на индексировании заработной платы медицинских работников.

Дефицит квалифицированных кадров в отдельных районах создает дополнительную

нагрузку на существующий персонал. Это подчеркивает необходимость улучшения системы подготовки и перераспределения медицинских работников. В то же время, этот дефицит создает возможности для инициативных специалистов занять востребованные позиции и внести значимый вклад в развитие здравоохранения.

Недостаточно комфортные условия жизни и работы, включая вопросы жилья и инфраструктуры, также оказывают влияние на решение специалистов. Необходимо улучшать качество жизни в регионах. Многие регионы активно работают над привлечением инвестиций в социальную сферу и созданием благоприятной среды для жизни и работы медиков, что уже сейчас демонстрирует позитивные результаты.

Для предсказания утечек кадров предлагается использовать имитационное моделирование на основе агент-ориентированного подхода. Итоговые результаты таких прогнозов определяются степенью автоматизации кадровых служб медицинских учреждений, объемом данных в системах учета кадров, а также наличием ретроспективной информации в оцифрованном виде.

Анализ кадрового обеспечения региона основывается на выявлении несоответствия между спросом и предложением в региональной системе здравоохранения, что проявляется в дисбалансе между потребностями в кадрах и их фактическим предложением (рис. 1).

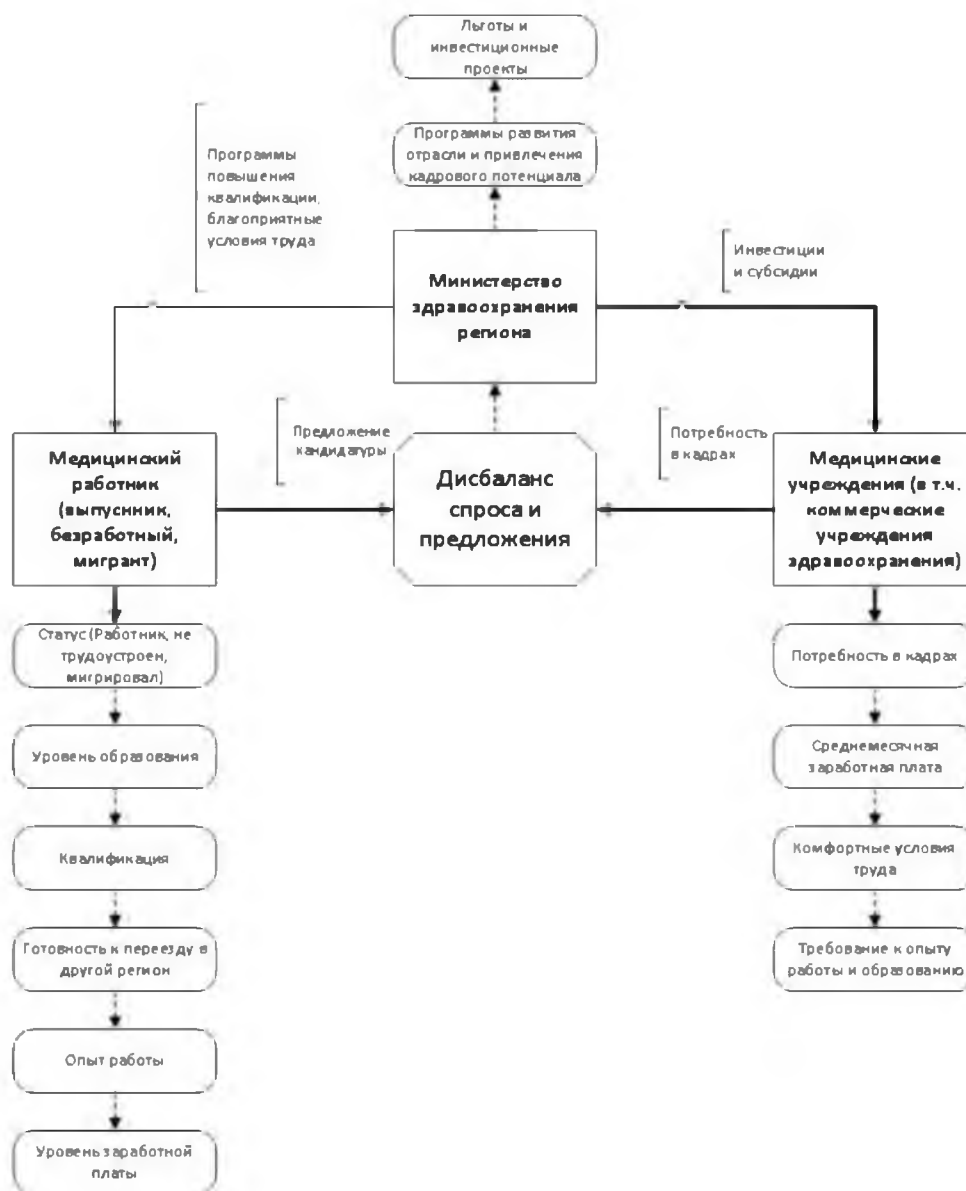


Рисунок 1 – Концептуальная модель прогнозирования потенциала медицинских кадров региона

Ключевыми компонентами данной модели являются:

1. Агент «Медицинский работник», который представляет собой трудовой ресурс и включает разные категории населения, такие как «Трудоустроен», «Безработный», «Мигрант», обладающие определенными навыками. Размеры этих групп и исходные параметры определяются на основе аналитической информации из системы учета кадров. Это позволяет фактически создать цифровую копию сотрудника и моделировать его образовательные и трудовые маршруты в рамках региональной здравоохранения.

2. Модуль кадрового потенциала здравоохранения региона, который включает популяцию агентов «Медицинские учреждения», каждый из которых отражает различные виды медицинской деятельности, с характеристиками, такими как количество открытых вакансий, численность работников, средняя месячная зарплата, требования к опыту, квалификации и образованию, а также уровень и структура дополнительной потребности в медицинских кадрах.

3. Агент «Региональное министерство здравоохранения», который определяет воздействие внешних факторов на других агентов системы, учитывая процессы и аспекты, определяемые региональной стратегией и программами социально-экономического развития (включая демографические, миграционные, структурные и технологические изменения в медицине, приоритетные направления и инвестиционные проекты).

На основе статистических данных, доступных в открытых источниках, предлагается выполнять расчеты изменений в численности и характеристиках отдельных агентов. Число и структура популяции «Выпускник» в рамках медицинской подготовки рассчитываются на основе информации о наборе студентов и проценте завершивших обучение в предыдущие годы. Эти данные корректируются с учетом доли тех выпускников, которые нашли работу до завершения обучения, и тех, кто продолжает образование:

$$L(v, t) = Z(v, t - T) \times C(v, t) \times (1 - E(v, t) - P(v, t))$$

где $L(v, t)$ – число выпускников специальности v в год t ; $Z(v, t - T)$ – количество студентов, поступивших на специальность v t лет назад (T – продолжительность обучения) (это исходное количество студентов, из которых будут формироваться выпускники); $C(v, t)$ – доля завершивших обучение на специальности v в году t (не все поступившие студенты доходят до выпуска; эта доля учитывает отчисления, академическую неуспеваемость и т.д.); $(1 - E(v, t) - P(v, t))$: эта часть формулы отражает долю студентов, которые фактически выпускаются в году t ; $E(v, t)$ – доля устроившихся до выпуска специальности v в году t (эти студенты не будут включены в число выпускников в году t); $P(v, t)$ – доля продолжающих обучение специальности v в году t (эти студенты также не будут считаться выпускниками в году t).

Вычитая $E(v, t)$ и $P(v, t)$ из 1 (100%), получается доля студентов, которые завершили обучение и не устроились на работу до выпуска и не продолжают обучение далее.

Фактически данная формула отображает следующую логику: количество выпускников (L) равно количеству поступивших студентов (Z) умноженному на долю успешно завершивших обучение (C) и долю тех, кто не устроился до выпуска и не продолжил обучение ($1 - E - P$).

Число и состав населения популяции «Мигрант» формируются с помощью экстраполяции исторических данных, основанных на статистике притока трудоспособных мигрантов в регион. Для этой экстраполяции можно применять различные статистические подходы, такие как линейная экстраполяция. В случаях, когда данные демонстрируют стабильный рост или падение, допустимо использовать линейную модель для прогнозирования будущих показателей.

Эти методы помогают анализировать тренды в миграции, позволяя более точно оценить возможное изменение численности населения. Важно учитывать, что правильный выбор аналитического инструмента способствует более эффективному получению результатов, которые могут быть использованы для планирования и разработки стратегий в области миграционной политики. Таким образом, экстраполяция исторических данных

служит важным инструментом для понимания динамики миграционных процессов и их влияния на региональное население:

$$N = N_0 + kt$$

где N – численность в будущем (численность через t лет, при постоянной скорости изменения k); N_0 – начальная численность (предполагается, что численность в некотором базовом (начальном) году); kt – скорость изменения (миграции) (t – количество лет).

Количество людей в популяции «Безработный» можно рассчитывать на основе предполагаемых показателей уровня безработицы в секторе здравоохранения исследуемого региона, а распределение по направлениям подготовки формируется на основании информации от кадровых служб Министерства здравоохранения области. Для вычисления численности группы «Безработный» можно применить следующую формулу:

$$T = Lm \times b$$

где T – количество не трудоустроенных людей (безработных); Lm – общее количество людей, работающих в рассматриваемой отрасли (m – тип деятельности (медицина)); b – доля безработных от общего числа работников ($0 \leq b \leq 1$).

Это число от 0 до 1, которое показывает, какая часть работников из Lm не имеет работы.

Также можно добавить внешнее влияние на безработицу в формулу. Например, через аддитивное влияние внешнего фактора на долю безработных:

$$T = Lm \times (b + f(x))$$

где T – количество не трудоустроенных людей (безработных); Lm – общее количество людей, работающих в рассматриваемой отрасли (m – тип деятельности (медицина)); b – доля безработных от общего числа работников (без внешнего влияния); $f(x)$ – функция, описывающая внешнее влияние; x – переменная, характеризующая внешний фактор. $f(x)$ может быть положительной (увеличение безработицы) или отрицательной (уменьшение безработицы).

Идентификация индивидуальных параметров участников различных групп, таких как «Уровень заработной платы», «Квалификация» и другие, может осуществляться через извлечение данных из систем учета кадров по выбранным категориям медицинского персонала. Конкретные значения характеристик каждого из создаваемых агентов генерируются на основе случайных величин. Эти случайные переменные можно описать с использованием заранее определенных распределений, параметры и форма которых устанавливаются на основе результатов отборов. В дальнейшем параметры распределений корректируются через проверку адекватности модели на исторических данных.

Каждое учреждение, относящееся к популяции «Медицинские организации», представляет собой одно из основных направлений в регионе. Среднегодовая численность штатных сотрудников в данной сфере определяется на основе прогнозов социально-экономического развития исследуемой местности. Уровень средней заработной платы в медицинских учреждениях устанавливается на основании статистических данных и корректируется на прогнозный период в соответствии с темпами роста средней заработной платы по региону. Потребность в специалистах формируется на основе обозначенного недостатка кадров, который зафиксирован медицинскими учреждениями.

Для исследования численности и потребностей в кадрах медицинских учреждений региона необходимо учитывать несколько факторов, которые могут влиять на агента:

1. Необходимость сбора информации о текущем количестве сотрудников в медицинских организациях региона, основываясь на учете кадровых данных;
2. Следует определить прогнозы о росте занятости, изменениях в экономике и демографической ситуации в регионе. Данный анализ может быть основан на данных,

предоставляемых местными властями, и муниципальных отчетах, доступных в открытых источниках;

3. Важно собрать сведения о средней зарплате в медицинских учреждениях области. Это можно осуществить через системы аналитического учета финансово-хозяйственной деятельности медучреждений.

На рисунке 2 демонстрируется агент-ориентированная модель, созданная для воспроизводства процессов, влияющих на утечку медицинских кадров на региональном уровне.

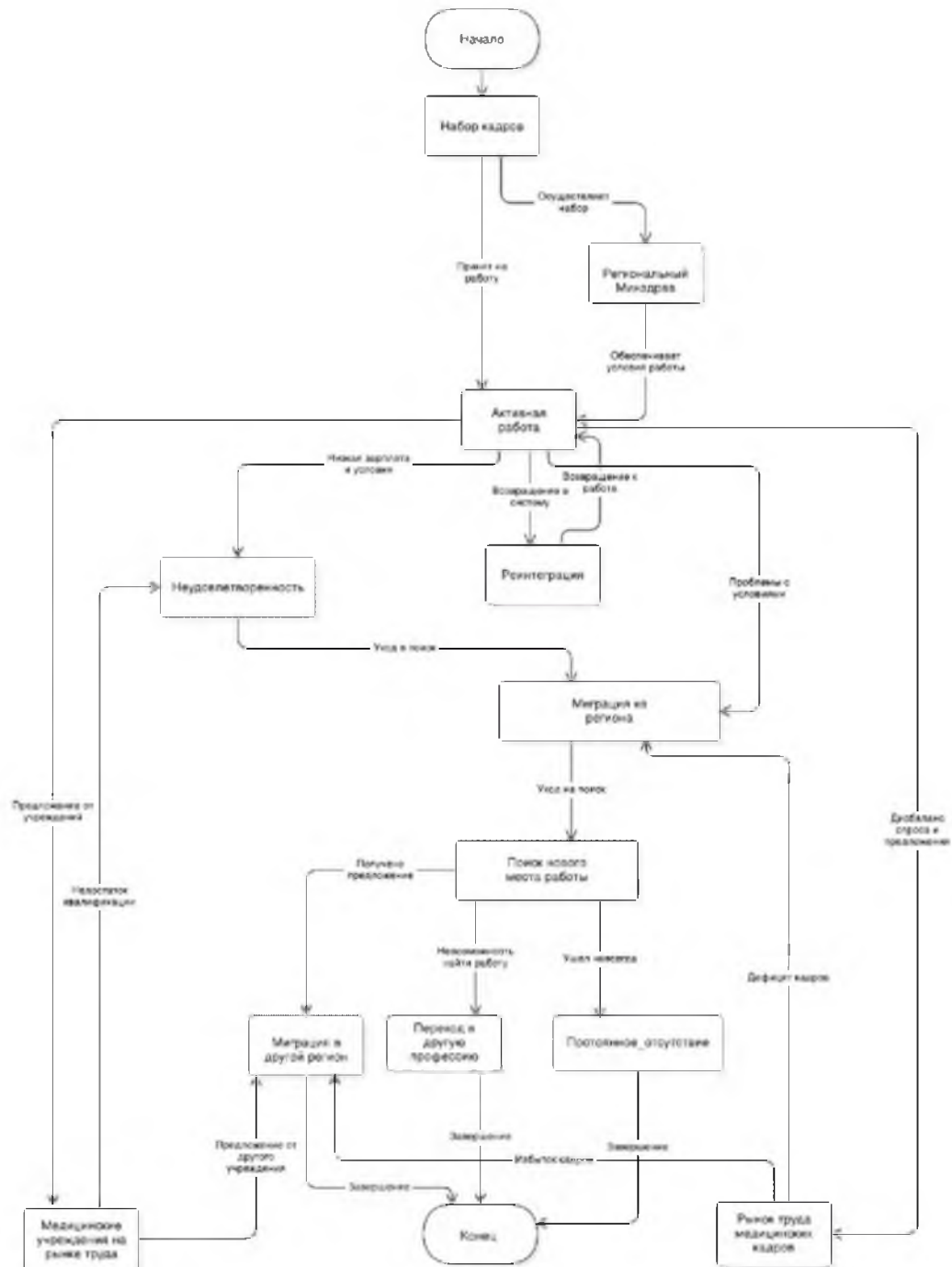


Рисунок 2 – Диаграмма переходов агентной имитационной модели оттока медицинских кадров в регионе

Эта модель дает возможность отслеживать изменения в перемещении специалистов между различными статусами, а также исследовать взаимодействия разных типов агентов.

Модель служит инструментом для анализа и управления процессами утечек медицинских специалистов. Понимание взаимодействий агентов и их состояний открывает новые горизонты для разработки более эффективных стратегий, которые обеспечат регион квалифицированными медицинскими работниками. Ее применение может значительно улучшить ситуацию с кадровым обеспечением в здравоохранении, позволяя принимать обоснованные решения и разрабатывать мероприятия по удержанию специалистов.

Модель также может использоваться для прогнозирования потенциальных изменений на рынке труда в области медицины, что делает ее полезным ресурсом для региональных властей и управляющих здравоохранением.

Таблица 1 – Описание агентов модели

Агент	Представление	Состояния (для «Медицинского работника»)	Функции
Медицинский работник	Индивидуальный агент, олицетворяющий медицинского специалиста.	- Набор кадров - Активная работа - Неудовлетворенность - Миграция из региона - Поиск нового места работы - Миграция в другой регион - Переход в другую профессию - Постоянное отсутствие - Реинтеграция	- Участвует в процессах трудоустройства, поиска новой работы. - Реагирует на условия труда и зарплату. - Взаимодействует с другими агентами
Региональный Минздрав	Агент, представляющий региональное министерство здравоохранения.	Не применимо	- Осуществляет набор медицинских кадров. - Обеспечивает условия работы.
Медицинские учреждения на рынке труда	Агент, представляющий отдельные медицинские учреждения.	Не применимо	- Предлагают вакансии и условия труда. - Взаимодействуют с медицинскими работниками. - Влияют на решения работников о переходе в другие учреждения.
Рынок труда медицинских кадров	Агент, отражающий общее состояние рынка труда в сфере здравоохранения.	Не применимо	- Отражает дисбаланс между спросом и предложением медицинских кадров. - Влияет на отток кадров из-за дефицита или избытка специалистов.

Таблица 1 демонстрирует различных агентов, участвующих в модели оттока медицинских кадров, и их характеристики. «Медицинский работник» представлен как основной действующий субъект, а остальные агенты, как факторы влияния на его перемещения между различными состояниями. Описанные здесь агенты («Региональный Минздрав», «Медицинские учреждения» и «Рынок труда») представляют собой ключевые элементы, формирующие среду, в которой принимают решения медицинские работники, определяя общий баланс кадрового потенциала.

Таблица 2 – Взаимодействие агентов в модели оттока медицинских кадров в регионе

Этап взаимодействия	Агенты, участвующие во взаимодействии	Описание взаимодействия	Результат взаимодействия
Начальный набор	Региональный Минздрав	Иницирует процесс набора новых медицинских кадров.	Появление новых агентов «Медицинский работник» в состоянии «Набор кадров».
Трудоустройство	Региональный Минздрав, Медицинский работник	Успешное завершение процесса набора кадров.	Агент «Медицинский работник» переходит в состояние «Активная работа».
Недовольство	Медицинский работник, Медицинские учреждения	Медицинский работник испытывает недовольство из-за условий труда.	Агент «Медицинский работник» переходит в состояние «Неудовлетворенность».
Отток	Медицинский работник, Медицинские учреждения	Неудовлетворенность и/или внешние предложения приводят к увольнению.	Агент «Медицинский работник» переходит в «Миграция из региона», затем в «Поиск нового места работы».
Перемещение	Медицинский работник, Рынок труда	Результат поиска работы: переход в другой регион, смена профессии или увольнение.	Агент «Медицинский работник» переходит в соответствующее состояние.
Реинтеграция	Медицинский работник, Медицинские учреждения	Медицинский работник возвращается в систему здравоохранения.	Агент «Медицинский работник» переходит в «Реинтеграция», затем в «Активная работа».
Предложения от учреждений	Медицинские учреждения, Медицинский работник	Медицинские учреждения предлагают вакансии, влияя на решение медицинского работника.	Возможный переход агента «Медицинский работник» между состояниями.
Состояние рынка	Рынок труда, Медицинский работник	Общее состояние рынка труда влияет на решения медицинского работника.	Влияет на вероятность перехода в «Миграция из региона» или «Миграция в другой регион».

Таблица 2 систематизирует переходы между состояниями агента «Медицинский работник» в модели. Она демонстрирует, как различные факторы (зарплата, условия труда, предложения от других учреждений, состояние рынка труда) влияют на решения медицинского работника о смене статуса, переходе в другое учреждение или увольнении. Анализ этой таблицы позволяет выявить ключевые факторы оттока кадров.

В данной статье была представлена агентная модель, имитирующая отток медицинских кадров. Модель включает взаимодействие агентов, представляющих медицинских работников, региональный Минздрав, медицинские учреждения и рынок труда. Агентный подход позволил учесть индивидуальные характеристики медицинских работников и их реакции на различные факторы. Результаты моделирования показали влияние зарплаты, условий труда и доступности вакансий на отток кадров. Модель выявила ключевые факторы, способствующие миграции медицинских специалистов в другие регионы или смену профессии. Полученные данные могут быть использованы для разработки стратегий по удержанию кадров и улучшению условий работы в сфере здравоохранения. Дальнейшие исследования могут сосредоточиться на уточнении параметров модели и

расширении ее функционала. Внедрение предложенных рекомендаций позволит оптимизировать распределение ресурсов и снизить отток специалистов. Разработанная модель представляет собой ценный инструмент для прогнозирования и планирования кадровой политики в здравоохранении. Полученные результаты подтверждают необходимость комплексного подхода к решению проблемы оттока медицинских кадров. Предложенные рекомендации могут быть адаптированы для различных регионов с учетом их специфических особенностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маматов А.В. и др. Применение инструментария агентного моделирования для прогнозирования динамики кадрового потенциала регионов в рамках стратегии пространственного развития России / А.В. Маматов, О.А. Савина, А.Л. Машкова, Ю.А. Банчук // Известия Юго-Западного государственного университета. – Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение, 2018. – Т. 8. – № 4(29). – С. 41-52.
2. Александров Е.Н. и др. Основные задачи автоматизации кадрового учета в сфере здравоохранения на региональном уровне с использованием информационных систем / Е.Н. Александров, А.В. Маматов, Д.Н. Старченко, Д.В. Челядинов // Информационные системы и технологии, 2024. – № 6(146). – С. 42-46.
3. Маматов А.В. и др. Использование данных социологических опросов для воспроизведения динамики кадрового потенциала регионов в компьютерной модели пространственного развития России / А.В. Маматов, О.А. Савина, А.Л. Машкова, Ю.А. Банчук // Научные ведомости БелГУ. – Серия: Экономика. Информатика, 2018. – Т. 45. – № 4. – С. 597-604.
4. Маматов А.В., Машкова А.Л., Банчук Ю.А. Методы, модели и алгоритмы построения систем поддержки принятия решений в управлении кадровым потенциалом региона на основе ситуационно-поведенческого подхода // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2018): VII междунар. науч.-техн. конф., Белгород, 17-19 окт. 2018 г.: сборник трудов конф. – НИУ «БелГУ», РФФИ; орг. ком.: О.Н. Полухин. – Белгород, 2018. – С. 285-290.
5. Маматов А.В., Константинов И.С. Информационное обеспечение процессов управления кадровым потенциалом на региональном уровне. – Университетская наука, 2019. – № 2 (8). – С. 115-118.
6. Министерство здравоохранения Российской Федерации: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://minzdrav.gov.ru> (дата обращения 12.11.2024).
7. Министерство здравоохранения Российской Федерации: Методические рекомендации по сохранению медицинских кадров в системе здравоохранения [Электронный ресурс]. – URL: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/012/237/original/Metodicheskie_rekomendacii.PDF?1389715189 (дата обращения: 16.01.2025)

Александров Евгений Николаевич

ООО «Парусник – Белгород», г. Белгород

Начальник отдела методологии и анализа управления анализа и разработки

Маматов Александр Васильевич

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород

Доктор технических наук, заведующий кафедрой информационных технологий

Старченко Денис Николаевич

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий

E.N. ALEKSANDROV (*Head of Methodology and Analysis, Analysis and Development Management*)
LLC «Parusnik – Belgorod», Belgorod

A.V. MAMATOV (*Doctor of Engineering sciences, Head of the Department of Information Technologies*)

D.N. STARCHENKO (*Candidate of Engineering Sciences,*
Associate Professor of the Department of Information Technology)
Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod

AGENT-BASED MODELING OF THE PERSONNEL POTENTIAL OF THE HEALTHCARE SYSTEM AT THE REGIONAL LEVEL

This paper presents an agent-based model designed to forecast and optimize human resources in regional healthcare systems. The model incorporates interactions among healthcare professionals, healthcare facilities, and the regional Ministry of Health, while also accounting for macroeconomic influences. Simulation results highlight the model's utility for analyzing current conditions and formulating effective human resource management strategies.

Keywords: *agent-based modeling; workforce planning; regional healthcare; healthcare workforce.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Mamatov A.V. i dr. Primenenie instrumentarija agentnogo modelirovanija dlja prognozirovanija dinamiki kadrovogo potencijala regionov v ramkah strategii prostranstvennogo razvitija Rossii / A.V. Mamatov, O.A. Savina, A.L. Mashkova, Ju.A. Banchuk // *Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. – Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie, 2018. – T. 8. – № 4(29). – S. 41-52.
2. Aleksandrov E.N. i dr. Osnovnye zadachi avtomatizacii kadrovogo ucheta v sfere zdravooxranenija na regional'nom urovne s ispol'zovaniem informacionnyh sistem / E.N. Aleksandrov, A.V. Mamatov, D.N. Starchenko, D.V. Cheljadinov // *Informacionnye sistemy i tehnologii*, 2024. – № 6(146). – S. 42-46.
3. Mamatov A.V. i dr. Ispol'zovanie dannyh sociologicheskikh oprosov dlja vosproizvedenija dinamiki kadrovogo potencijala regionov v komp'juternoj modeli prostranstvennogo razvitija Rossii / A.V. Mamatov, O.A. Savina, A.L. Mashkova, Ju.A. Banchuk // *Nauchnye vedomosti BelGU*. – Serija: Jekonomika. Informatika, 2018. – T. 45. – № 4. – S. 597-604.
4. Mamatov A.V., Mashkova A.L., Banchuk Ju.A. Metody, modeli i algoritmy postroenija sistem podderzhki prinjatija reshenij v upravlenii kadrovym potencialom regiona na osnove situacionno-povedencheskogo podhoda // *Informacionnye tehnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve (ITNOP-2018): VII mezhdunar. nauch.-tehn. konf.*, Belgorod, 17-19 okt. 2018 g.: sbornik trudov konf. – NIU «BelGU», RFFI; org. kom.: O.N. Poluhin. – Belgorod, 2018. – S. 285-290.
5. Mamatov A.V., Konstantinov I.S. Informacionnoe obespechenie processov upravlenija kadrovym potencialom na regional'nom urovne. – *Universitetskaja nauka*, 2019. – № 2 (8). – S. 115-118.
6. Ministerstvo zdravooxranenija Rossijskoj Federacii: oficial'nyj sajt [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://minzdrav.gov.ru> (data obrashhenija 12.11.2024).
7. Ministerstvo zdravooxranenija Rossijskoj Federacii: Metodicheskie rekomendacii po sohraneniju medicinskih kadrov v sisteme zdravooxranenija [Jelektronnyj resurs]. – URL: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/012/237/original/Metodicheskie_rekomendacii.PDF?1389715189 (data obrashhenija: 16.01.2025).