

Управление развитием здравоохранения Китая и России с использованием прогностической Грей-модели и модели авторегрессионной зависимости

© 2023 г. П. Хэ, Е. В. Костырин

П. Хэ,

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва; e-mail: pinghe7483@gmail.com

Е. В. Костырин,

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва; e-mail: kostyrinev@bmsu.ru

Поступила в редакцию 28.11.2022

Аннотация. В статье рассматриваются возможные риски для фондов медицинского страхования, связанные со старением населения и распространенностью инфекционных заболеваний. Проведено структурное моделирование существующих систем финансирования медицинского страхования в Китае и России и проанализирован потенциальный риск чрезмерного давления на расходы в обеих странах. Учитывая характеристики потоков финансирования медицинского страхования, для моделирования и прогнозирования потоков финансирования медицинского страхования в этих странах были выбраны модель Грея и модель авторегрессии. Результаты прогнозирования учитываются в модели управления, и по ним делается оптимизация управления системами медицинского страхования. Новизна данной работы заключается не только в анализе структуры системы финансирования медицинского страхования, но и в использовании прогностической модели для предложения оптимизированных управленческих решений. Полученные результаты обеспечивают теоретическую поддержку в принятии решений для управления национальным медицинским страхованием. Результаты проведенной апробации оптимизированной модели на данных российского медицинского страхования показывают, что оптимизированное решение не только улучшает дефицит финансирования, но и делает его безубыточным.

Ключевые слова: Федеральный фонд обязательного медицинского страхования, обязательное медицинское страхование, крупномасштабные системы, здравоохранение Китая, Грей-модель прогнозирования, медицинские накопительные счета, система финансирования, экономическая эффективность, управление.

Классификация JEL: С61, С63, G23, I13.

Для цитирования: Хэ П., Костырин Е. В. (2023). Управление развитием здравоохранения Китая и России с использованием прогностической Грей-модели и модели авторегрессионной зависимости // *Экономика и математические методы*. Т. 59. № 3. С. 100–116. DOI: 10.31857/S042473880023259-3

ВВЕДЕНИЕ

В Китае медицинские накопительные счета (МНС) были введены в качестве пилотного проекта в 1994 г. в городах Чжэньцзян и Цзюцзян с общим населением 5 млн человек¹. С 1998 г. система МНС была распространена на всю страну в соответствии с решением Государственного совета КНР «О создании системы базового медицинского страхования работников в городской местности»². К концу 2021 г. число людей, застрахованных по базовому медицинскому страхованию, достигло 1 362,97 млн человек по всей стране, что составляет 95% общего числа застрахованных в стране. Внедрение МНС значительно повысило эффективность финансирования здравоохранения. К 2021 г. общий доход Национального базового фонда медицинского страхования (НБФМС) составил 2 872,75 млрд юаней, что на 15,6% больше, чем в 2020 г.; общий расход — 2 404,30 млрд юаней,

¹ Документ Государственного совета «Утверждение пилотной программы реформы системы медицинского обеспечения работников в городе Чжэньцзян провинции Цзянсу и городе Цзюцзян провинции Цзянси». Государственное письмо. 1994. № 116 (http://www.gov.cn/zhengce/content/2010-12/29/content_6461.htm).

² Guo Fa no. 44, 1998. «Решение Государственного совета о создании базовой системы медицинского страхования для городских работников».

что на 14,3% больше, чем в 2020 г.; накопленный профицит — 3615,63 млрд юаней. Таким образом, данные по страхованию в Китае дают хорошее представление о реальной ситуации в системе МНС.

Для создания практической экономико-математической модели мы сначала анализируем возможные риски всей этой системы с помощью моделирования структуры системы. Затем мы используем исторические данные для анализа реализации системы в прошлом, а затем строим прогнозы обоснованных оценок будущих потоков финансирования на основе модели Грея. На основе результатов прогнозов оценивается эффективность системы МНС в Китае и анализируется возможность тиражирования китайского опыта в Российской Федерации.

Модель прогнозирования Грея (1, 1) предназначена для краткосрочного прогнозирования в условиях, когда числа наблюдений недостаточно, а объектом исследования должна быть «серая система», которая может быть охарактеризована следующим образом:

- «белый» — полностью известны внутренние характеристики системы, и системной информации полностью достаточно, она общедоступна;
- «черный» — внутренние характеристики системы неизвестны и могут быть изучены только путем наблюдения за ее связью с внешним миром;
- «серый» — промежуточный прогноз между «белым» и «черным» — известна только часть информации в системе и существует неопределенная связь между различными факторами в системе³.

В статье используется модель серого предсказания для потока средств медицинского страхования в Китае.

Таким образом, целью настоящего исследования является количественная оценка финансовых потоков (доходов и расходов) китайской и российской систем финансирования здравоохранения. Были разработаны и внедрены модели прогнозирования и анализа доходов и расходов в рамках различных систем на пятилетний период: модель Грея — для управления возможными будущими рисками в рамках НБФМС в Китае; модель авторегрессии — для управления системой финансирования в рамках обязательного медицинского страхования (ОМС) в России. В статье также анализируется целесообразность внедрения МНС в российскую систему финансирования здравоохранения на основе опыта использования МНС в Китае.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Устойчивое развитие Фонда медицинского страхования (ФМС) и предотвращение риска дефицита являются ключом к бесперебойному внедрению системы медицинского страхования. В ранних исследованиях (Lang, Xia, 2021, с. 30–34; Успенская, Манухина, Юрина, 2018, с. 10) некоторые ученые отмечали дисбаланс в потоке средств в существующей системе медицинского страхования. Поэтому использование математических моделей очень важно для прогноза доходов и расходов ФМС рассматриваемых стран.

На доходы ФМС влияют такие факторы, как уровень экономического развития, уровень доходов населения, число застрахованных лиц, платежная база и другие факторы. В то же время из-за ограниченности официальных данных все данные о доходах и расходах Фонда, используемые в этой статье, являются данными за период с 2006 по 2021 г., т.е. данными малой выборки. Исходя из этого, для прогнозирования ФМС Китая была выбрана Грей-модель с возрастающей размерностью.

В 1982 г. Дэн Цзюлун (Deng, 1989, р. 24) впервые предложил теорию «серого прогнозирования» (Грей-теорию), показавшую большой потенциал в изучении неопределенностей в условиях ограниченной информации и недостатка данных в ситуациях с малыми выборками (Симел, 2019, р. 75; Янг, 2018, р. 97).

Традиционная прогностическая Грей-модель (GM (1,1)) дает хороший результат только в краткосрочной перспективе, но Грей-модель с равномерно увеличивающейся размерностью может обновляться и предсказывать новую информацию с течением времени (Цзяо, Ван, 2018, р. 16–21). Со временем параметры модели могут измениться, поэтому результаты прогнозов постоянно пересматриваются. Для случаев, когда российские данные явно непригодны для прогнозирования с использованием Грей-модели (Томская, 2018, с. 45–50), в качестве прогностической применяется авто-регрессионная модель (Козыренко, 2019, с. 153–164). Поскольку модель интуитивно отражает

³ Большинство систем, с которыми мы сталкиваемся на практике, принадлежат к «серым» системам.

вес зависимости между значением переменной x в момент времени t и значением в момент времени $t-1, \dots, t-p$ (Хабарова, 2019, с. 189–197; Конахин, 2019, с. 111; Кратович, 2010, с. 69), она может лучше отражать последние изменения тренда.

КОНЦЕПЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ КИТАЯ

В 1998 г. на основе обобщения опыта Государственный Совет Китая обнародовал «Решение о создании Базовой системы медицинского страхования для городских рабочих». Это решение ознаменовало создание базовой системы медицинского страхования для городских рабочих в Китае (Ожогин, 2022, с. 53; Ли, 2022, с. 272; Соколов, 2019, с. 10).

Охват. Все работодатели в городских районах, включая предприятия, учреждения, государственные учреждения, социальные группы, частные некоммерческие подразделения и их сотрудников, должны участвовать в базовом медицинском страховании.

Способ оплаты. Основные страховые взносы по базовому медицинскому страхованию выплачиваются совместно работодателем и работниками. Размер выплат компании должен контролироваться Агентством по управлению социальным страхованием КНР на уровне около 6% общей заработной платы сотрудника, а конкретная величина должна определяться местным агентством медицинского страхования. Оплата сотрудников обычно должна составлять 2% их заработной платы.

Оплата фонда. НБФМС использует комбинацию социальных интегрированных и индивидуальных счетов, причем соответствующий счет используется в зависимости от вида полученной медицинской услуги.

Управление фондом. Агентство по управлению социальным страхованием КНР отвечает за сбор, управление и выплату средств базового медицинского страхования и должно создать и усовершенствовать систему бюджета и итоговой отчетности, систему финансового учета и систему внутреннего аудита.

Обобщив вышеперечисленные структурные особенности, мы создали модель системы МНС в Китае (рис. 1).

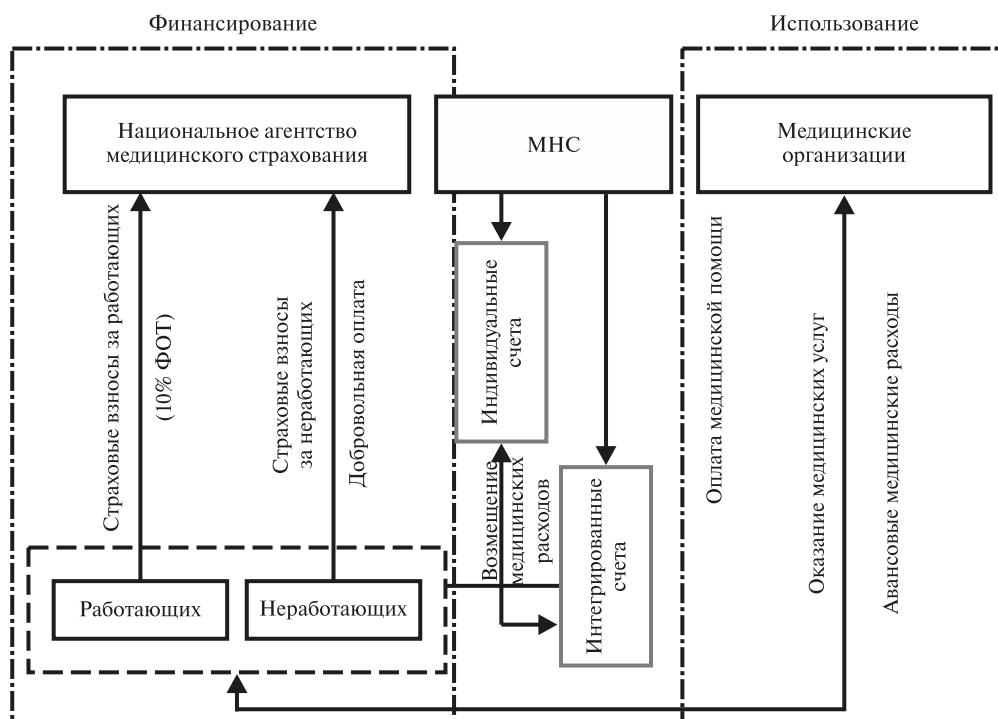


Рис. 1. Схема системы финансирования здравоохранения Китая на основе МНС

Источник: составлено авторами.

Используя структурную модель, мы анализируем следующие **преимущества** китайской системы финансирования, основанной на МНС:

– *граждане активны в поддержании своего здоровья.* Поскольку оставшиеся страховые взносы являются личной собственностью граждан и на них начисляются проценты, граждане сознательно относятся к улучшению своего здоровья;

– *коммерческая конкуренция между медицинскими организациями.* Поскольку пациенты могут сами выбирать медицинские учреждения, поэтому, чтобы привлечь пациентов, у медицинских организаций появляется стимул снижать стоимость лечения и повышать качество обслуживания. Это создает здоровую конкуренцию.

У китайской системы финансирования, основанной на МНС, также существуют **недостатки**:

– *высокое давление на расходы.* Поскольку средства на личном счете являются личными активами, нет никакой гарантии, что они будут полностью использованы в медицинских целях. К тому же существует угроза стать жертвой финансового мошенничества;

– *внедрение взаимного экономического счета было заблокировано.* С момента введения плана многие провинции по умолчанию могут использовать баланс средств только одного члена семьи и не могут формировать общего балансового фонда для совместного использования членами семьи. И сфера применения личных счетов относительно ограничена.

КОНЦЕПЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В 1990-е годы в России был создан новый инструмент — Фонд ОМС и появились новые субъекты — страховые медицинские организации (СМО). Целью этой системы является управление внесенными средствами медицинского страхования, заключение договоров с поставщиками медицинских услуг, имеющими на это право. Затем медицинское учреждение использует средства ОМС для предоставления соответствующих медицинских услуг застрахованному лицу. Подробный процесс показан на рис. 2. Структурная модель основана на анализе существующей системы финансирования здравоохранения в России (Соколов, 2020, с. 55–71; Дьячкова, 2022, с. 204; Амбросьева, Силаева, 2013, с. 3).

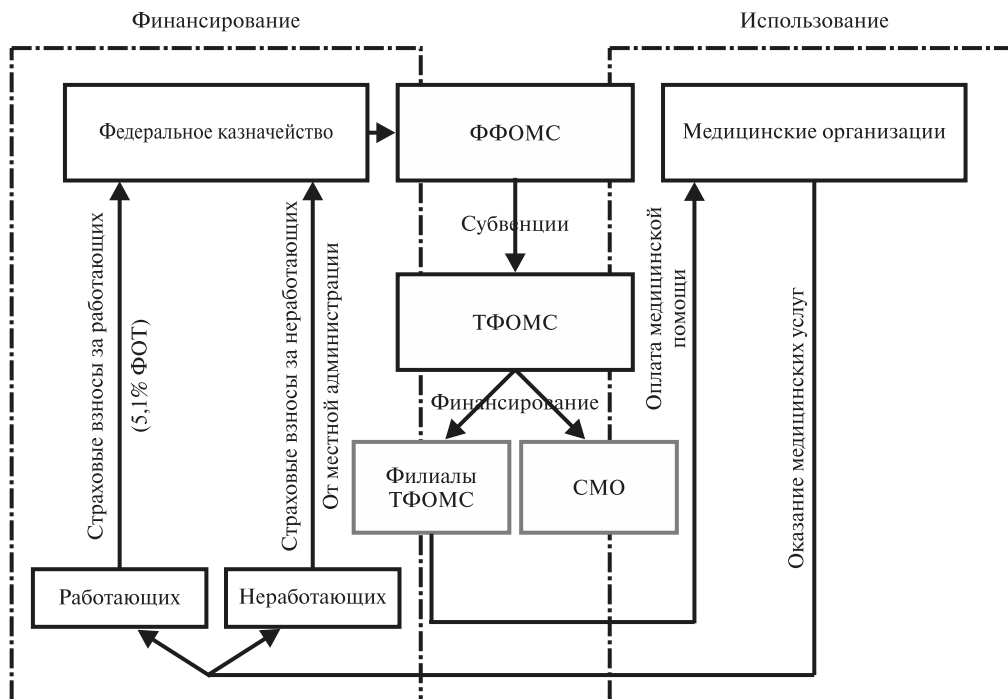


Рис. 2. Существующая схема системы финансирования ОМС РФ

В системе ОМС основными источниками финансирования медицинского страхования являются страховые взносы, уплачиваемые работниками, и взносы, уплачиваемые государственными учреждениями за неработающих. Фонд используется не путем внесения взносов на персональный МНС работающего, а общей суммой в ФФОМС, который распределяет эти деньги по ТФОМС. В ТФОМС поступают также деньги из территориальных бюджетов, а затем полученная сумма средств равномерно распределяется среди всех застрахованных граждан — как работающих, так и неработающих.

В сочетании с вышеупомянутым структурным моделированием МНС ключевыми моментами, которые ОМС необходимо оптимизировать, являются:

– система не мотивирует граждан заботиться о своем здоровье. Это связано с тем, что граждане отчисляют 5,1% своей заработной платы, но эти деньги не попадают на их счет, а идут в фонды и страховые компании;

– система не способствует развитию коммерческой конкуренции между поставщиками медицинских услуг, снижению стоимости медицинских услуг и повышению качества услуг. СМО выбирают поставщиков медицинских услуг для заключения контракта на фонд ОМС, что теоретически должно способствовать развитию конкуренции среди поставщиков медицинских услуг. Однако целью организаций здравоохранения является борьба за контракты, а не привлечение пациентов. В частности, после подписания контракта последующая работа по надзору за медицинской службой не проводится.

– система финансирования испытывает большое давление в плане расходов, поскольку работающие и неработающие пользуются абсолютно равными медицинскими правами.

МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ФИНАНСИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО СТРАХОВАНИЯ В КИТАЕ

В этом исследовании используется годовая модель статистического прогнозирования данных медицинского страхования Китая. Доходы и расходы фонда медицинского страхования работающего населения Китая представлены в табл. 1.

Таблица 1. Базовая статистика медицинского страхования Китая с 2006 по 2020 г.

Год	Сумма доходов на медицинское страхование в Китае (граждане трудоспособного возраста), млрд юаней	Сумма расходов на медицинское страхование в Китае (граждане трудоспособного возраста), млрд юаней	Сумма остатков на медицинское страхование в Китае (граждане трудоспособного возраста), млрд юаней	Расходы на медицинское страхование на душу населения в Китае (граждане трудоспособного возраста), юаней
2006	174,7	127,6	47,1	811
2007	221,4	155,1	66,3	861
2008	304,0	208,4	95,6	1042
2009	342,0	263,0	79,0	1199
2010	395,5	327,2	68,3	1379
2011	494,5	401,8	92,7	1593
2012	606,1	486,8	119,3	1838
2013	706,1	582,9	123,2	2124
2014	803,7	669,6	134,1	2366
2015	908,3	753,1	155,2	2607
2016	1 027,3	828,6	198,7	2806
2017	1 227,8	946,6	281,2	3122
2018	1 353,7	1 070,6	283,1	3379
2019	1 584,5	1 266,3	318,2	3846
2020	1 573,2	1 286,7	286,5	3734
2021	1 896,8	1 486,3	410,5	4344

Источники: «Статистический ежегодник Китая», «Статистический ежегодник здравоохранения Китая 2006–2021 гг.», официальный сайт Китайской национальной службы здравоохранения (<http://www.nbphsp.org.cn>)⁴.

⁴ Официальный сайт Китайской национальной службы здравоохранения, 2021 г. «Основные услуги здравоохранения в Китае в 2021 году» (<http://www.nbphsp.org.cn>).

В модели Грея (1, 1) рассматривается гладкая дискретная функция. Чтобы определить производную «серого» и составить дифференциальное уравнение «серого», исходный ряд необходимо суммировать или вычесть. Затем строится соответствующая модель дифференциального уравнения для прогнозирования. Конкретный процесс выглядит следующим образом.

Определим производную «серого» $x^{(1)}$ в виде:

$$dx = x^{(1)}(k) = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1). \tag{1}$$

Пусть $z^{(1)}(k)$ будет соседним значением $x^{(1)}$ для генерации последовательности

$$z^{(1)}(k) = ax^{(1)}(k) + (1-a)x^{(1)}. \tag{2}$$

Таким образом, модель дифференциального уравнения «серого» определяется как

$$d(k) + ax^{(1)}(k) = b \quad ; \quad x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b, \tag{3}$$

где $x^{(0)}(k)$ — производная «серого»; a, b — параметры линейного дифференциального уравнения первого порядка.

Подставляя время $k = 1, \dots, n$ в формулу (3), имеем:

$$\begin{cases} x^{(0)}(2) + az^{(1)}(2) = b, \\ x^{(0)}(3) + az^{(1)}(3) = b, \\ \dots\dots\dots \\ x^{(0)}(n) + az^{(1)}(n) = b. \end{cases} \tag{4}$$

Введем обозначение матричного вектора:

$$u = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}. \tag{5}$$

Таким образом, Грей-модель GM (1,1) может быть выражена как $Y = Bu$.

Следующий шаг — найти значения a и b , используя унарную линейную регрессию, т.е. с помощью метода наименьших квадратов найдем их оценочные значения:

$$u = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} (B^T Y). \tag{6}$$

Таким образом, дифференциальное уравнение «серого» GM (1, 1) соответствует дифференциальному уравнению «белого» (т.е. непрерывной модели прогнозирования):

$$dx^{(1)}(t) / dt + ax^{(1)}(t) = b. \tag{7}$$

В табл. 2 представлены значения средней относительной ошибки Δ , коэффициента корреляции R и апостериорной дисперсии C для определения степени точности предсказания Грей-модели.

В табл. 3 приведены результаты верификации Грей-модели на исходных статистических данных китайского НБФМС в программной среде MATLAB (Буре, Плахотник, 2007, с. 1363).

Таблица 2. Уровень точности прогноза

Средняя относительная ошибка Δ , %	Корреляция R	Коэффициент дисперсии C	Оценка
$0 \leq \Delta \leq 1$	$R \geq 0,95$	$0 \leq C \leq 0,35$	Отлично
$1 \leq \Delta \leq 5$	$0,8 < R < 0,95$	$0,35 < C \leq 0,45$	Хорошо
$5 \leq \Delta \leq 10$	$0,7 < R < 0,8$	$0,45 < C \leq 0,5$	Удовлетворительно
$\Delta < 20$	$R \leq 0,7$	$C \geq 0,65$	Неудовлетворительно

Таблица 3. Результаты прогнозирования потока Фонда медицинского страхования для трудоспособного населения Китая

Статья дохода/расхода	Средняя относительная ошибка Δ , %	Корреляция R	Коэффициент дисперсии C	Оценка
Общий доход	5,6	1	0,11	Хорошо
Общие расходы	6,3	1	0,10	Хорошо
Расходы на душу населения	5,0	1	0,13	Хорошо

Таблица 4. Прогноз финансовых потоков системы здравоохранения Китая

Год	Сумма доходов на медицинское страхование в Китае (граждане трудоспособного возраста), млрд юаней	Сумма расходов на медицинское страхование в Китае (граждане трудоспособного возраста), млрд юаней	Сумма остатков на медицинское страхование в Китае (граждане трудоспособного возраста), млрд юаней	Расходы на медицинское страхование на душу населения в Китае (граждане трудоспособного возраста), юаней
2022	2048,5	1640,0	408,5	4947
2023	2247,3	1819,5	427,9	5458
2024	2455,8	2020,1	435,6	6021
2025	2673,9	2245,5	428,4	6642
2026	2901,6	2499,5	402,2	7328

Источник: данные НБФМС с 2022 по 2026 г.

Все эти тесты соответствуют критериям модели Грея и являются достаточно точными, чтобы использовать их для последующего анализа прогноза с выбранными параметрами (табл. 4). По результатам прогноза доходы и расходы НБФМС Китая быстро растут. При этом доходы фонда превышают расходы, текущий баланс НБФМС имеет профицит, и профицит останется стабильным в течение следующих пяти лет.

МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ФИНАНСИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО СТРАХОВАНИЯ В РФ

Для получения данных о доходах и расходах на медицинское страхование в России мы использовали данные 2005–2021 гг. с официального сайта Федеральной службы государственной статистики⁵; закон РФ о бюджете федерального фонда обязательного медицинского страхования на плановый период 2022, 2023 и 2024 гг.⁶; данные о доходах и расходах ФФОМС на 2022–2024 гг. Таким образом, мы получили исходные данные для построения прогностической модели за период 2005–2024 гг. (табл. 5).

Таблица 5. Доходы и расходы средств федерального фонда обязательного медицинского страхования РФ

Год	Сумма доходов на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Сумма расходов на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Сумма остатка на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Расходы ОМС на душу населения в РФ (все граждане), руб.
2006	125 524	119 407	61 17	834
2007	157 817	158 177	–360	1108
2008	162 621	168 706	–6085	1181
2009	200 060	194 469	5 591	1363
2010	237 500	220 232	17 268	1541
2011	348 437	310 428	38 009	2172
2012	966 542	932 158	34 384	6519
2013	1 101 352	1 048 723	52 629	7318
2014	1 250 545	1 268 658	–18 113	8829
2015	1 573 543	1 638 815	–65 272	11 202
2016	1 657 620	1 590 151	67 469	10 854
2017	1 737 164	1 654 990	82 174	11 274
2018	1 895 924	1 988 542	–92 618	13 537
2019	2 123 988	2 186 738	–62 750	14 896
2020	2 392 693	2 360 463	32 230	16 090

⁵ Федеральная служба государственной статистики (www.gks.ru).

⁶ Федеральный закон от 06.12.2021 № 392-ФЗ «О бюджете Федерального фонда обязательного медицинского страхования на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов». КонсультантПлюс: справ. прав. система: офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс» (<http://www.consultant.ru/data.html>).

Окончание таблицы 5

Год	Сумма доходов на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Сумма расходов на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Сумма остатка на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Расходы ОМС на душу населения в РФ (все граждане), руб.
2021	2 533 798	2 545 373	-11 575	17 410
2022	2 779 212	2 801 058	-21 846	19 159
2023	2 925 746	2 951 120	-25 374	20 185
2024	3 086 270	3 120 311	-34 041	21 343

Источники: Федеральный закон от 06.12.2021 № 392-ФЗ «О бюджете Федерального фонда обязательного медицинского страхования на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов»; официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (<https://rosstat.gov.ru>).

Таблица 6. Степень модели и соответствующие значения трех критериев

Модель	Критерий		
	AIC	BIC	R ²
Доходы			
AR (1)	0,852	1,002	0,941
AR (2)	0,626	0,825	0,959
AR (3)	0,703	0,952	0,960
Расходы			
AR (1)	1,001	1,150	0,934
AR (2)	0,854	1,054	0,950
AR (3)	0,930	1,179	0,951

Авто-регрессионная модель (AR-модель) — статистический метод обработки временных рядов. Для временного ряда $\{x_t\}$, $t=1, \dots, N$. AR(p) равен:

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \dots + \phi_p x_{t-p} + a_t, \quad (8)$$

где p — порядок гистерезиса.

AR-модель описывает статистическую зависимость между значением переменной x в момент времени t и значением в момент времени $t-1$, $t-2$, $t-p$. Предпосылка для оценки параметров состоит в том, что полученный временной ряд является стационарным и нормально распределенным.

Для проверки AR-модели используются критерий проверки остаточного белого шума, критерий Акаике (AIC-критерий) и Байесовский информационный критерий.

AIC-критерий рассчитывается по формуле:

$$AIC(p) = N \ln \sigma_a^2 + 2p, \quad (9)$$

где p — порядок модели; N — длина временного ряда x_t , σ_a^2 — дисперсия. Когда x_t является стационарным, нормально распределенным временным рядом, имеем

$$\sigma_a^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N a_t^2, \quad (10)$$

где N — объем выборки; a_t — остаток.

Байесовский информационный критерий (BIC-критерий) подчиняется формуле

$$BIC(p) = N \ln \sigma_a^2 + n \ln N. \quad (11)$$

Для использования AR-модели данные должны быть представлены стационарными рядами. Для этого данные необходимо предварительно обработать логарифмическим преобразованием. В табл. 6 показаны результаты проверки точности модели после логарифмического преобразования, когда p принимает различные значения (от 1 до 3). AR(2)-модель является наиболее точной для России.

Мы будем использовать следующие формулы прогнозирования и моделирования доходов и расходов фонда медицинского страхования:

$$\log Inc_t = 0,35164 + 1,5286 \log Inc_{t-1} - 0,55154 \log Inc_{t-2}, \quad (12)$$

Таблица 7. Прогноз финансовых потоков системы здравоохранения РФ, млн руб.

Год	Сумма доходов на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Сумма расходов на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Сумма остатка на ОМС в РФ (все граждане), млн руб.	Расходы ОМС на душу населения в РФ (все граждане), руб.
2025	3206 837,86	3242 485,90	-35 648,04	21 403
2026	3301 591,86	3337 482,93	-35 891,08	22 566
2027	3379 677,94	3416 686,39	-37 008,44	23 729
2028	3446 819,78	3486 416,52	-39 596,74	24 892
2029	3506 538,45	3550 126,35	-43 587,90	26 055

$$\log Exp_t = 0,37438 + 1,4736 \log Exp_{t-1} - 0,49725 \log Exp_{t-2}. \quad (13)$$

Для расходов на медицинское страхование на душу населения данные представляют собой гладкий ряд, т.е. логарифмического преобразования не требуется. И данные AR(1)-модели являются более точными, что дает следующую модель прогнозирования (табл. 7):

$$\text{Расход}_t = 887 + 1,03 \times \text{Расход}_{t-1}. \quad (14)$$

Согласно результатам прогноза после 2021 г. расходы на медицинское страхование превысят доходы, поэтому дефицит Фонда медицинского страхования будет постепенно увеличиваться с каждым годом. Данная ситуация учтена в Законе Российской Федерации № 392-ФЗ⁷. Согласно прогнозной модели в 2029 г. дефицит Фонда медицинского страхования может составить 43 587,902 млн руб.

УПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ МЕДИЦИНСКОГО СТРАХОВАНИЯ КИТАЯ

На основании вышеизложенного и с учетом вариантов финансирования системы МНС для китайских поставщиков медицинских услуг (см. рис. 1) экономическая математическая модель, максимизирующая накопленный остаток системы медицинского страхования, выглядит следующим образом (Соколов и др., 2015, с. 672).

Формула годового дохода по медицинскому страхованию:

$$\text{Доход}_t = \text{ФОТ}_t \times k_t. \quad (15)$$

Формула годового расхода по медицинскому страхованию:

$$\text{Расход}_t = 12113 \left(e^{-0,0982(t-2)} - e^{-0,0982(t-1)} \right) / e^{-0,0982(2t+1)}, \quad t = 2, \dots, n. \quad (16)$$

Формула годового остатка по медицинскому страхованию:

$$\text{МНС}_{\text{ост} \times t} = \text{МНС}_{\text{ост}(t-1)} + \text{ФОТ}_t \times k_t - 12113 \left(e^{-0,0982(t-2)} - e^{-0,0982(t-1)} \right) / e^{-0,0982(2t+1)}. \quad (17)$$

Используя уравнения (12)–(14), мы можем получить целевую функцию для обоих периодов.

До 2026 г.: расходы на здравоохранение на душу населения рассчитываются на основе результатов прогнозирования Грей-модели, которая дает целевую функции:

$$\begin{aligned} \text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times n} = & \sum_{t=t_0}^n \left(\text{ФОТ}_t \times k_t - 12113 \left(e^{-0,0982(t-2)} - e^{-0,0982(t-1)} \right) / e^{-0,0982(2t+1)} + \right. \\ & \left. + \text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times (t-1)} \right) (1 + r_t) \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (18)$$

После 2026 г.: поскольку «серая» модель больше подходит для краткосрочных прогнозов, мы предполагаем, что расходы на душу населения после 2026 г. останутся неизменными:

$$\text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times n} = \sum_{t=t_0}^n \left(\text{ФОТ}_t \times k_t - \text{Расход}_{2026} + \text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times (t-1)} \right) (1 + r_t) \rightarrow \max \quad (19)$$

⁷ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам совершенствования проведения независимой оценки качества условий оказания услуг организациями в сфере культуры, охраны здоровья, образования, социального обслуживания и федеральными учреждениями медико-социальной экспертизы».

с ограничениями:

$$\text{ФОТ}_t = \text{ФОТ}_{\text{нач}} (1+i)^t, \quad (20)$$

$$8\% \leq k_t \leq 12\%, \quad (21)$$

$$1,45\% \leq r_t \leq 4,77\%. \quad (22)$$

Формула ограничения (20) показывает, что средняя заработная плата ежегодно увеличивается с темпом роста i . Для среднего темпа роста заработной платы после 2021 г. мы используем среднее значение темпа инфляции и темпа роста национального ВВП i на уровне 5,1%.

Формула (21) — ограничение на процент заработной платы, отчисляемый в МНС. В связи с различными стандартами в каждой провинции диапазон предельных значений определяется как самое высокое значение (Пекин): 12% — и самое низкое значение (менее развитые районы): 8%.

Формула (22) — ограничение на процентную ставку по накопленному остатку. Максимальная процентная ставка по вкладам до востребования в 1996 г. составляла 4,77%, а минимальная процентная ставка в 2021 г. — 1,45%.

МНС_{накп.ост.т} — накопленный остаток накопительных счетов на душу населения с начала внедрения МНС до года t , юаней; МНС_{доход.т} — остаток МНС на душу населения в году t , юаней; ФОТ_т — фонд оплаты труда работающего гражданина в году t , юаней; Доход_т — годовые доходы на медицинское страхование на душу населения в году t , юаней; C_t — доля пенсионеров по отношению к числу работающих людей в году t , доли ед.; Расход_т — годовые расходы на медицинское страхование на душу населения в году t , юаней; r_t — средняя банковская процентная ставка по депозитам на средства МНС в году t , доли ед.; n — конечный год расчета целевого показателя (период трудовой деятельности), год; k_t — доля отчислений из ФОТ на МНС работающего гражданина в году t , доли ед.; t_0 — начальным годом расчета, т.е. годом начала расчетов, является 2022 г.; МНС_{накп.ост.2021} — накопленный остаток медицинского страхования работников на душу населения в Китае с 1997 по 2021 г., юаней; i — среднегодовые темпы роста ФОТ работающего гражданина, доли ед.

Практическая реализация модели (15)–(18). В столбце 2 табл. 8 указана среднегодовая начисленная заработная плата работников, по данным официального сайта Национального бюро статистики Китая⁸, эта сумма за 2021 г. составила 80465 юаней. Для определения темпов роста используется формула ограничений (20).

Доля, переводимая из заработной платы в МНС, равна минимальному значению 9% (из формулы (21)). Доля банковского процентной ставки по депозитам на средства МНС равна минимальному значению 1,45% (из формулы (22)).

В столбце 3 показан доход от медицинского страхования на душу населения для китайской системы МНС. В соответствии с требованиями этой системы действующие работники должны платить за медицинское страхование, как показано в уравнении (15).

В столбце 4 приведены расходы на медицинское страхование на душу населения для китайской системы МНС (граждане трудоспособного возраста). Эти данные за 2022–2026 гг. получены из модели Грея. Однако, учитывая математическую природу модели Грея, точность модели значительно снизится при прогнозировании на длительный период времени, поэтому мы будем использовать результаты только пятилетнего прогноза. После 2026 г. в анализе будем считать, что значения расходов на душу населения постоянны и равны значению этого параметра в 2026 г. — 7328 юаней/год.

После получения расходов на душу населения из модели Грея рассчитаем по формуле $O_n = P_{\text{д.с.}} \times Z_{\text{м.с.}} \times K$ неснижаемый остаток на МНС (O_n), необходимый для оплаты медицинской помощи на период дожития (юаней), где $P_{\text{д.с.}}$ — период от выхода на пенсию до средней ожидаемой продолжительности жизни (примем равным 18 годам⁹); $Z_{\text{м.с.}}$ — средние годовые затраты на медицинские услуги, руб./год (в примере 7328 юаня в год на человека); K — коэффициент, учитывающий рост затрат на медицинское обслуживание для граждан пенсионного возраста (примем $K = 2$). Тогда $O_n = 18 \times 7328 \times 2 = 263\,808$ (юаней).

В столбце 5 показан остаток медицинского страхования на душу населения в текущем году (уравнение (17)). Среднее накопление на человека составляет 8595 юаней. Это значение равно

⁸ Официальный сайт Китайской национальной службы здравоохранения, 2021 г.

⁹ Там же.

Таблица 8. Результаты моделирования накопления финансовых ресурсов на душу населения в Китае

Год	Средняя заработная плата, юаней/год	Доход от медицинского страхования на душу населения в Китае, юаней/год	Расходы на медицинское страхование на душу населения в Китае, юаней (граждане трудоспособного возраста)	Остаток на душу населения за год, юаней/год (граждане трудоспособного возраста)	Накопленный остаток на душу населения, юаней (граждане трудоспособного возраста)
1	2	3	4	5	6
2021	80465	7242	4344	8595	8719
2022	87788	7901	4947	11549	11843
2023	95776	8620	5458	14711	15222
2024	104492	9404	6021	18094	18875
2025	114001	10260	6642	21712	22819
2026	124375	11194	7328	25578	27072
2027	135693	12212	7328	30462	32420
2028	148041	13324	7328	36458	38973
2029	161512	14536	7328	43666	46851
2030	176210	15859	7328	52197	56185
2031	192245	17302	7328	62171	67118
2032	209740	18877	7328	73720	79807
2033	228826	20594	7328	86986	94423
2034	249649	22468	7328	102127	111153
2035	272367	24513	7328	119312	130199
2036	297152	26744	7328	138728	151784
2037	324193	29177	7328	160577	176151
2038	353695	31833	7328	185082	203565
2039	385881	34729	7328	212484	234316
2040	420996	37890	7328	243045	268718
2041	459307	41338	7328	277055	307117
2042	501104	45099	7328	314826	349890
2043	546704	49203	7328	356702	397446
2044	596455	53681	7328	403055	450234
2045	650732	58566	7328	454293	508743
2046	709949	63895	7328	510860	573508
2047	774554	69710	7328	573242	645110
2048	845038	76053	7328	641968	724186
2049	921937	82974	7328	717614	811430
2050	1005833	90525	7328	800811	907599
2051	1097364	98763	7328	892246	1013520
2052	1197224	107750	7328	992669	1130095

Примечание. Доля заработной платы, перечисленной в МНС, равна 9%; банковская ставка — 1,45%.

сумме, накопленной на душу населения в Китае с момента создания системы МНС (т.е. с 1998 г. до 2021 г.).

В столбце 6 приведен накопленный остаток на счетах на душу населения за годы с начала введения МНС по настоящее время (уравнения (18)–(19)).

УПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ МЕДИЦИНСКОГО СТРАХОВАНИЯ РФ

В нашем исследовании для Российской Федерации модель управления системой медицинского страхования будет основана на китайской модели и скорректирована с учетом реалий и законодательства Российской Федерации.

Приведем экономико-математическую модель внедрения медицинских накопительных счетов в систему финансирования учреждений здравоохранения для максимизации инвестиционного потенциала, опираясь на (Соколов, Гречкин, 2017, с. 83; 2018, с. 8; Самойлов, Соколов, 2015, с. 22):

– годовой доход по медицинскому страхованию

$$\text{Доход}_t = \text{ФОТ}_t \times k_t. \quad (23)$$

– годовой расход по медицинскому страхованию

$$\text{Расход}_t = 887 + 1,03 \times \text{Расход}_{t-1}, \quad t = 2, \dots, n; \quad (24)$$

– годовой остаток по медицинскому страхованию

$$\text{МНС}_{\text{ост} \times t} = \text{МНС}_{\text{ост} \times (t-1)} + \text{ФОТ}_t \times k_t - (887 + 1,03 \times \text{Расход}_{t-1}). \quad (25)$$

Используя уравнения (11)–(13), мы можем получить целевую функцию для обоих периодов.

До 2026 г. расходы на здравоохранение на душу населения рассчитываются на основе результатов авторегрессионной модели прогнозирования с целевой функцией

$$\text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times n} = \sum_{t=t_0}^n (\text{ФОТ}_t \times k_t - (887 + 1,03 \times \text{Расход}_{t-1} + \text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times (t-1)})) (1 + r_t) \rightarrow \max. \quad (26)$$

После 2026 г. мы принимаем расходы на душу населения в течение последующих пяти лет, равными значению в 2026 г., и удерживаем их постоянными. Тогда функция цели имеет вид

$$\text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times n} = \sum_{t=t_0}^n (\text{ФОТ}_t \times k_t - \text{Расход}_{2026} + \text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times (t-1)}) (1 + r_t) \rightarrow \max \quad (27)$$

с ограничениями:

$$\text{ФОТ}_t = \text{ФОТ}_{\text{нач}} \times (1 + i)^t, \quad (28)$$

$$\text{МРОТ} \leq \text{ФОТ}_t, \quad (29)$$

$$3,2\% \leq k_t \leq 12\%, \quad (30)$$

$$1\% \leq r_t \leq 4\%. \quad (31)$$

Формула (28) показывает, что средняя заработная плата ежегодно увеличивается в соответствии с темпом роста i . Для среднего темпа роста заработной платы после 2021 г. мы используем среднее значение темпа инфляции и темпа роста национального ВВП (табл. 9, колонка 2) i на уровне 4,8%.

Формула (29) показывает минимальный размер оплаты труда в Российской Федерации, который, согласно федеральному закону, установлен в размере 13 890 руб. в месяц. Тогда минимальный годовой доход составит: $13 890 \times 12 = 166 680$ руб.

Формула (30) отражает долю заработной платы, перечисляемой в МНС. Формула (31) — ограничение на процентную ставку по накопленному остатку. Для этих двух наборов данных мы учли такие страны мира, использующие систему МНС, как Сингапур, США, Китай, Южная Африка и т.д. Диапазон перечисления заработной платы в МНС составляет 3,2–12%. Диапазон процентных ставок для сбережений на остатках по медицинскому страхованию составляет 1–4%.

$\text{МНС}_{\text{накоп.ост} \times t}$ — накопленный остаток накопительных счетов на душу населения с начала внедрения МНС до года t , руб.; $\text{МНС}_{\text{дох} \times t}$ — остаток МНС на душу населения в году t , руб.; ФОТ_t — фонд оплаты труда работающего гражданина в году t , руб.; Доход_t — годовые доходы на медицинское страхование на душу населения в году t , руб.; C_t — доля пенсионеров по отношению к числу работающих людей в году t , доли ед.; Расход_t — годовые расходы на медицинское страхование на душу населения в году t , руб.; r_t — средняя банковская процентная ставка по депозитам на средства МНС в году t , доли ед.; n — конечный год расчета целевого показателя, год; k_t — доля отчислений из ФОТ на МНС работающего гражданина в году t , доли ед.; t_0 — начальный год расчета (т.е. 2022 г.); i — среднегодовые темпы роста ФОТ работающего гражданина, доли ед.

Практическая реализация модели (23)–(27). В столбце 2 табл. 9 представлена среднемесячная начисленная номинальная заработная плата работников организаций, по данным Федеральной службы государственной статистики за 2022 г. Для данных после 2021 г. мы снова используем среднее значение темпов инфляции и темпов роста ВВП России — i составляет 4,8%.

Доля, переводимая из заработной платы в МНС, согласно действующей системе медицинского страхования в России, равна 3,2%. Так как доля работающего населения, делающего взносы в ФФОМС, в настоящее время составляет 5,1%, а из них 1,9% идет на минимальные отчисления на детей, пенсионеров и граждан с невысокой заработной платой, поэтому доля заработной платы, которая теоретически может быть переведена в систему МНС, составляет $5,1 - 1,9 = 3,2\%$. Доля банков в ставке по депозитам для фондов МНС в Китае в настоящее время составляет 1,45%. Исходя из этого значения, для нашего анализа процентную ставку в России мы установили на уровне 2%.

В столбце 3 приводится доход от медицинского страхования на душу населения в российской системе МНС. В системе МНС активные работники платят за медицинское страхование, как показано в уравнении (23).

В столбце 4 показаны расходы на медицинское страхование на душу населения (граждане трудоспособного возраста) в российской системе МНС. Данные за 2022–2026 гг. являются результатами AR-модели. Принимая во внимание точность долгосрочных прогнозов модели, мы использовали значение расходов в 2026 г. (24892 руб.) и после 2026 г. Получив подушевые расходы из AR-модели, можем рассчитать O_n по формуле $O_n = P_{д.с} \times 3_{м.с} \times K$. Тогда $O_n = 20 \times 24892 \times 2 = 995680$ (руб.).

В столбце 5 рассчитан остаток медицинского страхования на душу населения в текущем году (уравнение (25)), в столбце 6 — накопленный остаток на подушевом счете с 2021 г. (когда вводится МНС) до 2062 г. (см. уравнения (26)–(27)).

Таблица 9. Результаты моделирования накопления финансовых ресурсов на душу населения в РФ

Год	Средняя заработная плата, руб./год	Доход от медицинского страхования на душу населения в РФ, руб./год	Расходы на медицинское страхование на душу населения в РФ, руб.	Остаток на душу населения за год, руб./год (граждане трудоспособного возраста)	Накопленный остаток на душу населения, руб. (граждане трудоспособного возраста)
1	2	3	4	5	6
2021	686928	21982	17410	4572	4663
2022	719901	23037	18819	8789	9058
2023	754456	24143	20271	12661	13189
2024	790670	25301	21766	16196	17058
2025	828622	26516	23306	19406	20674
2026	868396	27789	24892	22303	24042
2027	910079	29123	24892	26533	28838
2028	953762	30520	24892	32162	35155
2029	999543	31985	24892	39255	43094
2030	1047521	33521	24892	47884	52757
2031	1097802	35130	24892	58121	64254
2032	1150497	36816	24892	70045	77702
2033	1205720	38583	24892	83736	93221
2034	1263595	40435	24892	99279	110939
2035	1324248	42376	24892	116763	130991
2036	1387811	44410	24892	136281	153520
2037	1454426	46542	24892	157931	178673
2038	1524239	48776	24892	181815	206607
2039	1597402	51117	24892	208039	237489

Окончание таблицы 9

Год	Средняя заработная плата, руб./год	Доход от медицинского страхования на душу населения в РФ, руб./год	Расходы на медицинское страхование на душу населения в РФ, руб.	Остаток на душу населения за год, руб./год (граждане трудоспособного возраста)	Накопленный остаток на душу населения, руб. (граждане трудоспособного возраста)
1	2	3	4	5	6
2040	1 674 078	53 570	24 892	236 718	271 491
2041	1 754 433	56 142	24 892	267 968	308 795
2042	1 838 646	58 837	24 892	301 912	349 595
2043	1 926 901	61 661	24 892	338 681	394 091
2044	2 019 392	64 621	24 892	378 410	442 496
2045	2 116 323	67 722	24 892	421 240	495 033
2046	2 217 907	70 973	24 892	467 321	551 936
2047	2 324 366	74 380	24 892	516 809	613 452
2048	2 435 936	77 950	24 892	569 867	679 840
2049	2 552 861	81 692	24 892	626 666	751 373
2050	2 675 398	85 613	24 892	687 387	828 335
2051	2 803 817	89 722	24 892	752 217	911 029
2052	2 938 400	94 029	24 892	821 354	999 769
2053	3 079 444	98 542	24 892	895 004	1 094 888
2054	3 227 257	103 272	24 892	973 385	1 196 733
2055	3 382 165	108 229	24 892	1 056 722	1 305 672
2056	3 544 509	113 424	24 892	1 145 254	1 422 088
2057	3 714 646	118 869	24 892	1 239 231	1 546 386
2058	3 892 949	124 574	24 892	1 338 913	1 678 990
2059	4 079 810	130 554	24 892	1 444 575	1 820 345
2060	4 275 641	136 821	24 892	1 556 504	1 970 919
2061	4 480 872	143 388	24 892	1 674 999	2 131 203
2062	4 695 954	150 271	24 892	1 800 378	2 301 713

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделируя структуру системы накопительных счетов медицинского страхования, мы проанализировали два преимущества системы (мотивацию граждан к охране здоровья и коммерческую конкуренцию между медицинскими учреждениями) и два потенциальных риска (давление на расходы фонда и осуществление семейного сотрудничества).

Для китайских данных мы с помощью модели Грея спрогнозировали хороший баланс в фонде медицинского страхования Китая на следующие пять лет с возможным балансом в 402,2 млрд юаней на 2026 г. Также была разработана модельная формула расходов на здравоохранение на душу населения для последующих моделей управления. Для российских данных мы использовали авторегрессионную модель, которая показывает, что текущий баланс Фонда медицинского страхования России является дефицитным и что дефицит будет увеличиваться в течение следующих пяти лет и может достичь 43 587,9 млн руб. в 2029 г.

Для обеспечения последующего управления была разработана модель подушевых расходов на медицинское страхование. Используя эту модель управления, мы рассчитали, что сумма, накопленная на душу населения в китайском Фонде медицинского страхования в 2040 г., достигнет 243 045 юаней, что уже соответствует требованию неснижаемого остатка на МНС, необходимого для оплаты медицинской помощи на период дожития. Результаты модели управления,

предложенной для МНС в России, показывают, что после внедрения системы МНС в 2022 г. недостающий остаток, необходимый для накопления на душу населения в 2052 г., составит 999 769 руб. После достижения минимального баланса средства продолжают накапливаться и могут быть использованы для выплаты пособий неработающим и для укрепления физического здоровья нации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Амбросьева Т.Г., Силаева А.А.** (2013). Проблемы модернизации современной системы медицинского страхования // *Сервис в России и за рубежом*. № 3 (41). С. 3–17. [Ambrosieva T.G., Silaeva A.A. (2013). Problems of modernization of modern health insurance system in the Russian Federation. *Service in Russia and Abroad*, 3 (41), 3–17 (in Russian).]
- Буре В.М., Плахотник С.В.** (2007). Адаптивные методы прогнозирования временных рядов в среде MATLAB. В сб.: «Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB: Труды Всероссийской научной конференции». Санкт-Петербург, 23–26 октября. С. 1363–1370. [Bure V.M., Plahotnik S.V. (2007). Adaptive methods of time series forecasting in MATLAB environment. In: *Designing of scientific and engineering applications in MATLAB environment: Proceedings of All-Russian Scientific Conference*. Saint Petersburg, October 23–26, 1363–1370 (in Russian).]
- Дьячкова К.Е.** (2022). Обязательное медицинское страхование (ОМС) как инструмент социальной защиты населения. В сб.: «Актуальные проблемы социэкономки в XXI веке. Сборник статей научных докладов по итогам XIV Международной научной конференции студентов и молодых ученых». Москва, 8 апреля 2022 г. Под ред. Л.С. Морозовой. Часть 1. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Русайнс». С. 204–217. [Diachkova K.E. (2022). Mandatory medical insurance (MMI) as a tool of social protection of population. In: *Actual problems of socioeconomics in XXI century: Collection of scientific papers on the results of XIV International Scientific Conference of Students and Young Scientists*. Edited by L.S. Morozova. Part 1. Moscow, 8 April. “Russians” 204–217 (in Russian).]
- Козыренко Е.И., Авдеева Л.О.** (2019). Современное состояние финансирования здравоохранения в России // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*. № 1. С. 153–164. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-1-153-164 [Kozyrenko E.I., Avdeeva L.O. (2019). Modern state of health care financing in Russia. *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*, 1, 153–164. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-1-153-164 (in Russian).]
- Конахин И.В.** (2019). Модели авторегрессии порядка p (Ar(p)-модели). В сб.: «Информация как двигатель научного прогресса: сборник статей Международной научно-практической конференции». 25 января. Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна». С. 111–112. [Konakhin I.V. (2019). Autoregressive models of order p (Ar(p)-models). In: *Information as an engine of scientific progress: Collection of articles of the International Scientific-Practical Conference*. January 25, Volgograd, Aetherna, 111–112 (in Russian).]
- Кратович П.В.** (2010). Модели нейронных сетей и модели $arima$ в задаче прогнозирования временных рядов. В сб.: «Математические методы управления: сборник научных трудов». Тверь: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверской государственный университет» С. 69–78. [Kratovich P.V. (2010). Neural network models and arima models in the problem of time series forecasting. In: *Mathematical methods of control: Collection of scientific papers*. Tver: Tver State Univ., 69–78 (in Russian).]
- Ли В.** (2022). Моральные риски в медицинском страховании (например, США, Китай и Россия) // *Инновации и инвестиции*. № 2. С. 272–275. [Lee V. (2022). Moral risks in health insurance (the example of USA, China, and Russia). *Innovations and Investments*, 2, 272–275 (in Russian).]
- Ожогин М.В.** (2022). Система медицинского страхования в КНР: структурно-исторический аспект. В сб.: «Эффективное управление и контроль в здравоохранении: Материалы Всероссийской научно-практической конференции». Санкт-Петербург, 11 марта 2022 г. Под редакцией И.Т. Русева, А.Х. Ахминевой. Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова. С. 53–58. [Ozhogin M.V. (2022). Medical insurance system in PRC: structural-historical aspect. In: *Effective management and control in health care: Materials of All-Russian Scientific and Practical Conference*. Edited by I.T. Rusev, A.H. Akhmineeva. St. Petersburg: S.M. Kirov Military Medical Academy. Saint Petersburg, March 11, 53–58 (in Russian).]
- Самойлов Д.И., Соколов Е.В.** (2015). Экономико-математическая модель управления финансовым результатом работы структурных подразделений и поликлиники в целом // *Экономика и управление: проблемы, решения*. Т. 2. № 8. С. 22–32. [Samoilov D.I., Sokolov E.V. (2015). Economic-mathematical model of management of financial result of work of structural divisions and polyclinic. *Economics, and Management: Problems, Solutions*, 2, 8, 22–32 (in Russian).]
- Соколов Е.В., Гайворонская К.Д., Пилогина А.В.** и др. (2015). Управление финансами наукоемких предприятий: Учебник. Под ред. Е.В. Соколова. М.: ИД «Научная библиотека». 672 с. [Sokolov E.V., Gaivoronskaya K.D., Pilogina A.V. et al. (2015). Management of finances of science-intensive enterprises: Textbook. Edited by E.V. Sokolov. M.: ID “Scientific Library”. 672 p.]

- Piljugina A.V.** et al. (2015). *Finance management of knowledge-intensive enterprises: Textbook*. Moscow: "Scientific Library" Publishing House. 672 p. (in Russian).]
- Соколов Е.В., Гречкин Д.А.** (2017). Медицинские накопительные счета как инструмент совершенствования системы финансирования здравоохранения и экономики России // *Экономика и управление: проблемы, решения*. Т. 3. № 12. С. 83–93. [Sokolov E.V., Grechkin D.A. (2017). Medical savings accounts as a tool to improve the system of health financing and the economy Russia. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 3, 12, 83–93 (in Russian).]
- Соколов Е.В., Гречкин Д.А.** (2018). Прорывные технологии финансирования здравоохранения и экономики России // *Экономика и управление: проблемы, решения*. Т. 8. Май. С. 8–15. [Sokolov E.V., Grechkin D.A. (2018). Breakthrough technologies of health care financing and Russia's economy. *Economics, and Management: Problems, Solutions*, 8, May, 8–15 (in Russian).]
- Соколов Е.В., Костырин Е.В.** (2020). Организация перехода граждан России на медицинские накопительные счета // *Экономика и управление: проблемы, решения*. Т. 1. № 8 (104). С. 55–71. DOI: 10.36871/ek.ur.p.r.2020.08.01.008 [Sokolov E.V., Kostyrin E.V. (2020). Organization of transition of Russian citizens to medical savings accounts. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 1, 8 (104), 55–71 (in Russian).]
- Томская К.М.** (2018). Анализ временных рядов с помощью авто-регрессионных моделей // *Интеграция наук*. № 4 (19). С. 45–50. [Tomskaya K.M. (2018). Time series analysis using autoregressive models. *Integration of Sciences*, 4 (19), 45–50 (in Russian).]
- Успенская И.В., Манухина Е.В., Юрина С.В.** (2018). Анализ финансового обеспечения территориальной программы обязательного медицинского страхования // *Социальные аспекты здоровья населения*. № 1 (59). DOI: 10.21045/2071-5021-2018-59-1-10 [Uspenskaya I.V., Manukhina E.V., Jurina S.V. (2018). Analysis of financial support for territorial program of compulsory health insurance. *Social Aspects of Public Health*, 1 (59). DOI: 10.21045/2071-5021-2018-59-1-10 (in Russian).]
- Хабарова Е.Л., Емельянова Т.В.** (2019). О последовательном оценивании параметров авто-регрессионной модели с непрерывным временем. Всероссийская молодежная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Все грани математики и механики: Сборник статей». Томск, 23–27 апреля 2019 г. Под редакцией А.В. Старченко. Томск: Издательский дом Томского государственного университета. С. 189–197. [Khabarova E.L., Emel'janova T.V. (2019). On sequential parameter estimation of an autoregressive model with continuous time. In: *All-Russian youth scientific conference of students, postgraduate students and young scientists*. Tomsk, 23–27 April, 2019. A.V. Starchenko (ed.). Tomsk: Tomsk State Univ., 189–197 (in Russian).]
- Deng J.** (1989). Introduction to Grey system theory. *Journal Grey System*, 1, 1–24.
- Jiao M., Wang H.** (2018). Prediction on the urban employee basic medical insurance scheme funds: A case study of Jiangsu province. *Chinese Journal of Health Policy*, 11 (11), 16–21.
- Lan Y., Xia X.-H.** (2021). Study on the balance of payment and sustainable development of medical insurance fund for urban workers — Take Sichuan Province as an example. *Soft Science of Health*, 35(9): 30–34. DOI: 10.3969/j.issn.1003-2800.2021.09.007 Available at: <http://www.wsrkx.net/CN/abstract/abstract1273.shtml>
- Smil S.** (2019). A hybrid exponential smoothing and recurrent neural network method for time series forecasting. *International Journal of Forecasting*, 36 (1), 75–85. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2019.03.017
- Yang X., Zou J., Kong D., Jiang G.** (2018). GM grey model analysis (1, 1) for predicting typhoid and paratyphoid morbidity trend in Wuhan city. *Preventive Medicine in Zhejiang*, 97.

Managing Chinese and Russian healthcare development using a predictive Gray model and an autoregressive relationship model

© 2023 П. Хе, E.V. Kostyrin

П. Хе,

*Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, Russia;
e-mail: pinghe7483@gmail.com*

E.V. Kostyrin,

*Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, Russia;
e-mail: kostyrinev@bmstu.ru*

Received 28.11.2022

Abstract. This article examines the possible risks for health insurance funds due to an ageing population and the prevalence of infectious diseases by analyzing the structural differences between the existing health insurance funding systems in China and Russia and using Gray's model and an autoregressive model to forecast the existing flows of health insurance funds in Russia and China. The results of the forecasting model are then incorporated into a subsequent management model in order to propose optimizations for the future management of health insurance systems in both countries. The novelty of this paper lies not only in the analysis of the structure of the health insurance financing system, but also in the use of a predictive model to propose optimized management decisions for the future development of health insurance. The results provide theoretical support as well as guidance for national health insurance management. The results of the optimized management model for Russian health insurance show that the optimized solution not only improves the financing gap well, but also leaves a balance.

Keywords: Federal Compulsory Health Insurance Fund, compulsory health insurance, large-scale systems, Chinese health care, Gray model forecasting, medical savings accounts, financing system, cost-effectiveness, management.

JEL Classification: C61, C63, G23, I13.

For reference: **Хе П., Костырин Е.В.** (2023). Managing Chinese and Russian healthcare development using a predictive Gray model and an autoregressive relationship model. *Economics and Mathematical Methods*, 59, 3, 100–116. DOI 10.31857/S042473880023259-3 (in Russian).