
МОДЕЛЬ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ КАК ОТКРЫТОЙ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕЙ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ

Ковалев Сергей Петрович, канд. техн. наук

Сороколетов Павел Валерьевич, д-р техн. наук

Российская академия народного хозяйства и государственной службы (РАНХиГС) при Президенте Российской Федерации, пр-т Вернадского, 82, Москва, Россия, 119571; e-mail: SorokoletovPV@yandex.ru

Цель: разработка модели системы здравоохранения с учетом принципов подобия Берталанфи, эволюции Шмальгаузена, дополнительности Заде, экономического бихевиоризма Уильямсона. *Обсуждение:* статистика и отчеты контролирующих органов свидетельствуют, что результаты реформ российского здравоохранения пока неоднозначны. Одну из причин этого авторы видят в отходе регулятора от естественнонаучных принципов управления сложными системами, проверки решений на модели перед их реализацией, неполноту алгоритма управления и функции обратной связи. *Результаты:* предложен теоретический подход к построению модели здравоохранения как открытой системы с нечеткими состояниями и вероятностными переходами, эволюционирующей на принципе движущего отбора. Дано математическое описание модели. Приведены примеры использования разработанных теоретических положений в условиях действующей организационной и правовой схемы регулирования здравоохранения РФ, демонстрирующие потенциал разработанной модели.

Ключевые слова: система здравоохранения, эволюционное моделирование, экономический бихевиоризм, открытые системы.

DOI: 10.17308/meps.2017.4/1656

1. Введение

В XXI в. обеспечение здоровья нации становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности государства. Структурно-функциональные характеристики систем здравоохранения передовых стран изменяются вслед за изменившимся характером производительных сил и производственных отношений, переходом от бюрократического государства XX в. к цифровому государству XXI в. В Российской Федерации формирование цифровой экономики также активно развивается, принята Стратегия развития информационного общества на 2017-2030 гг., утвержденная Указом Президента РФ № 203 от 09.05.2017г. Здравоохранение как сложная социально-

экономическая система эволюционирует, адаптируясь к меняющемуся внешнему миру. Управление современным здравоохранением – оптимизационная задача обеспечения доступа населения к качественным медицинским услугам при одновременном сдерживании расходов. Построение оптимальной для условий конкретного государства и периода времени системы здравоохранения требует соответствия его структурно-функциональной модели протекающим процессам.

Это особенно актуально для Российской Федерации, так как доступные данные статистики [20-3], отчеты контролирующих и исполнительных органов [21-7] показывают неоднозначность результатов нового этапа реформ, инициированного Федеральными законами №№ 83-ФЗ, 326-ФЗ, 323-ФЗ и распоряжением Правительства РФ №2599-р от 28.12.2012 г., предусматривающими переход на одноканальное финансирование в рамках обязательного медицинского страхования (ОМС). Лишь в 2014 г. было сокращено 659 фельдшерско-акушерских пунктов, в 2013-2015 гг. без должного обоснования сокращено более 100 000 коек в стационарах. В 2014 г. численность граждан, получавших льготные лекарства, снизилась на 165 тысяч человек. В 2015 г. потребление лекарств упало до уровня 2007-2008 гг., средняя цена на аптечном рынке выросла на 10,3%. При этом дорогие импортные препараты занимают 40% рынка в натуральном выражении, и три четверти рынка медикаментов по стоимости. Средняя цена упаковки отечественных препаратов перечня льготного лекарственного обеспечения в 2015 г. выросла на 155,7%, приблизившись к средней стоимости импортных препаратов. Финансово малоэффективна работа Фонда обязательного медицинского страхования (ФОМС) и Фонда социального страхования (ФСС), составляющих основу действующей российской разновидности модели страховой медицины и социальной защиты населения. Взаимодействие ФОМС с лечебными учреждениями опосредовано через страховые медицинские организации (СМО). По результатам проверки Счётной палатой эффективности использования страховыми компаниями средств обязательного медицинского страхования, СМО получили в 2014-2015 гг. доходы в объёме свыше 50 млрд руб. из системы ОМС в счёт оплаты расходов на ведение дел из 2,7 трлн рублей, направленных им на оказание медицинской помощи. В то же время СМО не сопровождают пациентов на всех этапах оказания помощи, не проверяют должным образом качество медицинских услуг и реагируют только на жалобы застрахованных, не оценивают условия пребывания пациентов в медучреждениях и не контролируют, не берет ли больница плату за услуги, которые должны оказываться пациенту бесплатно. То есть, расходуя значительные средства, получаемые ими из бюджета Фондов, на собственное администрирование, СМО не выполняют при этом полезной функции. Важным фактором неэффективности являются также ошибки регулирования. Так, ст. 8 гл. 2 ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» предусматривает «... лечение застрахованного лица, осуществляемое на территории РФ,

... после тяжёлого несчастного случая на производстве до восстановления трудоспособности или установления стойкой утраты профессиональной трудоспособности». Но несформированные подзаконные акты Министерства здравоохранения (Минздрав) ограничили применение этого закона. В результате профицит средств по этой статье составляет от 20 до 40 млрд рублей в год и изымается в бюджет на «иные цели». Т.е. средства не доходят до получателей медицинской помощи.

Одной из фундаментальных причин этих сбоев и просчетов, по мнению авторов, является наметившийся в последние годы отход от научных идей рационального построения и системного регулирования в сфере здравоохранения. Основанные на принципе подобия Берталанфи [4], эти идеи воплощены в трудах В.М. Глушкова и В.С. Немчинова, Н.Е. Кобринского, польских исследователей Г. Грневского и О. Ланге, в законах теоретической информатики, исследующей математическими методами отношения между управляющим и управляемым объектами, основанные на обмене информацией. Они были существенно развиты благодаря работам Л. Заде [8] о нечёткости моделей любых сложных систем, в основе которых лежат представления о соотношении неопределённости хаоса и однозначности порядка И.Р. Пригожина [19]. Теоретические работы об управлении социально-экономическими системами нобелевских лауреатов Л. Гурвича [2], О. Уильямсона [5], П. Даймонда [1] обосновали необходимость и показали возможные направления перехода от традиционных моделей экономической кибернетики к новым математическим моделям социально-экономических систем, более полно отражающим цивилизационные изменения в цифровую эру.

Опираясь на эти идеи и принципы, авторы предлагают новый подход к построению математической модели национального здравоохранения.

2. Описание теоретических подходов и модели

С точки зрения общей теории систем здравоохранение как и любая искусственная или природная система состоит из элементов и обладает целостностью в отношении реализуемого этой системой процесса, общей функции системы – поддерживать определенный уровень здоровья нации. Система является открытой как часть изменчивой общей среды. Целостность системы означает невозможность механически свести ее свойства к сумме свойств составляющих её элементов, а также обусловленность поведения системы не столько поведением её элементов, сколько свойствами структуры, взаимодействием со средой. Полностью закрытая система является абстракцией и в реальности не встречается. Структура системы может быть иерархической или сетевой, постоянной либо динамической на рассматриваемом отрезке времени (рис. 1).

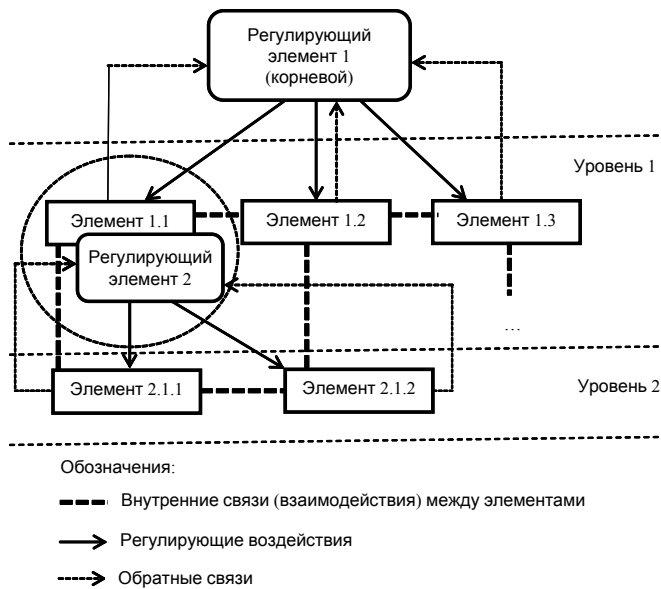


Рис. 1. Здравоохранение как многоуровневая иерархическая система с центральным регулирующим элементом и промежуточными регуляторами

Любые рассуждения в отношении природной или искусственной системы возможны постольку, поскольку мы имеем модель этой системы, описанную с помощью какого-либо формального языка. Например, языка математической теории множеств, графов и сетей переходов, исчисления предикатов, других известных формализмов. Качество описания любой модели сложной социальной системы обусловлено точностью описания процессов передачи информации и полноты процессов управления.

Особо заметим, что язык, в основе которого лежит классическая, или Аристотелева логика, оперирующая логическими значениями «истина» и «ложь», как достаточно сильная теория первого порядка не годится для непротиворечивых в математическом смысле построений [13]. Еще в 1930-е годы была доказана ее принципиальная неполнота и противоречивость как одно из следствий теоремы Гёделя. Более того, в 2000-е годы доказано [12], что при добавлении к классическим двум третьего логического значения (например, «истина», «ложь» плюс «неопределенность») и логической операции замыкания на множестве становится возможным бесконечное множество различных логик, причем не только счетное, но и мощности континуума.

Для анализа, прогнозирования и целенаправленного управления системой здравоохранения, упрощенно представленной с помощью модели, используются параметры элементов и системы в целом, параметры внешней среды, влияющие на состояние системы. Параметры подразделяются на внутренние и внешние; внешние параметры делятся на входные, управляющие и выходные. Управлять системой – означает оказывать на нее строго определенное воздействие, приводящее к изменению ее состояния. Для

этого регулирующей и регулируемый элементы должны быть связаны отношением, которое характеризуется вектором параметров \mathbf{R} (рис. 2). Чтобы целенаправленно перевести элемент 2 из состояния, характеризуемого вектором внутренних параметров \mathbf{Z} в целевое состояние \mathbf{Z}' , регулирующий элемент 1 формирует вектор управляющих параметров \mathbf{X}' .

Из теории автоматического управления (ТАУ) известно, что регулируемый элемент или в более общем случае система, обладающая, соответственно, подсистемой обратной связи, переходит в целевое состояние в результате переходного процесса, который обычно носит колебательный характер [16]. При этом регулирующий элемент, получая сигналы обратной связи, вырабатывает серию управляющих воздействий, приводящих к затуханию колебательного процесса вокруг целевой точки. В этом случае говорят об отрицательной обратной связи. Если же колебательный процесс вокруг целевого состояния не затухает, а, напротив, нарастает, то говорят о положительной, возбуждающей обратной связи.

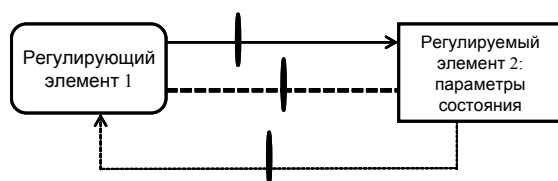


Рис. 2. Принцип корректирующей обратной связи, обеспечивающей выполнение функций целенаправленного управления регулируемым элементом и системой в целом

Очевидно, что для социально-экономических систем, таких как система здравоохранения, необходима отрицательная обратная связь и такие регулирующие элементы, которые в каждый момент времени приводили бы систему в равновесие в точке, близкой к целевому состоянию. Если представить все возможные состояния регулируемой системы в виде упорядоченного множества $\mathbf{S} = (S_1, S_2, \dots, S_N)$, то задачей регулятора становится последовательный, запланированный и предсказуемый перевод системы между состояниями. Смену состояний представим в виде сети переходов. Принцип дополненности, сформулированный Лотфи Заде для информационных систем по аналогии с широко известным из квантовой физики принципом неопределенности Гейзенберга, говорит, что «...чем сложнее система, тем менее точно можно ее описать». Поэтому практически все переходы системы здравоохранения из одного состояния в другое носят вероятностный характер. На рис. 3 это отражено значением p вероятности рядом со стрелкой, обозначающей вероятностный переход системы в последующее состояние при условии изменения регулирующего воздействия на величину δ_i . В целевое состояние S_3 , как это видно на рис. 3, можно прийти различными путями через промежуточные состояния. Переход в некоторые состояния из одного и того же начального состояния более вероятен, чем в другие.

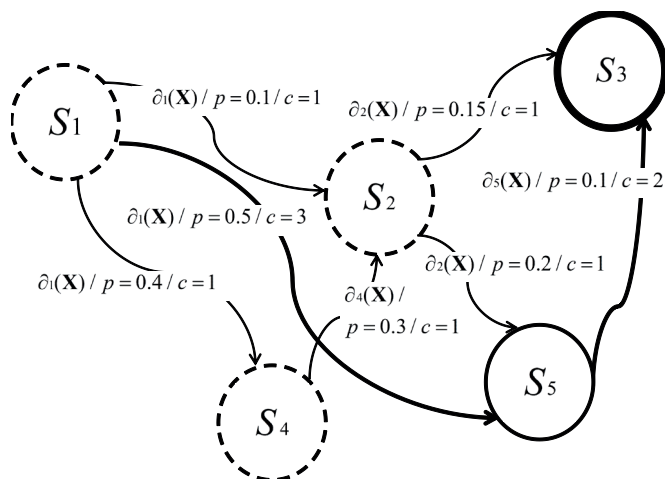


Рис. 3. Описание смены состояний в модели здравоохранения с помощью сети переходов на множестве разрешенных состояний системы S_i

Совокупность состояний в ТАУ рассматривают как множество точек в особом дискретном пространстве состояний, а те области этого пространства, в которые стремится попасть система, предоставленная сама себе, либо при неверном наборе регулирующих воздействий, именуют аттрактором. Для перевода любой физической системы из одного состояния в другое, помимо информационных управляющих сигналов, необходимо затратить энергию и материальные ресурсы. Поэтому каждый переход на рис. 3 снабдим также «ценой» этого перехода. Например, цена наиболее вероятного перехода (но не самого экономичного) из начального состояния 1 в состояние 3 через промежуточное состояние 5 после воздействий ∂_1 , ∂_5 составит $3+2 = 5$ условных единиц затрат.

Отметим, что при описании реальной системы здравоохранения единицы затрат должны учитываться не только в финансовом выражении, но и в натуральных показателях соответствующего ресурса (например, время работы врача, койко-дни и т.п.). Следует помнить, что в современном цифровом мире деньги – лишь разновидность информации, а не сам ресурс.

Систему, попавшую в аттрактор, не всегда легко вернуть в целевое состояние. Применительно к социально-экономическим системам в целом и системе здравоохранения в частности это означает, что иные ошибки регулирования могут приводить к попаданию в состояния, из которых их вывести сложно и дорого. Неверно выбранный путь приводит к неоправданному усложнению регулирования и затратам. Чтобы избежать этого, необходимо корректно реализовать полный алгоритм управления (рисунок 4), учитывающий, что сложные системы реального мира эволюционируют в процессе своего функционирования.

Эволюция происходит за счет адаптации к условиям внешней среды. Существуют различные виды эволюционной адаптации [10], которые могут приводить как к стабилизации полезных свойств системы, так и к перестрое-

нию ее структуры, изменению элементов и связей между ними в целях обеспечения наилучшего соответствия «система – внешняя среда». Значение при этом имеет характер регулирующих воздействий, поступающих в управляемую систему: случайный или целенаправленный.

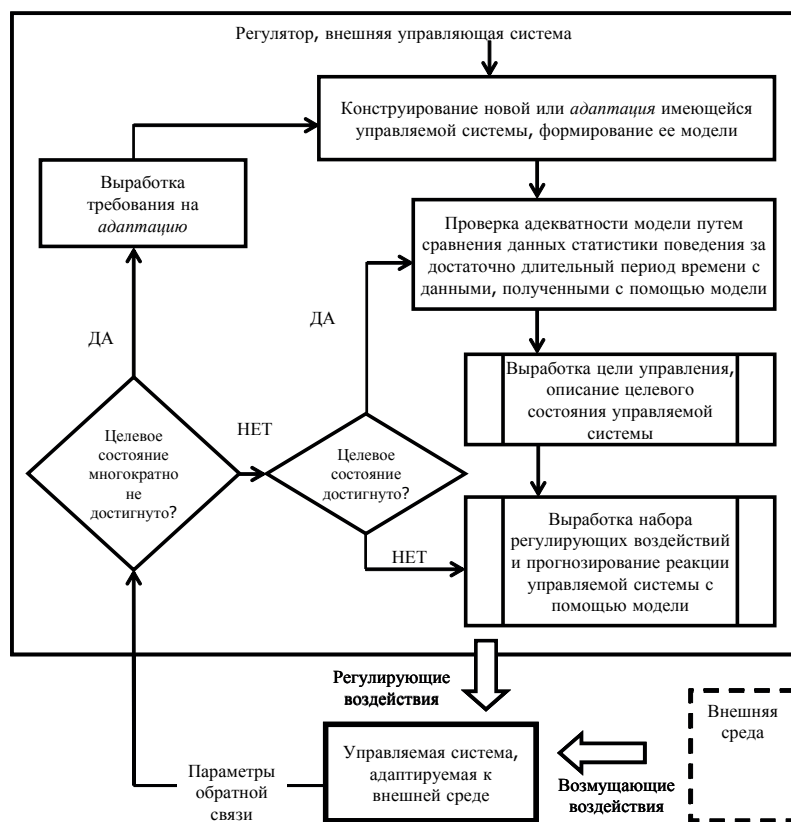


Рис. 4. Полная функция управления эволюционирующей системой – алгоритм управления с адаптацией к внешней среде

Академик Шмальгаузен выделял различные виды отбора в ходе эволюции живых организмов [11], которые могут также быть отнесены к управлению любой достаточной сложной эволюционирующей системой, характеризующейся высокой степенью нечеткости:

а) «Стабилизирующий». Здесь соотношение параметров изменяющейся системы и внешней среды остается неизменным (рис. 5, а);

б) «Балансирующий отбор». Условия среды меняются вместе с параметрами адаптирующейся системы, соотношение адаптаций системы и изменений среды взаимно уравнивают друг друга, позволяя организму (системе) выполнять свои функции (рис. 5, б);

в) «Движущий отбор», в ходе которого происходит направленное изменение не только системы, но и внешней среды (рис. 5, в).

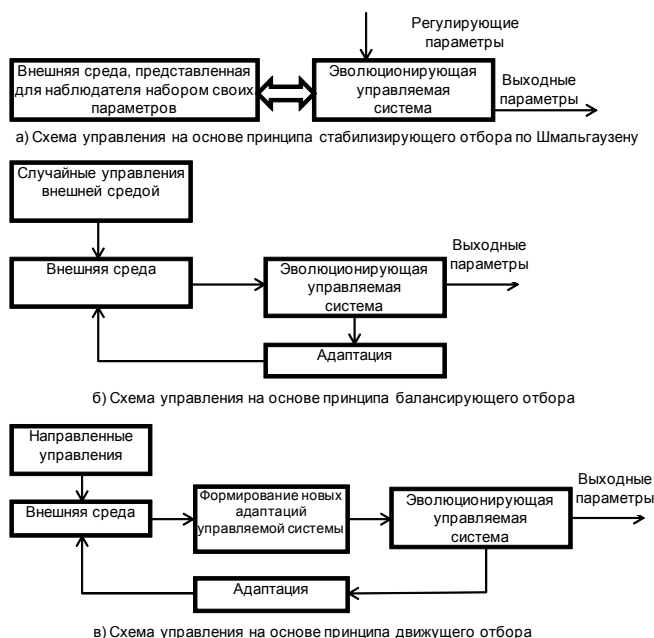


Рис. 5. Различные ситуации при управлении системой в условиях ее адаптации к внешней среде, изменяющейся под воздействием случайных либо целенаправленных факторов

Принцип движущего отбора наиболее подходит при описании взаимодействия со средой социально-экономических систем. Поскольку в то время как регулятор системы управляет ею, параллельно функционируют другие регулирующие элементы, управляющие элементами внешней среды, оказывающей случайные либо направленные воздействия на нашу систему. Например, Министерство финансов Российской Федерации с очевидностью выступает таким внешним регулирующим элементом по отношению к системе здравоохранения, и его воздействия на внешнюю по отношению к здравоохранению среду нельзя игнорировать для корректного управления системой.

Для целенаправленного управления системой здравоохранения должны существовать числовые показатели, которые можно отнести к подмножеству выходных параметров Y_r модели M_D системы здравоохранения, передаваемых регулятору посредством обратной связи (рис. 6).

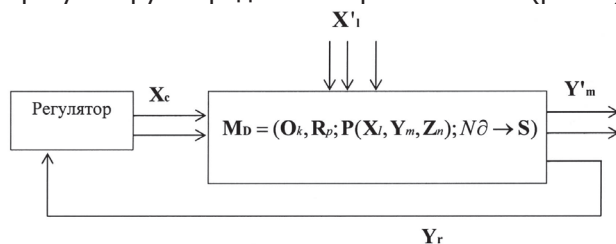


Рис. 6. Модель системы здравоохранения с параметрами обратной связи, контролируемые с точки зрения внешнего регулятора

В общем виде модель может быть описана соотношением:

$$M_D = (\hat{O}^k, \hat{R}^p; P(\hat{X}^l, \hat{Y}^m, \hat{Z}^n) \xrightarrow{N\Delta} \hat{S}), \quad (1)$$

где O_k – множество субъектов и объектов мощности k , (включающее в себя регулирующие и надзорные органы, фонды, медицинские учреждения, СМО, производителей и поставщиков медицинских технологий, оборудования, материалов, медикаментов и пр.); \hat{R}^p – множество отношений мощности p между объектами моделируемой системы; X_l, Y_m, Z_n – множества входных, выходных (внешних, определяемых действиями регулятора и факторами внешней среды) и внутренних параметров модели, соответственно; $\hat{X}^l = \hat{X}'^l \cup \hat{X}^c$, где X^c – управляющее подмножество множества входных параметров, вырабатываемых регулятором в ответ на сигналы подсистемы обратной связи, а \hat{X}'^l – множество возмущающих параметров, вырабатываемых внешней средой; $Y_m = Y'_m \cup Y_r$, где Y_r – подмножество выходных параметров обратной связи, а Y'_m – выходных параметров системы, направленных во внешнюю среду; S – множество возможных состояний модели конечной или бесконечной мощности; P – функционал от параметров, определяющий вероятностную сеть изменений, или переходов, $N\Delta$ модели из одного состояния $S_i(t-1)$ в момент времени $t-1$ в новое последующее состояние $S_j(t)$; $S_i(t-1), S_j(t) \in S$; D – область адекватности модели, т.е. та часть многомерного пространства состояний модели, определяемая совокупностью значений ее внешних и внутренних параметров, которая соответствует реально наблюдаемым фактам поведения общности система – среда.

Поскольку в рассматриваемой модели здравоохранения как эволюционирующей системы регулятор выступает как один из ее элементов, контрольной функции обратной связи недостаточно для реализации полного алгоритма управления (рис. 4). Значения параметров обратной связи должны также служить стимулами на адаптацию и быть устойчивыми к случайным либо намеренным флуктуациям первичных данных статистики, используемых при их вычислении.

3. Примеры применения в российском здравоохранении

С позиций традиционного медицинского менеджмента изложенные положения могут показаться слишком абстрактными и далекими от реальной жизни отрасли. На простых примерах покажем, как они могут работать в действующей правовой и организационной схеме здравоохранения России.

Пример 1. Раскрытие нечеткости медицинских и нормативно-правовых понятий.

Как положено в правовом государстве, категории граждан, на которые в конечном итоге направлены услуги медучреждений, описаны в законах. Например, ст. 42 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ указывает, какое финансовое обеспечение медицинской помощи и за счет каких источников полагается «... населению отдельных территорий и работникам отдельных организаций...». Медицинское обеспечение лиц, «занимающих

государственные должности Российской Федерации», «замещающих отдельные должности федеральной государственной гражданской службы» и «иных лиц», определено отдельными актами Президента Российской Федерации и актами Правительства Российской Федерации, как это указано в части 3 статьи 42 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ и конкретизировано в 314-ФЗ 22. Отдельными пунктами законов поименованы военнослужащие и приравненные к ним лица, лица задержанные, заключенные под стражу и т.п. Законодательно перечислены большие угрожающими жизни и хроническими редкими (орфанными) заболеваниями, приводящими к сокращению жизни гражданина или его инвалидности, лица, «... больные гемофилией, муковисцидозом, гипофизарным нанизмом, болезнью Гоше ...», лица «... после трансплантации органов ...» и так далее. Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» предусматривает также виды оплаты дополнительных расходов, связанных с медицинской, социальной и профессиональной реабилитацией застрахованного лица. Как видим:

1) законодательные определения в системе здравоохранения РФ конкретизируют категории пациентов в основном по медицинскому признаку заболевания и отношению к особым условиям труда или местонахождения;

2) на уровне законодательства не производится строгая классификации по временным признакам: временно здоровый, т.е. «условный пациент» или временно больной (пациент в течение конкретного ограниченного времени), инвалид и хронический больной;

3) классификация по степени отношения к профессиональной службе часто содержит неявные формулировки («иные»);

4) классификация по гражданской принадлежности содержит определения «по умолчанию» (например, граждане, «... зарегистрированные в установленном порядке»).

В отношении остальных граждан используется термин «практически здоровый», хотя сами медики шутят, что не бывает здоровых, а только недостаточно обследованные люди.

Очевидно, что с точки зрения изложенных теоретических подходов эти определения несут минимальную полезную нагрузку, поскольку содержат нечеткость двух видов: а) не отражают потребность оплаты медицинской помощи по отношению к данному субъекту в конкретный период времени; б) не задают диапазон длительности этого периода.

Но для планирования расходов ресурсов системы здравоохранения и их финансирования важно уметь оценить и спрогнозировать вероятностные переходы элемента из состояния в состояние. Взяв за основу прагматичный подход, присущий, например, американской системе актуарных расчетов и планирования рисков, сопоставим отечественному термину «практически здоровый» два элемента: «временно здоровый» (от англ. temporarily

healthy, TH), «временно больной» (от англ. temporarily ill, TI). То есть либо не нуждающийся в немедленных затратах на восстановление здоровья = работоспособности, либо нуждающийся, но в четко ограниченных по времени и деньгам рамках. Добавим по аналогии третий элемент, «ограниченно здоровый» (limited healthy, LH), т.е. способный выполнять полезную работу (создавая продукт и платя налоги), но в ограниченных рамках определенных профессий.

В результате получим нечеткую переменную H (healthy), определенную на множестве из трех значений:

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} \text{TH} & ; & \mu_1 \\ \text{TI} & ; & \mu_2 \\ \text{LI} & ; & \mu_3 \end{pmatrix}, \text{ «практически здоровый»} = \begin{cases} \text{временно здоровый;} & \mu_1 \\ \text{временно больной;} & \mu_2 \\ \text{ограниченно здоровый;} & \mu_3 \end{cases} \quad (2)$$

где μ_1, μ_2, μ_3 – коэффициенты нечеткости, принимающие дробные значения от 0 до 1 и указывающие, в какой степени «практически здоровый» гражданин может находиться в одном из трех состояний, требующих (либо не требующих) незамедлительного расходования медицинских ресурсов. Особо отметим, что нечеткость не эквивалентна вероятности, и $\sum_{i=1}^n \mu_i \neq 1$.

Построим сеть переходов по аналогии с рисунком 3, отражающую изменения состояния «практически здорового» гражданина для нашего примера (рис. 7).

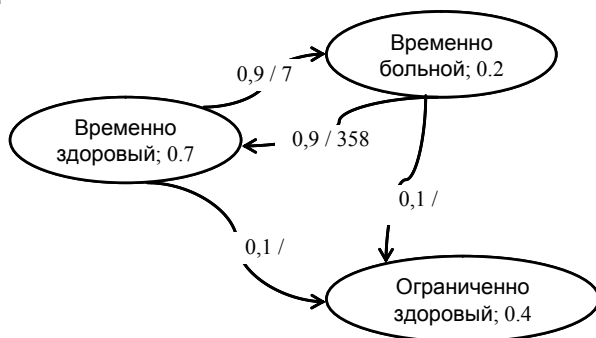


Рис. 7. Пример вероятностной сети переходов для нечеткого состояния системного элемента «практически здоровый»

Рядом со значением переменной в кружке указан коэффициент принадлежности множеству «практически здоровых» граждан (2), а число рядом со стрелкой означает вероятность перехода в другое состояние и длительность пребывания в нем в течение определенного периода времени (в днях) до возникновения возможности нового перехода. Таким образом, рисунок 7 показывает, что на 70% «практически здоровый» гражданин с вероятностью 0,9 в течение года проболит в течение 7 дней, а с вероятностью 0,1 его не угрожающая жизни и работоспособности болезнь перейдет в хроническую стадию.

Разумеется, это чрезвычайно упрощенная модель. Кроме того, для

каждой возрастной, территориальной и профессиональной группы граждан требуется ее индивидуализация. Однако в отличие от практики ФОМС и ФСС планировать будущие потребности медучреждений в финансировании «по факту» на основе отчетов заинтересованных СМО перед Фондами, а также на основании статистических форм самих медучреждений, даже такая модель позволяет: а) сверить достоверность «факта» с диапазоном возможных значений; б) оценить финансовые риски на несколько бюджетных периодов вперед.

Пример 2. Комбинированные параметры обратной связи – стимулы на адаптацию в открытой эволюционирующей системе здравоохранения.

Первичные данные, представленные отечественной государственной статистикой в сфере медицины и здравоохранения, нуждаются в верификации [9] и порождают множество дискуссий. К числу основных проблем ведущие эксперты относят [18]:

1) неполноту статистического учета, не позволяющую органам управления здравоохранением получать достоверную и достаточную информацию в темпе процессов;

2) лакуны в статистических базах в отношении первичных ресурсов здравоохранения (число коек, врачей, пропускной способности медучреждений и т.п.), фрагментарность информации о заболеваемости, проблемы получения достоверных данных о динамике населения территории с учетом фактора временной миграции;

3) трудности получения информации о финансовой устойчивости медучреждений с разбивкой по типам и объемам расходов и доходов по видам медицинских услуг;

4) избыточность чисто медицинских данных многочисленных отчетных форм в сочетании с отсутствием или малой информативностью агрегированных индикаторов работы медучреждений, сочетающих производственные и финансовые показатели;

5) отсутствие единой понятийной базы между финансовым и медицинским менеджментом, затрудняющее оценку параметров системы и ее регулирование.

Первые две из перечисленных проблем сводятся к неустойчивости и флуктуациям первичных данных, на основании которых можно строить индикативные параметры обратной связи. Последующие три – говорят об отсутствии у регулятора единой для медиков и отраслевых менеджеров модели предметной области здравоохранения, которую, по идее, следовало бы положить в основу всех 12 сосуществующих сегодня государственных информационных систем (ГИС) в сфере здравоохранения [0] и находящейся в стадии перманентного внедрения единой ГИС Минздрава (ЕГИС).

Проанализируем с этих позиций информативность параметров, которые сегодня чаще всего упоминают при оценке качества здравоохранения. Латинские аббревиатуры указаны в соответствии с принятыми обозначениями Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ):

- ожидаемая продолжительность жизни (LE, life expectancy);
- ожидаемая продолжительность здоровой жизни (HLE, healthy LE);
- ожидаемая продолжительность жизни после 60 лет (LE60);
- детская смертность (CM, child mortality) и общая от болезней (M);
- число впервые выявленных заболеваний (кроме обусловленных внешними причинами), человек (I, incidence);
- годовичная заболеваемость по основным классам болезней (кроме внешних причин), тыс. чел. (YI) и заболеваний на тыс. населения (YI1000);
- число оказаний экстренной помощи (амбулаторно и при выездах), случаев на 1000 населения к заболеваемости на 1000 населения (EMC, emergency medical case).

Приведем пример новых параметров, рассчитанных на базе данных нашего исследования, полученной путем агрегации данных Минздрава [20], Федеральной службы государственной статистики (Росстат) [15], ВОЗ [6] и Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [3], продемонстрируем их свойства.

Отношение ожидаемой продолжительности здоровой жизни к общей продолжительности нивелирует случайные флуктуации каждого из этих двух по отдельности взятых параметров, а также показывает тенденцию сокращения либо нарастания разрыва между продолжительностью здоровой и общей жизни (рис. 8). Как видим на графике, на рубеже 2005-2006 годов наблюдается пик, свидетельствующий о сближении длительности общей и здоровой жизни в Российской Федерации.

В отрыве от других показателей такой пик может говорить либо о ранней смертности (не доживают до старческих заболеваний), либо, наоборот, о здоровой жизни до глубокой старости. Поэтому его дополняет аналогичный по своей природе показатель отношения продолжительности жизни после 60 лет к общей продолжительности жизни, демонстрирующий тенденции разрыва между ними. Совместно с отношением ожидаемой продолжительности жизни после 60 лет к мировой максимальной продолжительности жизни после 60 лет он оценивает динамику отставания или опережения длительности жизни в России относительно лучших мировых значений. Аналогичную задачу решает отношение продолжительности здоровой жизни после 60 лет к максимальной мировой после 60 лет. Как видно в сочетании с этим индикатором, пик на верхнем графике рис. 8, к счастью, обусловлен ростом, а не снижением ожидаемой продолжительности жизни по отношению к максимальной продолжительности здоровой жизни.

Однако в «более тучные» 2003-2005 гг. население было более здоровым, и, возможно, этот рост связан не с уровнем медицинского обслуживания, а с социальными факторами. Поэтому добавим в рассмотрение три новых индикатора (рис. 9).

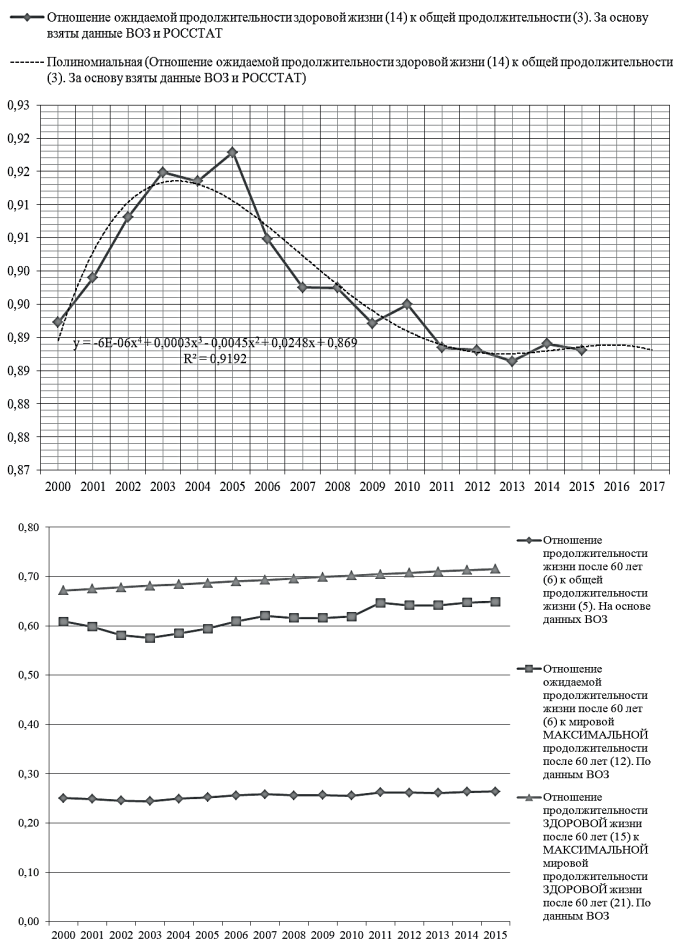


Рис. 8. Примеры комбинированных параметров обратной связи в системе здравоохранения

I_{chr} , индекс перехода заболеваний в хронические формы или «сбережения здоровья»; I_i , индекс интенсивности оперативного оказания первичной медицинской помощи; I_q , индекс качества медицинского сопровождения в течение жизни. Они показывают тенденции роста или снижения доли единичных заболеваний на фоне хронических.

$$I_{chr} = \frac{I}{YI} * 1000$$

индекс перехода заболеваний в хронические формы = $\frac{I}{YI} * 1000$ (3)

$$I_i = \frac{EMC}{YI1000}$$

индекс интенсивности оказания первичной помощи = $\frac{EMC}{YI1000}$ (4)

$$I_q = \frac{CM/M}{HLE} * 1000$$

индекс качества мед. сопровождения в течение жизни = $\frac{CM/M}{HLE} * 1000$ (5)

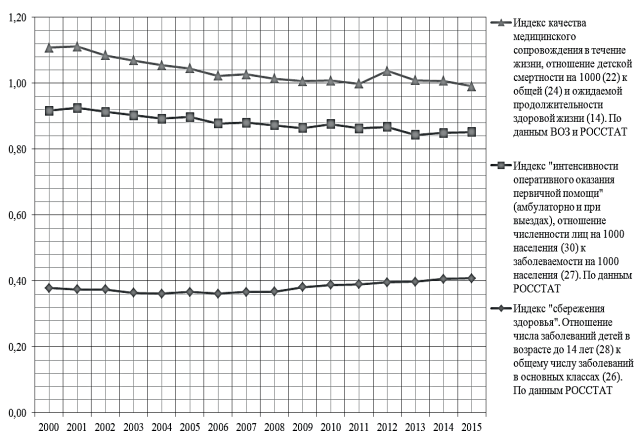


Рис. 9. Пример расчета новых индикаторов (3), (4), (5) – стимулов на адаптацию системы здравоохранения

Последний индикатор особенно важен для здравоохранения с финансовой точки зрения, так как мало спасти жизнь – необходимо далее поддерживать здоровье нового гражданина, который в силу сложностей своего появления на свет может требовать особого и постоянного расхода медицинских ресурсов. Отношение детской смертности к общей смертности и ожидаемой продолжительности здоровой жизни показывает, сколько из спасенных детей становятся (или не становятся) постоянными потребителями финансовых ресурсов государства и налогоплательщиков в случае последующего некачественного медицинского обслуживания спасенной при сложных родах жизни.

Как видим, даже несложные комбинации известных параметров способны предоставить регулятору более информативные стимулы на адаптацию системы в рамках обратной связи, обеспечивая единство предметной области и пространства принятия решений для научно обоснованной организации и управления здравоохранением.

4. Заключение

Реформирование такой социально чувствительной системы, как здравоохранение, требует тщательной оценки последствий принимаемых регулятором решений. Для этого нужно прогнозировать результаты управляющих воздействий, учитывая, что все системные элементы здравоохранения являются частью более общей среды, и рассматривать отношения объектов и субъектов здравоохранения и этой среды в их постоянном движении, как эволюционный процесс. Основой прогнозируемых изменений в отрасли здравоохранения должно быть наличие адекватной модели и неукоснительное следование принципу «сначала смоделируй, затем меняй в жизни». Как показывают приведенные примеры, изложенные теоретические подходы к построению модели здравоохранения в виде адаптивной эволюционирующей системы с нечеткими в смысле Заде состояниями, вероятностными переходами и многопараметрической стимулирующей обратной связью, могут

быть полезны Министерству здравоохранения и законодателям для более обоснованной коррекции недочетов текущего этапа реформ.

Список источников

1. Diamond P.A., Orszag P.R. Saving Social Security: A Balanced Approach // *Brookings Institution Press*, Washington, DC, 2004, pp. 287.
2. Hurwicz L. Designing Economic Mechanisms // *Cambridge University Press*, 2006.
3. OECD Health Statistics 2016. Доступно: <http://stats.oecd.org/> (дата обращения: 12.04.17).
4. Von Bertalanffy L. The Theory of Open Systems in Physics and Biology // *Science*, 1950, pp. 23-29.
5. Williamson O.E. Behavioral Assumptions // *The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting*. N.Y., The Free Press, 1985, pp. 44-52.
6. World Health Organization Global Health Observatory. Доступно: <http://apps.who.int/> (дата обращения: 03.03.17).
7. Доклад министра здравоохранения Российской Федерации на заседании Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам 21.03.2017. Доступно: <http://www.kremlin.ru/> (дата обращения: 10.04.17).
8. Заде Л. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных интеллектуальных систем // *Новости искусственного интеллекта*, 2007, no. 2, с. 7-11.
9. Ковалев С.П., Сороколетов П.В., Яшина Е.Р., Генералов А.В., Фучежи А.П. Решение проблемы верификации данных при экономико-математическом анализе учреждений здравоохранения // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 8 (68), с. 16-34.
10. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В. Анализ и обзор моделей эволюции // *Известия РАН. Теория и системы управления*, 2007, no. 5, с. 114-126.
11. Курейчик В.М., Сороколетов П.В. Модифицированная модель эволюции Шмальгаузена // *Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы*, 2008, no. 3, с. 3-17.
12. *Логические исследования Института философии РАН*. Вып. 7. Москва, Наука, 2000.
13. Лукасевич Я. *О принципе противоречия у Аристотеля. Критическое исследование*. Санкт-Петербург, ЦГИ, 2012.
14. Отчёт о работе Счётной палаты Российской Федерации в 2015 году. Доступно: <http://www.ach.gov.ru/> (дата обращения: 04.04.17).
15. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. Доступно: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 14.03.17).
16. Первозванский А.А. *Курс теории автоматического управления*. Москва, Наука, 1986.
17. Перечень государственных информационных систем. Официальные данные Министерства здравоохранения Российской Федерации. Доступно: <https://www.rosminzdrav.ru/> (дата обращения: 05.04.17).
18. Попович Л. Проблемы эффективности статистического наблюдения системы здравоохранения РФ // *Доклад на круглом столе НИУ ВШЭ «Оптимизация статистического учета и отчетности в системе здравоохранения»*, 2017.
19. Пригожин И. *От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках*. Москва, Наука, 1985.
20. Статистическая информация Министерства здравоохранения Российской Федерации. Доступно: <https://www.rosminzdrav.ru/> (дата обращения: 05.04.17).
21. Уточнённый отчёт о ходе реализации и оценке эффективности государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» за 2015 год. Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2016.

HEALTH CARE MODEL AS OPEN EVOLUTIONARY FUZZY SYSTEM

Kovalev Sergey Petrovich, Cand. Sc. (Eng.)

Sorokoletov Pavel Valerievich, Dr. Sc. (Eng.)

The Presidential Russian Academy of national economy and public administration (RANEPA), 82, pr. Vernadskogo, Moscow, Russia, 119571; e-mail: SorokoletovPV@yandex.ru

Purpose: development of a health care model, taking into account the principles of similarity of Bertalanffy, the evolution of Schmalhausen, Zade's complementarity, Williamson's economic behaviorism. *Discussion:* Russian health care statistics and advisor reports lead to different assessments of the latest reform issue. Authors suppose Regulator retreating from hard line of scientific principles of complex systems regulation, modeling the decision results before its implementation as well as control algorithm and feedback function incompleteness to be one of the mainly reason. *Results:* the article contains a theoretical approach to constructing a health care model as an open system with fuzzy states and probabilistic transitions evolving on the principle of driving selection. Authors gave a mathematical description of the model. Also the article includes examples of the use of the developed theoretical provisions in the current organizational and legal framework for regulating the health of the Russian Federation, demonstrating the potential of the developed model.

Keywords: health care system, evolutionary modeling, behavioral assumptions, open systems.

References

1. Diamond P.A., Orszag P.R. Saving Social Security: A Balanced Approach. *Brookings Institution Press*, Washington, DC, 2004, p. 287.
2. Hurwicz L. Designing Economic Mechanisms. *Cambridge University Press*, 2006.
3. OECD Health Statistics 2016. Available at: <http://stats.oecd.org/> (accessed: 12.04.17).
4. Von Bertalanffy L. The Theory of Open Systems in Physics and Biology. *Science*, 1950, pp. 23-29.
5. Williamson O.E. Behavioral Assumptions. *The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting*. N.Y., The Free Press, 1985, pp. 44-52.
6. World Health Organization Global Health Observatory. Available at: <http://apps.who.int/> (accessed: 03.03.17).
7. Doklad Ministra zdravoohranenija Rossijskoj Federacii na zasedanii Soveta pri Prezidente Rossijskoj Federacii po strategicheskomu razvitiyu i prioritetnym proektam 21.03.2017. Available at: <http://www.kremlin.ru/> (accessed: 10.04.17). (In Russ.)
8. Zade L. Rol' mjagkih vychislenij i nechetkoj logiki v ponimanii, konstruirovanii i razvitii informacionnyh intellektual'nyh sistem. *Novosti iskusstvennogo intellekta*, 2007, no. 2, pp. 7-11. (In Russ.)
9. Kovalev S.P., Sorokoletov P.V., Jashina E.R., Generalov A.V., Fuchezhi A.P. Reshenie problemy verifikacii dannyh pri jekonomiko-

- matematicheskomoj analize uchrezhdenij zdravoohranenija. *Sovremennaja jekonomika: problemy i reshenija*, 2015, no. 8 (68), pp. 16-34. (In Russ.)
10. Kurejchik V.V., Kurejchik V.M., Sorokoletov P.V. Analiz i obzor modelej jevoljucii. *Izvestija RAN. Teorija i sistemy upravlenija*, 2007, no. 5, pp. 114-126. (In Russ.)
11. Kurejchik V.M., Sorokoletov P.V. Modificirovannaja model' jevoljucii Shmal'gauzena. *Perspektivnye informacionnye tehnologii i intellektual'nye sistemy*, 2008, no. 3, pp. 3-17. (In Russ.)
12. *Logicheskie issledovanija Instituta filosofii RAN*. Vyp.7. Moscow, Nauka, 2000. (In Russ.)
13. Lukasevich Ja. *O principe protivorechija u Aristotelja. Kriticheskoe issledovanie*. Saint-Petersburg, CGI, 2012. (In Russ.)
14. Otchjot o rabote Schjotnoj palaty Rossijskoj Federacii v 2015 godu. Available at: <http://www.ach.gov.ru/> (accessed: 04.04.17). (In Russ.)
15. Oficial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki Rossijskoj Federacii. Available at: <http://www.gks.ru/> (accessed: 14.03.17). (In Russ.)
16. Pervozvanskij A.A. *Kurs teorii avtomaticheskogo upravlenija*. Moscow, Nauka, 1986. (In Russ.)
17. Perechen' gosudarstvennyh informacionnyh sistem. Oficial'nye dannye Ministerstva zdravoohranenija Rossijskoj Federacii. Available at: <https://www.rosminzdrav.ru/> (accessed: 05.04.17). (In Russ.)
18. Popovich L. Problemy jeffektivnosti statisticheskogo nabljudenija sistemy zdravoohranenija RF. *Doklad na kruglom stole NIU VShJe «Optimizacija statisticheskogo ucheta i otchetnosti v sisteme zdravoohranenija»*, 2017. (In Russ.)
19. Prigozhin I. *Ot sushhestvujushhego k vznikajushhemu. Vremja i slozhnost' v fizicheskikh naukah*. Moscow, «Nauka», 1985. (In Russ.)
20. Statisticheskaja informacija Ministerstva zdravoohranenija Rossijskoj Federacii. Available at: <https://www.rosminzdrav.ru/> (accessed: 05.04.17). (In Russ.)
21. Utochnjonnyj otchjot o hode realizacii i ocenke jeffektivnosti gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «Razvitie zdravoohranenija» za 2015 god. Ministerstvo zdravoohranenija Rossijskoj Federacii, 2016. (In Russ.)