

Верхневолжский медицинский журнал. 2024; 23(3): 23–29
Upper Volga Medical Journal. 2024; 23(3): 23–29
УДК 614.2:004

ДОКАЗАТЕЛЬНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПАЦИЕНТА В СОВЕРШЕННОЙ СИСТЕМЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Юрий Васильевич Богданов, Алексей Борисович Залетов, Ольга Сергеевна Гусева, Черневич Дмитрий Юрьевич

*Кафедра медицинской биофизики
ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь, Россия*

Аннотация. В статье предлагается содержательная биомедицинская математическая модель непрерывно текущей жизни пациента, из которой вытекает прикладная математика здоровья: математическая решетка реперов стационарных состояний пациента, решетчатая и непрерывная функции возрастного здоровья и возрастной заболеваемости пациента, отражающие количественные отношения в цифровых технологиях мониторинга здоровья и заболеваемости пациентов в системе здравоохранения и медицине.

Результаты проведенных исследований представляют интерес для широкого круга специалистов в сфере медицины, здравоохранения, биологии и могут быть использованы в инновационных направлениях совершенствования методологии и систем охраны здоровья.

Ключевые слова: медицина, здравоохранение, цифровые технологии, мониторинг

Для цитирования: Богданов Ю. В., Залетов А. Б., Гусева О. С., Черневич Д. Ю. Доказательные цифровые технологии мониторинга здоровья и заболеваемости пациента в совершенной системе здравоохранения. Верхневолжский медицинский журнал. 2024; 23(3): 23–29

EVIDENCE-BASED DIGITAL TECHNOLOGIES FOR MONITORING THE HEALTH AND MORBIDITY OF THE PATIENT AND SOCIETY IN A PERFECT HEALTHCARE SYSTEM

Yu. V. Bogdanov, A. B. Zaletov, O. S. Guseva, D. Yu. Chernevich

Tver State Medical University, Tver, Russia

Abstract. The article proposes a meaningful biomedical mathematical model of the patient's continuously ongoing life from which the applied mathematics of health follows: a mathematical lattice of reference points of the patient's stationary states, lattice and continuous functions of age-related health and age-related morbidity of the patient, reflecting quantitative relationships in digital technologies for monitoring the health and morbidity of patients in the healthcare system.

The results of the conducted research are of interest to a wide range of specialists in the field of medicine, healthcare, biology and can be used in innovative areas of improving the methodology and systems of health protection.

Key words: medicine, healthcare, digital technologies, monitoring

For citation: Bogdanov Yu. V., Zaletov A. B., Guseva O. S., Chernevich D. Yu. Evidence-based digital technologies for monitoring the health and morbidity of the patient and society in a perfect healthcare system. Upper Volga Medical Journal. 2024; 23(3): 23–29

Введение

Характерная и значимая в охране здоровья особенность совершенной системы здравоохранения [1] состоит в возможности практической реализации в системе доказательных цифровых технологий мониторинга здоровья и заболеваемости пациента как объективных жизнеопределяющих свойств его организма. Такая возможность обусловлена реализуемой в системе совершенной методологией охраны здоровья, обладающей, с гносеологических позиций философской теории познания материального мира, необ-

ходимым и достаточным признаками доказательности принимаемых решений и реализуемых действий в охране здоровья. Эти признаки по содержанию достаточно просты и, можно сказать, очевидны.

Необходимым признаком доказательности методологии является наличие в ней научно-корректных дефиниций предмета познания и его свойств. Достаточным признаком доказательности методологии является наличие в ней количественных мер свойств предмета познания. В охране здоровья и в медицине

предметом познания является организм пациента, а его исследуемые свойства — здоровье и заболеваемость. В этой связи достаточным признаком доказательности методологии охраны здоровья являются количественные меры здоровья и заболеваемости пациента.

Научно корректные дефиниции свойств здоровья и заболеваемости пациента и их метрологически обоснованные количественные меры предложены ранее [2]. Такими количественными мерами здоровья z и заболеваемости η пациента являются вероятностные, статистические показатели, определяемые отношениями вероятностей:

$$\text{здорового } z\text{-состояния пациента } P_z = \frac{\vartheta_z}{\vartheta}, \quad (1)$$

$$\text{нозо } \eta\text{-состояния заболевания пациента } P_\eta = \frac{\vartheta_\eta}{\vartheta}, \quad (2)$$

где ϑ — продолжительность интервала мониторинга здоровья и заболеваемости,

ϑ_z — продолжительность интервалов стационарного здорового z -состояния,

ϑ_η — продолжительность интервалов стационарного нозо η -состояния заболевания.

Конкретно:

- количественная мера — показатель здоровья пациента

$$z = \frac{P_z}{P_\eta}, \quad (3)$$

- количественная мера — показатель заболеваемости пациента

$$\eta = \frac{P_\eta}{P_z}, \quad (4)$$

$$P_z + P_\eta = 1. \quad (5)$$

Именно количественные меры жизнеопределяющих свойств организма пациента гарантируют доказательность цифровых технологий и совершенство методологии охраны здоровья.

Вероятностные формы (3), (4) тождественными преобразованиями приводятся к временным формам.

Учитывая (1), (2) имеем

$$z = \frac{\frac{\vartheta_z}{\vartheta}}{\frac{\vartheta_\eta}{\vartheta}} = \frac{\vartheta_z}{\vartheta_\eta}; \quad (6)$$

$$\eta = \frac{\frac{\vartheta_\eta}{\vartheta}}{\frac{\vartheta_z}{\vartheta}} = \frac{\vartheta_\eta}{\vartheta_z}; \quad (7)$$

$$\frac{\vartheta_z}{\vartheta} + \frac{\vartheta_\eta}{\vartheta} = 1$$

или $\vartheta_z + \vartheta_\eta = \vartheta. \quad (8)$

Временные формы количественных мер здоровья и заболеваемости пациента, как отношение продолжительности интервалов здоровых и нозо-состояний заболевания пациента на интервале мониторинга здоровья и заболеваемости, являются более естественными и удобными в обосновании доказательных технологий мониторинга здоровья и заболеваемости пациента.

Цель исследования: формирование прикладной математики здоровья, востребованной в исследовании и обосновании путей совершенствования методологии и системы охраны здоровья.

Материал и методы исследования

В доказательном обосновании цифровых технологий мониторинга здоровья и заболеваемости пациента будем исходить из достаточно простой по структуре, но глубокой по содержанию биомедицинской математической модели непрерывно и равномерно текущей жизни пациента.

Результаты исследование и их обсуждение

Биомедицинская математическая модель непрерывно и равномерно текущей жизни пациента. Архитектоника, «как гармоничное соединение частей, их соразмерность в едином целом» [3] биомедицинской математической модели текущей жизни пациента, вытекает непосредственно из содержательного, профессионального с позиции медицины анализа непрерывно и равномерно текущей жизни пациента и может быть представлена следующим образом.

Каждый пациент системы здравоохранения в любой произвольный момент t непрерывно текущего времени и, следовательно, в определенном возрасте $\vartheta = t_{\text{ли}} - t_p$, отсчитываемом от момента t_p рождения пациента, на протяжении всей жизни до летального исхода в момент $t_{\text{ли}}$ при возрасте $\vartheta_{\text{ли}} = t_{\text{ли}} - t_p$ может находиться в одном из двух возможных альтернативных по содержанию стационарных состояний:

- здоровом z -состоянии;
- нозо η -состоянии болезни.

Важно заметить, что в реальной жизни пациента имеют место и нестационарные переходные состояния:

- нестационарное переходное состояние z_η от стационарного здорового z -состояния к стационарному состоянию η -заболевания,
- нестационарное переходное состояние η_z от стационарного нозо η -состояния заболевания к стационарному здоровому z -состоянию.

Как показывают непосредственно жизнь и клиническая практика, продолжительности ϑ_{z_η} и ϑ_{η_z} переходных нестационарных состояний существенно меньше продолжительности ϑ_z и ϑ_η стационарных состояний пациента. В связи с этим логично рассматривать переходные состояния z_η и η_z завершающими стационарные z -здоровые и η -нозо-состояния заболевания и учитывать их продолжительность ϑ_{z_η} и ϑ_{η_z} в продолжительности ϑ_z и ϑ_η соответствующих стационарных здоровых z -состояний и нозо η -состояний болезни пациента. В продолжительности ϑ_z здорового z -состояния будем учитывать продолжительность ϑ_{z_η} переходного нестационарного η -состояния заболевания, а в продолжительности ϑ_η нозо η -состояния болезни будем учитывать продолжительность ϑ_{η_z} переходного нестационарного состояния выздоровления.

Логичность высказанных суждений подтверждает непосредственно и клиническая практика, включающая в продолжительность ϑ_η болезни продолжительность ϑ_{η_z} выздоровления пациента.

При изложенном подходе возраст пациента определяется суммой (8).

В медицине возраст ϑ пациента рассматривается как важная объективная цифровая характеристика жизни организма, отражающая рост, развитие, созревание и старение, т.е. его биологическую эволюцию [1]. С позиций математики, возраст пациента в архитектонике биомедицинской математической модели является неслучайной детерминированной величиной объективно, и притом равномерно возрастающей в масштабе реально непрерывно и равномерно возрастающего текущего времени t .

В реальной жизни именно возраст ϑ пациента ограничивает естественный максимальный по продолжительности интервал мониторинга здоровья и заболеваемости пациента и является независимой переменной – аргументом функций здоровья и заболеваемости, т.е. функций возрастного здоровья $z(\vartheta)$ (6) и возрастной заболеваемости $\eta(\vartheta)$ (7) пациента.

В отличие от возраста ϑ (8) пациента, его гармонические составляющие ϑ_z и ϑ_η в архитектонике биомедицинской модели непрерывно текущей жизни пациента являются случайными величинами. Именно в них заключена и содержится статистическая информация о фундаментальных жизнеопределяющих свойствах организма пациента – его здоровье и заболеваемости. Именно они определяют количественные меры здоровья и заболеваемости пациента, т.е. функции возрастного здоровья (6) и возрастной заболеваемости (7) пациента.

Из изложенного следует, что в биомедицинской математической модели непрерывно текущей жизни пациента его жизнь отображается дискретно возрастающей в масштабе реально непрерывно и равномерно возрастающего текущего времени t последовательностью строго чередующихся по альтернативному содержанию дискретных интервалов стационарных состояний пациента.

В архитектонике биомедицинской математической модели непрерывно текущей жизни пациента целесообразно совместить координатные оси непрерывно и равномерно текущего времени t и непрерывно и равномерно текущего возраста пациента ϑ путем совмещения начала отсчета текущего возраста пациента ϑ с моментом t_p рождения пациента на оси времени t (рис. 1).

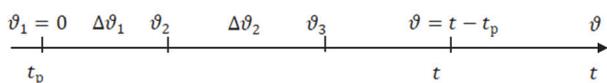


Рис. 1 Математическая модель непрерывно текущей жизни пациента

На совмещенных таким образом координатных осях непрерывно и равномерно текущего времени t и непрерывно и равномерно текущего возраста $\vartheta = t - t_p$ пациента дискретно возрастающая в масштабе реально непрерывно и равномерно возрастающего времени t последовательность строго чередующихся по альтернативному содержанию дискретных интервалов стационарных состояний пациента задается счетным, частично упорядоченным, дискретно возрастающим в масштабе реально непрерывно и равномерно текущего времени t множеством точек на оси

текущего времени t , соответствующих моментам t_i $i = 1, 2, 3...$ и, следовательно, значениям возраста $\vartheta_i = t_i - t_p$ на оси ϑ возраста пациента, смены стационарных состояний пациента (рис. 1).

В математике частично упорядоченное, дискретное, т.е. счётное множество элементов называется математической решеткой. Статистические выборки моментов t_i $i = 1, 2, 3...$ и соответствующих им значений $\vartheta_i = t_i - t_p$ возраста пациента являются математическими решетками и обладают высокой содержательностью в мониторинге здоровья и заболеваемости пациента. В связи с этим им целесообразно дать содержательное название. Мы предлагаем, по аналогии с геодезией, точки на совмещенных координатных осях текущего времени t и текущего возраста ϑ смены альтернативных стационарных состояний пациента называть реперами стационарных состояний пациента, или точнее, возрастными реперами стационарных состояний пациента. Статистическая выборка значений возраста $\vartheta_i = t_i - t_p$ $i = 1, 2, 3...$ смены альтернативных по содержанию стационарных состояний пациента является математической решеткой возрастных реперов стационарных состояний пациента.

События смены альтернативных по содержанию стационарных состояний пациента являются случайными и притом итоговым обобщенным результатом множества физиологических и психофизических процессов, протекающих в организме пациента как реакций на действия множества факторов риска жизни. Эти реакции в организме пациента разделяются по альтернативному содержанию на реакции противостояния факторам риска жизни и поддержания жизни, проявляющиеся в способности поддержания жизни, которые определяют жизнеопределяющее свойство здоровья. И реакции, в совокупности проявляющиеся в заболевании пациента, определяющие жизнеопределяющее свойство заболеваемости пациента. Именно в возрастных реперах и интервалах стационарных состояний пациента объективно отражаются и проявляются важнейшие жизнеопределяющие свойства организма пациента – его здоровье и его заболеваемость.

Математическая решётка возрастных реперов стационарных состояний пациента. Возрастной репер стационарного состояния пациента – это возраст ϑ пациента, в (при) котором происходит случайное событие смены альтернативных по содержанию интервалов стационарных состояний пациента. Это случайное событие обусловлено множеством физиологических и психофизических процессов, протекающих в организме пациента. Оно является итоговым обобщённым результатом этих процессов как физиологических и психофизических реакций организма на действие случайных факторов риска жизни. Вполне естественно, что в этих случайных событиях смены альтернативных по содержанию стационарных состояний пациента проявляются и отражаются жизнеопределяющие свойства организма пациента – его здоровье и заболеваемость. В этой связи именно возрастные реперы стационарных состояний пациента являются первичной основопола-

гающий сущностью, т.е. монадой в архитектонике биомедицинской математически модели текущей жизни пациента. Возрастные реперы стационарных состояний определяют возрастные границы альтернативных по содержанию интервалов стационарных состояний пациента. При этом репером здорового z -состояния заканчивается интервал стационарного нозо η -состояния болезни и начинается интервал стационарного здорового z -состояния пациента, который заканчивается очередным репером нозо η -состояния болезни пациента и так далее. На совмещённых координатных осях текущего времени t и текущего возраста ϑ пациента множество возрастных реперов стационарных состояний пациента отображается счётным частично упорядоченным множеством дискретных значений возраста пациента, в (при) котором происходит случайное событие смены альтернативных по содержанию интервалов стационарных состояний пациента, т.е. математической решеткой возрастных реперов стационарных состояний пациента.

На совмещённых координатных осях непрерывно равномерно текущего времени t и текущего возраста ϑ пациента математическая решетка возрастных реперов альтернативных по содержанию интервалов стационарных состояний пациента отображается счетным множеством точек, соответствующих моментам текущего времени t_i $i = 1, 2, 3...$ и значениям возраста $\vartheta_i = t_i - t_p$ $i = 1, 2, 3...$ смены альтернативных по содержанию интервалов $i = 1, 2, 3...$ стационарных состояний пациента. Таким образом возникает естественная порядковая нумерация возрастных реперов и интервалов стационарных состояний пациента начиная с первого в момент $t_p = t_1$: $\vartheta_1 = t_1 - t_p = 0$; рождения пациента и далее по порядку $\vartheta_2 = t_2 - t_p$; $\vartheta_3 = t_3 - t_p$... $\vartheta_i = t_i - t_p$ на всей протяженности $\vartheta_{ж} = t_{ли} - t_1$ жизни до момента $t_{ли}$ летального исхода при возрасте $\vartheta_{ж} = \vartheta_{ли} = t_{ли} - t_1 = t_{ли} - t_p$, определяющим продолжительность жизни. Возрастные реперы альтернативных по содержанию стационарных состояний пациента должны быть своевременно и качественно диагностированы. Диагностированные возрастные реперы стационарных состояний являются апостериорными, т.е. полученными непосредственно по результатам мониторинга здоровья и заболеваемости пациента и, следовательно, могут быть диагностированы только в прошедшей жизни пациента. Возможные реперы стационарных состояний в будущей жизни пациента, т.е. априорные реперы, могут быть спрогнозированы по апостериорной статистической информации, содержащейся в математической решетке возрастных реперов в прошедшей жизни пациента, т.е. математической решетке апостериорных возрастных реперов стационарных состояний пациента. Возможные ошибки диагностики апостериорных и прогноза априорных реперов стационарных состояний обуславливают отклонения апостериорных от априорных реперов. Степень совпадения апостериорных и априорных реперов стационарных состояний пациента характеризует качество мониторинга здоровья и заболеваемости пациента, его точность.

Решетчатые функции возрастного здоровья и возрастной заболеваемости пациента. В математике определенные на математической решетке функции называются решетчатыми функциями. Функции здоровья и заболеваемости пациента, определенные на математической решетке возрастных реперов стационарных состояний пациента, являются решетчатыми функциями возрастного здоровья и возрастной заболеваемости пациента. Как и возраст пациента, решетчатые функции здоровья и заболеваемости являются содержательными цифровыми характеристиками организма пациента, отражающими его рост, развитие, созревание и старение, т.е. его биологическую эволюцию.

Известные и широко используемые в математике способы задания, т.е. определения функции — аналитический, табличный и графический, применимы и к решетчатым функциям.

Аналитический способ определения решетчатых функций возрастного здоровья $z(\vartheta)$ и возрастной заболеваемости $\eta(\vartheta)$ пациента вытекает непосредственно из определения количественных мер (1), (2), (3), (4) жизнеопределяющих свойств организма пациента: его здоровья и заболеваемости. Однако в явной форме выразить количественные отношения в функциях возрастного здоровья и возрастной заболеваемости пациента не представляется возможным ввиду сложной зависимости показателей здоровья и заболеваемости от возраста пациента. В связи с этим возникает необходимость использовать менее наглядную и неявную форму определения сложных функций. В неявной аналитической форме решетчатые функции возрастного здоровья и возрастной заболеваемости задаются и определяются системой равенств

$$z(\vartheta_i) = \frac{\vartheta_{z_i}}{\vartheta_{\eta_i}}; \quad (9)$$

$$\eta(\vartheta) = \frac{\vartheta_{\eta_i}}{\vartheta_{z_i}} \quad (10)$$

$$\vartheta_{z_i} + \vartheta_{\eta_i} = \vartheta_i, i = 1, 2, 3... \quad (11)$$

где:

- ϑ_i диагностированный, т.е. апостериорный возрастной репер i -го стационарного состояния пациента,
- ϑ_{z_i} суммарная продолжительность здоровых состояний пациента в его прошедшей жизни до i -го диагностированного т.е. апостериорного возрастного репера стационарного состояния,
- ϑ_{η_i} суммарная продолжительность нозо-состояний заболевания пациента в его прошедшей жизни до i -го диагностированного т.е. апостериорного возрастного репера стационарного состояния.

При анализе количественных отношений в математике предпочитают пользоваться аналитической формой представления функций. Однако эта форма предполагает определенный уровень математической подготовки и не обладает в приложениях желаемой наглядностью. В этой связи в приложениях математики, в том числе в медицине и охране здоровья, широко используются табличный и графический

Таблица 1. Решётчатые функции возрастного здоровья и возрастной заболеваемости пациента

Table 1. Lattice functions of age-related health $z(\vartheta_i)$ and age-related morbidity $\eta(\vartheta_i)$ of the patient

Порядковый номер возрастного репера		1	2	3			$i-1$	i	$i+1$				$?-2$	$?-1$	$?$
Момент смены альтернативных состояний	t_i	t_1	t_2	t_3			t_{i-1}	t_i	t_{i+1}					$t_{?-1}$	$t_{ли} = t_?$
Возрастной репер стационарных состояний	ϑ_i	ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3			ϑ_{i-1}	ϑ_i	ϑ_{i+1}						$\vartheta_{ли} = \vartheta_?$
Продолжительность стационарного состояния	$\Delta\vartheta_i$	$\Delta\vartheta_1$	$\Delta\vartheta_2$	$\Delta\vartheta_3$			$\Delta\vartheta_{i-1}$	$\Delta\vartheta_i$	$\Delta\vartheta_{i+1}$						$\Delta\vartheta_{ли} = \infty$
Продолжительность здорового состояния	ϑ_{z_i}						$\vartheta_{z_{i-1}}$	ϑ_{z_i}	$\vartheta_{z_{i+1}}$						$\vartheta_{z_{ли}}$
Продолжительность нозо состояния	ϑ_{η_i}						$\vartheta_{\eta_{i-1}}$	ϑ_{η_i}	$\vartheta_{\eta_{i+1}}$						$\vartheta_{\eta_{ли}}$
Решетчатая функция возрастного здоровья	$z(\vartheta_i)$						$z(\vartheta_{i-1})$	$z(\vartheta_i)$	$z(\vartheta_{i+1})$						$z(\vartheta_{ли})$
Решетчатая функция возрастной заболеваемости	$\eta(\vartheta_i)$						$\eta(\vartheta_{i-1})$	$\eta(\vartheta_i)$	$\eta(\vartheta_{i+1})$						$\eta(\vartheta_{ли})$

кий способ представления функций. Применительно к решётчатым функциям эти способы адекватны особенностям решётчатых функции и вполне, т.е. достаточно, наглядны, особенно графическая иллюстрация функций. Уважая и следуя традициям медицины и здравоохранения, воспользуемся табличным способом представления решётчатых функций. С этой целью построим и рассчитаем таблицу 1 решётчатых функций возрастного здоровья $z(\vartheta_i)$ и возрастной заболеваемости $\eta(\vartheta_i)$ пациента.

В архитектонике таблицы 1 предусмотрено 8 строк — по числу операций в расчетах решётчатых функций здоровья и заболеваемости пациента. Число столбцов в таблице 1 — случайно и определяется только при достижении возраста $\vartheta_{ли}$ летального исхода пациента. Каждый i -й столбец таблицы 1 соответствует i -му апостериорному, т.е. диагностированному возрастному реперу стационарного состояния пациента. В i -ом столбце таблицы выполняются построчно расчеты значений $z(\vartheta_i)$, $\eta(\vartheta_i)$ решётчатых функций возрастного здоровья $z(\vartheta_i)$ и возрастной заболеваемости $\eta(\vartheta_i)$ пациента. Расчеты и заполнение таблицы 1 осуществляются в масштабе реального непрерывно текущего времени при диагностике очередного возрастного репера ϑ_i ; $i = 1, 2, 3, \dots$ стационарного состояния пациента.

Непрерывные функции возрастного здоровья и возрастной заболеваемости пациента. Функции возрастного здоровья $z(\vartheta)$ и возрастной заболеваемости $\eta(\vartheta)$ как зависимости цифровых показателей здоровья z и заболеваемости η пациента от его возраста адекватны понятию непрерывности функции в математическом анализе. Они являются непрерывными функциями возраста ϑ пациента. Свойство непрерывности они сохраняют на всем интервале продолжительности жизни от рождения $\vartheta = 0$ до летального исхода $\vartheta_{ли}$, в том числе и в особых точках возрастных реперов стационарных состояний пациента.

Особый статус возрастных реперов стационарных состояний пациента обусловлен тем, что в них непрерывные функции возрастного здоровья $z(\vartheta)$

и возрастной заболеваемости $\eta(\vartheta)$ проходят через решётчатые функции и при этом:

- 1) претерпевают излом и, следовательно,
- 2) не имеют производной, т.е. утрачивают дифференцируемость,
- 3) достигают экстремальных значений, равных значениям решётчатых функций.

Для доказательства высказанных утверждений воспользуемся свойством дифференцируемости функций. Неявно заданные соотношениями [(6), (7), (8)] непрерывные функции возрастного здоровья и возрастной заболеваемости имеют производную на всем интервале продолжительности жизни, кроме особых точек возрастных реперов стационарных состояний пациента. В окрестностях слева и справа от реперов стационарного состояния пациента они имеют односторонние слева и справа производные, т.е. левостороннюю и правостороннюю производные, обладающие глубоким биомедицинским прикладным содержанием.

Заметим, что при исчислении бесконечно малых величин в статистической динамике охраны здоровья и контроля заболеваемости и, в частности, при вычислении дифференциалов переменных и, следовательно, при дифференцировании, необходимо учитывать важное обстоятельство, вытекающее из архитектоники принятой биомедицинской математической модели. Это обстоятельство состоит в том, что дифференциал $d\vartheta$ независимой переменной, т.е. возраста ϑ пациента, определяется дифференциалом $d\vartheta_z$ на интервале стационарного здорового z -состояния пациента, так как на этом интервале продолжительность ϑ_η нозо η -состояния болезни остается постоянной $\vartheta_\eta = const$. В связи с этим имеем $d\vartheta = d(\vartheta_z + \vartheta_\eta) = d\vartheta_z$, и, следовательно, на интервале стационарного здорового состояния имеем $\frac{dz(\vartheta)}{d\vartheta} = \frac{dz(\vartheta)}{d\vartheta_z}$.

На интервале нозо η -состояния болезни изменяется продолжительность ϑ_η нозо η -состояния болезни, а продолжительность ϑ_z стационарного здорового

го z -состояния в прошлой жизни пациента остаётся постоянной. В связи с этим на интервале стационарно-го нозо-состояния болезни имеем $d\vartheta = d(\vartheta_z + \vartheta_\eta) = d\vartheta_\eta$ и, как следствие, $\frac{dz(\vartheta)}{d\vartheta} = \frac{dz(\vartheta)}{d\vartheta_\eta}$.

С учетом изложенного обстоятельства вычислим производные непрерывных функций возрастного здоровья и возрастной заболеваемости на альтернативных по содержанию интервалах стационарных состояний пациента.

На интервале стационарного здорового z -состояния пациента

$$\frac{dz(\vartheta)}{d\vartheta} = \frac{d}{d\vartheta_z} \left(\frac{\vartheta_z}{\vartheta_\eta} \right) = \frac{1}{\vartheta_\eta}; \quad \frac{d\eta(\vartheta)}{d\vartheta} = \frac{d}{d\vartheta_z} \left(\frac{\vartheta_\eta}{\vartheta_z} \right) = -\frac{\vartheta_\eta}{\vartheta_z^2}$$

На интервале стационарного нозо-состояния болезни имеем

$$\frac{dz(\vartheta)}{d\vartheta} = \frac{d}{d\vartheta_\eta} \left(\frac{\vartheta_z}{\vartheta_\eta} \right) = -\frac{\vartheta_z}{\vartheta_\eta^2}; \quad \frac{d\eta(\vartheta)}{d\vartheta} = \frac{d}{d\vartheta_\eta} \left(\frac{\vartheta_\eta}{\vartheta_z} \right) = \frac{1}{\vartheta_z}$$

Первая производная непрерывной функции возрастного здоровья по возрасту пациента на интервалах стационарного здорового z -состояния положительна и постоянна по величине. Следовательно, на всех интервалах стационарного здорового z -состояния пациента непрерывная функция возрастного здоровья возрастает и притом линейно, т.е. с постоянной скоростью, равной обратной величине продолжительности пребывания пациента в нозо η -состояниях болезни в прошедшей жизни.

Первая производная непрерывной функции возрастного здоровья по возрасту пациента на интервалах стационарного нозо η -состояния болезни отрицательна и убывает по величине. Следовательно, на всех интервалах стационарного нозо η -состояния болезни непрерывная функция возрастного здоровья убывает с убывающей скоростью, т.е. гиперболически.

Первая производная непрерывной функции возрастной заболеваемости по возрасту пациента на интервалах стационарного здорового z -состояния отрицательна и убывает по величине. Следовательно, на всех интервалах стационарного здорового состояния непрерывная функция возрастной заболеваемости убывает с убывающей скоростью, т.е. гиперболически.

Первая производная непрерывной функции возрастной заболеваемости по возрасту пациента на интервалах стационарного нозо η -состояния положительна и постоянна по величине. Следовательно, на всех интервалах стационарного нозо η -состояния пациента непрерывная функция возрастной заболеваемости возрастает и притом линейно, т.е. с постоянной скоростью, равной обратной величине продолжительности пребывания пациента в здоровом z -состоянии в прошедшей жизни.

Выявленные характерные особенности изменения непрерывных функций возрастного здоровья и возрастной заболеваемости наглядно иллюстрируются на рис. 2.

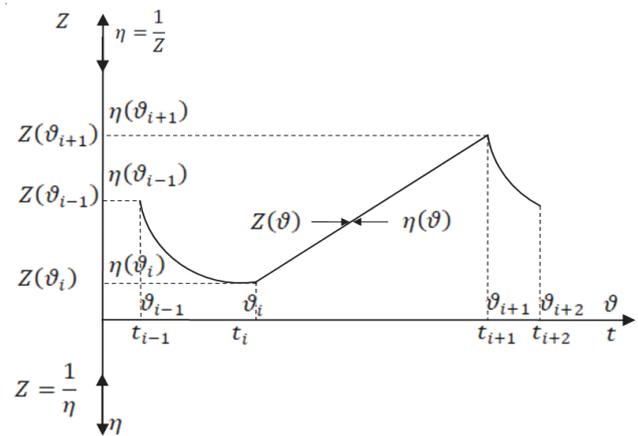


Рис. 2. Фрагмент триограммы $(z(\vartheta), \eta(\vartheta), \vartheta)$

Fig. 2. Triogram fragment $(z(\vartheta), \eta(\vartheta), \vartheta)$

На рис. 2. представлен фрагмент совмещенных координатных осей равномерно текущего времени t и равномерно текущего возраста ϑ пациента протяжённостью в три интервала стационарных состояний пациента. Для определенности средний интервал принят за интервал стационарного здорового z -состояния. В этом случае оба крайних интервала, в силу принципа альтернативности смежных интервалов стационарных состояний пациента, являются по содержанию интервалами стационарных нозо η -состояний заболеваний пациента. На рис. 2 совмещены и вертикальные оси возрастного здоровья и возрастной заболеваемости, направленные альтернативно. Такое совмещение вертикальных осей z и η возможно ввиду взаимнообратности величин $z \cdot \eta = 1$. Но при этом шкалы отсчёта на осях не совмещаются. Если по одной из осей шкала отсчета равномерная, т.е. пропорциональная, то по второй оси шкала отсчета не равномерная, а гиперболическая. На рис. 2 равномерной принята шкала отсчета по оси z возрастного здоровья. В этом случае шкала отсчета по оси возрастной заболеваемости η является гиперболической. При таком совмещении координатных осей при различных шкалах отсчета по осям зависимость двух взаимнообратных величин отображается одним графиком. Этот график является триограммой непрерывных функций возрастного здоровья $z(\vartheta)$ и возрастной заболеваемости $\eta(\vartheta)$ возрастного здоровья и возрастной заболеваемости на рис. 2 отображает количественные отношения трёх переменных z, ϑ, η .

Заключение

Необходимая и достаточная информация для доказательного обоснования цифровых технологий мониторинга здоровья и заболеваемости содержится в математической решетке возрастных реперов стационарных альтернативных по содержанию состояний пациентов. Итоговым результатом мониторинга здоровья и заболеваемости пациентов являются непрерывные функции возрастного здоровья и заболеваемости пациентов. Указанные функции обладают глубоким прикладным биомедицинским содержанием. Непрерывные функции возрастного здоровья и возрастной заболеваемости пациента

характеризуют отношение вероятностей и (или) продолжительностей пребывания в альтернативных по содержанию стационарных состояниях пациента на интервале его текущего возраста. В связи с этим непрерывные функции здоровья и заболеваемости пациентов являются содержательными биомедицинскими характеристиками пациентов и могут быть использованы в обоснованиях решений при решении широкого круга социальных задач в жизнедеятельности общества.

Цифровые технологии мониторинга здоровья и заболеваемости пациента целесообразно внедрять в практическое здравоохранение. Цифровые технологии мониторинга здоровья и заболеваемости выводят практическое здравоохранение на уровень доказательности принимаемых решений и осуществляемых действий в охране здоровья.

Список источников

1. Богданов Ю.В., Залетов А.Б., Гусева О.С., Черневич Д.Ю. Совершенная система охраны здоровья и пути обеспечения качества решения задач по охране здоровья. Верхневолжский медицинский журнал. 2023; 22(2): 37-43.
2. Богданов Ю.В., Залетов А.Б., Гусева О.С. Введение в статистическую динамику охраны здоровья в системе здравоохранения. Вестник ТвГУ. Серия: Прикладная математика. 2020; 2: 72–89.
3. Новейший большой толковый словарь русского языка / гл. ред. С. А. Кузнецов. Санкт-Петербург: Норинт; Москва: Рипол классик. 2008 : 1534.

Залетов Алексей Борисович (контактное лицо) – к.ф.-м.н., доцент кафедры медицинской биофизики ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России; 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4; s011637@yandex.ru

Поступила в редакцию / The article received 04.03.2024.

Принята к публикации / Was accepted for publication 02.09.2024.