

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

© Дьякович М.П., Финогенко И.А., 2023

<https://doi.org/10.20310/2686-9667-2023-28-143-245-255>

УДК 519.816, 614, 316.728



Динамические суждения о связанном со здоровьем качестве жизни на основе метода анализа иерархий

Марина Пинхасовна ДЬЯКОВИЧ^{1,2}, Иван Анатольевич ФИНОГЕНКО³

¹ ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

665835, Российская Федерация, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60

² ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований СО РАН»

665826, Российская Федерация, г. Ангарск, 12а микрорайон, 3

³ ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН»

664033, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134

Аннотация. Разрабатывается метод исследования динамики основных критериев, связанных со здоровьем качества жизни (СЗКЖ), основанный на методе анализа иерархий (МАИ) Т. Саати. Предполагается, что по существующим специфическим и неспецифическим опросникам с течением времени меняются оценки шкал (критериев) СЗКЖ, что приводит и к изменению степени их влияния друг на друга. Это, в свою очередь, меняет интегральные показатели СЗКЖ. Возникает необходимость рассматривать таблицы динамических суждений на основе МАИ с использованием различных классов функций времени, исходя из специфики задачи и критериев СЗКЖ. В работе предлагается новая методика оценок СЗКЖ с учетом динамики основных характеристик МАИ.

Ключевые слова: связанное со здоровьем качество жизни, метод анализа иерархий, динамические суждения, матрица парных сравнений, векторная функция приоритетов

Для цитирования: Дьякович М.П., Финогенко И.А. Динамические суждения о связанном со здоровьем качестве жизни на основе метода анализа иерархий // Вестник российских университетов. Математика. 2023. Т. 28. № 143. С. 245–255.

<https://doi.org/10.20310/2686-9667-2023-28-143-245-255>

SCIENTIFIC ARTICLE

© М. П. Dyakovich, I. A. Finogenko, 2023

<https://doi.org/10.20310/2686-9667-2023-28-143-245-255>

Dynamic evaluation of criteria of the health-related quality of life on the base of the hierarchies analysis method

Marina P. DYAKOVICH^{1,2}, Ivan A. FINOGENKO³

¹ Angarsk State Technical University

60 Tchaikovsky St., Angarsk 665835, Russian Federation

² East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research SB RAS

3, 12a microdistrict, Angarsk 665826, Russian Federation

³ V. M. Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS

134 Lermontov St., Irkutsk 664033, Russian Federation

Abstract. A method for studying the dynamics of the main criteria of the health-related quality of life (HRQoL), based on the hierarchies analysis method (HAM) of T. Saaty is being developed. It is assumed that the assessments of HRQoL scales (criteria) according to existing specific and non-specific questionnaires change over time, which also leads to a change in the degree of their influence on each other. This, in turn, changes the integral indicators of HRQoL. There is a need to work with tables of dynamic judgments based on HAM using different classes of time functions, considering the specifics of the task and HRQoL criteria. The paper proposes a new methodology for estimating HRQoL, taking into account the dynamics of the main characteristics of HAM.

Keywords: health-related quality of life, hierarchies analysis method, dynamic judgments, pairwise comparison matrix, vector function of priorities

Mathematics Subject Classification: 93-10

For citation: Dyakovich M.P., Finogenko I.A. Dynamic evaluation of criteria of the health-related quality of life on the base of the hierarchies analysis method. *Vestnik Rossiyskikh Universitetov. Matematika = Russian Universities Reports. Mathematics*, **28**:143 (2023), 245–255. <https://doi.org/10.20310/2686-9667-2023-28-143-245-255> (In Russian, Abstr. in Engl.)

Проблема изучения динамики связанного со здоровьем качества жизни

В Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, которая определяет цели и задачи государственной политики в области обеспечения национальной безопасности и устойчивого развития страны на долгосрочную перспективу, достойное качество жизни является одним из ее важнейших компонентов [1]. В этой связи изучение качества жизни населения и вопросы его измерения являются одними из наиболее актуальных. Качество жизни представляет собой набор разнородных и многомерных критериев, которые определяются зачастую эмоциональным состоянием человека, и главным здесь является здоровье человека.

Проблеме анализа связанного со здоровьем качества жизни (СЗКЖ) посвящено большое количество работ, существует и множество методик его определения. Наиболее информативным является исследование СЗКЖ в комплексе объективных и субъективных параметров, изменяющихся во времени, поскольку установки определенного субъекта не являются постоянными: они меняются со временем и опытом, связаны с адаптацией, совладанием, оптимизмом, самоконтролем и самооценкой [2]. Оценка СЗКЖ предусматривает сравнение значений параметров во временном (преимущественно ретроспективном) или в пространственном (межтерриториальном или межгрупповом) аспекте. Интегральный индекс качества жизни характеризует статическое состояние определенных субъектов в определенный момент времени и отражает динамику измерения СЗКЖ. Это обуславливает необходимость создания адекватных математических алгоритмов и программных средств, которые позволят по ряду критериев оценивать динамику СЗКЖ, а не только рассчитывать отдельные статистические показатели.

Исследование динамики СЗКЖ человека по существующим специфическим и неспецифическим опросникам включает то, как с течением времени меняются различные настроения, симптомы и другие сферы СЗКЖ, как они влияют друг на друга. Этим вопросам посвящено много работ специалистов медицинского профиля, рассматривающих динамику СЗКЖ у пациентов как сравнение параметров шкал СЗКЖ в двух временных точках «до» и «после лечения/реабилитации» в терминах «выше» и «ниже». При этом используются в лучшем случае t -критерий Стьюдента для определения достоверности различий между средними значениями для двух связанных/несвязанных выборок или непараметрический критерий сравнения Уилкоксона–Манна–Уитни [3–5].

Нами выявлено лишь незначительное количество работ в интересующей нас области, использующих современный аппарат математической статистики. Так, в работе [6] проведен анализ изменений СЗКЖ у пациентов до операции, через 3 мес. и 12 мес. после нее с использованием обобщенных уравнений оценки (GEE). Этот метод позволил получить скорректированные средние показатели СЗКЖ по отдельным шкалам опросника SF-36 с учетом возможного влияния пола, возраста и исходного СЗКЖ на динамику показателей.

Для определения согласованности и ситуационной изменчивости индивидуальных различий параметров СЗКЖ во времени в [7] была использована модель латентных признаков состояния (LST) с четырьмя доменами СЗКЖ, измеряющими латентный признак неоднократно в течение шести месяцев с задержкой по трем переменным латентного состояния. Эта модель может фиксировать длительные и систематические изменения в конкретной переменной в течение длительного периода времени.

Подобный многофакторный подход к моделированию LST обеспечивает надежные оценки изменений с течением времени [8]. СЗКЖ представляется как сеть причинно-взаимодействующих переменных, поэтому, оценивая сетевые модели по данным, полученным методом выборки опыта (ESM), можно выявить потенциальные динамические взаимосвязи между наблюдаемыми переменными [9].

Доступные нам работы касаются особенностей многолетней динамики СЗКЖ у пациентов, либо сравнения параметров СЗКЖ в зависимости от времени на популяционном уровне с использованием интегральных показателей [10]. Использование метода анализа иерархий (МАИ) для интеграции показателей СЗКЖ и структурное моделирование позволило авторам выявить и явные, и латентные взаимосвязи между различными блоками СЗКЖ [11, 12].

Ученые из Нидерландов [13] предложили определять траектории СЗКЖ от двух месяцев до одного года после инсульта с использованием моделирования смеси скрытых переменных (Latent class growth mixture modeling) и определять факторы, связанные с принадлежностью к траектории полиномиального регрессионного анализа.

Для определения однородных субпопуляций, отличающихся временными траекториями СЗКЖ, по мнению [14], уместно рассматривать параметры СЗКЖ не как непрерывные, а как порядковые переменные для применения смеси кумулятивных моделей со случайным эффектом.

Можно заметить, что суждения о качестве любого объекта субъективны и могут меняться в соответствии с различными ситуациями, которые в свою очередь зависят от времени. В системно-динамических моделях общая картина СЗКЖ должна рассматриваться во времени, что может помочь управлению компонентами СЗКЖ на основе применения сценарного подхода к моделированию.

Несмотря на значительное количество исследований по СЗКЖ пациентов, а также на попытки оценить СЗКЖ отдельных популяций населения, в настоящее время недостаточно разработан такой важный аспект, как анализ динамических характеристик показателей, формирующих его интегральную оценку. Наша цель — разработать методику и дать обоснование построения динамических оценок для сравнения шкал (критериев) СЗКЖ с использованием основных вычислительных процедур МАИ.

1. Общие проблемы исследования СЗКЖ и построения интегральных показателей

Проблемы исследования СЗКЖ связаны с многомерностью составляющих его шкал и их разнородностью. Часто исследователи сталкиваются с задачей сравнения СЗКЖ у одного индивида с течением времени или у различных групп индивидов в один и тот же момент времени. Использование векторных критериев оценки СЗКЖ неизбежно приводит к появлению несравнимых состояний. Поэтому для оценки и сравнения СЗКЖ первым шагом является перевод информации о СЗКЖ из качественной в количественную, а затем дальнейший анализ и использование численных показателей СЗКЖ. Метод анализа иерархий Т. Саати [15] позволяет это делать и получать набор оценок каждого критерия числами, которые образуют вектор приоритетов шкал СЗКЖ.

В наших исследованиях мы опираемся на структурную модель СЗКЖ, на основе информации, собранной по неспецифическому опроснику SF-36 (The Short Form-36). Модель, описанная в [12], была построена с помощью МАИ.

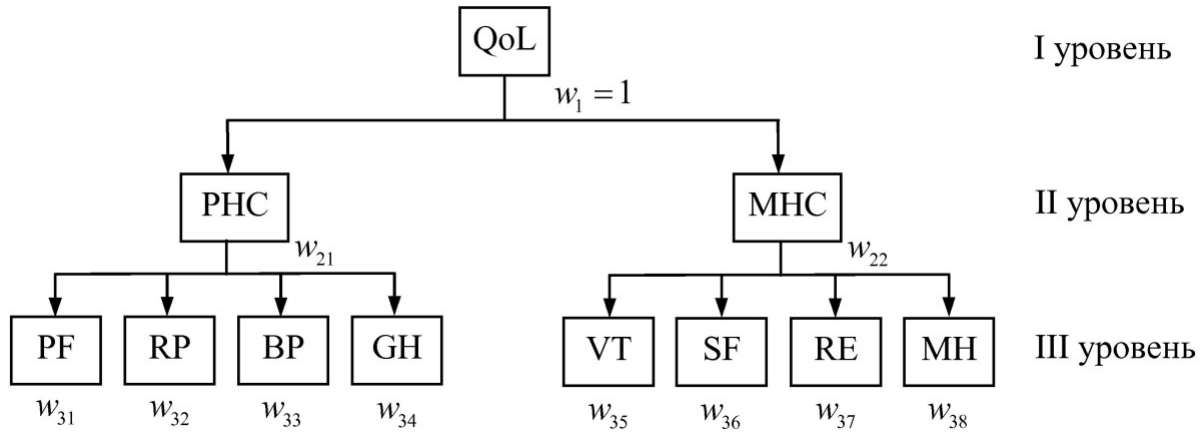


Рис. 1. Иерархическая модель СЗКЖ

Здесь приняты следующие обозначения: PNC — физический компонент здоровья, PF — физическое функционирование; RP — ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием; BP — интенсивность боли; GH — общее состояние здоровья; MHC — психологический компонент здоровья; MH — психическое здоровье; RE — ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием; SF — социальное функционирование; VT — жизненная активность; QoL — СЗКЖ.

Скаляризация векторных критериев решает проблему несравнимости. Интегральный показатель получаем, как некоторую усредненную характеристику состояния объекта, которым является СЗКЖ. Вначале строится линейная свертка

$$J(w, x) = w_{21} \sum_{i=1}^4 w_{3i} x_{3i} + w_{22} \sum_{i=5}^8 w_{3i} x_{3i}, \quad (1.1)$$

где $x = (x_{31}, \dots, x_{38})$ — вектор нижнего уровня иерархии СЗКЖ из рис. 1, представляющий результаты анкетирования (показатели) в баллах от 0 до 100 для шкал опросника на третьем уровне иерархии. Векторы приоритетов $w_2 = (w_{21}, w_{28})$, $w_3 = (w_{31}, \dots, w_{38})$, построенные с использованием МАИ, рассматриваются, как векторы весовых коэффициентов вложенной линейной свертки (1.1). После нормирования получаем интегральный показатель

$$I(w, x) = J(w, x)/100. \quad (1.2)$$

Очевидно, что $0 \leq I(w, x) \leq 1$ и $I(w, x)$ тем ближе к 1, чем выше значения x_{3i} . Максимум, равный 1, достигается при $x_{3i} = 100$ для всех $i = 1, \dots, 8$.

Интегральный показатель может также служить механизмом обратной связи между субъектами, принимающими решения для улучшения показателя СЗКЖ, и самим объектом управления. Интересна динамика этого показателя. Если $I(w, x)$ рассматривать как целевую функцию, оптимальный путь достижения максимума представляется как быстрое достижение интегральным показателем своего наибольшего значения из определенного начального состояния. Процедура оптимального улучшения показателя СЗКЖ до максимального, при котором все показатели 3-го уровня иерархии принимают значения в баллах, равные 100, следующая. Любая функция векторного аргумента в направлении градиента растет быстрее всего. Поэтому из текущего состояния вектора показателей следует двигаться в направлении градиента функции $J(w, x)$, который представляет собой

вектор весовых коэффициентов. Таким образом, для наибоыстрейшего улучшения СЗКЖ для каждого человека показатели восьми составляющих шкал опросника SF-36 должны изменяться пропорционально своим весовым коэффициентам.

Проблему выбора весовых коэффициентов решает МАИ. Для случая динамических суждений о критериях СЗКЖ они становятся функциями времени. Тогда интегральный показатель также становится функцией времени, и вопрос его оптимизации становится отдельной задачей, которую мы в данной статье не рассматриваем.

2. Динамические суждения МАИ

С математической точки зрения структурная модель (рис. 1) — это граф-дерево, в котором элементы СЗКЖ, как системы, распределены по уровням. Качественные суждения экспертов, полученные на основе парных сравнений критериев СЗКЖ, преобразуются в количественные. Для достижения этой цели на каждом уровне составляются квадратные матрицы парных сравнений. На втором уровне это будет 2×2 матрица, и на третьем уровне — две матрицы 4×4 . Вектор весовых коэффициентов (вектор приоритетов) является решением линейного уравнения

$$Aw = \lambda_{max}w, \quad (2.1)$$

где λ_{max} — наибольшее собственное значение матрицы парных сравнений A , которое для обратно симметричных матриц не превышает ее размерности. Поэтому отклонение λ_{max} от размерности матрицы служит мерой ее согласованности. Собственное число λ_{max} и собственный вектор матрицы (решение уравнения (2.1)) находятся методами линейной алгебры.

Мы исходим из того, что суждения могут меняться в соответствии с различными ситуациями с течением времени и, тем самым, формировать зависящую от времени матрицу парных сравнений. Но тогда будут меняться и собственное число λ_{max} этой матрицы, и вектор приоритетов. Таким образом, мы приходим к необходимости решения уравнения

$$A(t)w(t) = \lambda_{max}(t)w(t). \quad (2.2)$$

Но прежде, чем перейти к уравнению (2.2), необходимо внести изменения в шкалу сравнения критериев СЗКЖ, т. е. нужно иметь возможность в матрицу парных сравнений записывать функции времени, сохраняя для них диапазон границ от 1 до 9. Этот диапазон обусловлен возможным количеством сравниваемых критериев, которое не должно превосходить 7 ± 2 элементов. Использовать этот предел, исходя из психологических возможностей эксперта, рекомендует автор МАИ [15]. В то же время разработан математический аппарат, позволяющий определять количественные значения критерия размерности множеств альтернатив в экспертных оценках, проводимых методом парных сравнений, в разных ситуациях [16].

Итак, необходимо вводить в рассмотрение функции времени, которые должны отражать представления экспертов о динамике исследуемого объекта, основанные на каких либо статистических данных, интуиции, аналогиях и т. п. В этой ситуации представляется разумным выделять классы функций, описывающие динамику процессов. Они могут классифицироваться как постоянные, возрастающие, убывающие, колебательные и т. д. Некоторые классы функций и связанный с ними характер изменения динамических суждений об исследуемом объекте представлены в таблице [15, с. 90]. Отметим, что эта таблица не может исчерпывать всех возможных вариантов изменения значений шкал СЗКЖ.

Функции, описывающие эти изменения, всякий раз подлежат определению, а формулы динамики в МАИ могут быть записаны, вообще говоря, для любой функции, зависящей от переменной t .

Следующее наше замечание связано с тем, что в уравнении (2.2) желательно получить зависимость максимального собственного значения $\lambda_{max}(t)$ и собственного вектора $w(t)$ матрицы $A(t)$ в явной аналитической форме. Только это позволит проследить динамику развития вектора приоритетов СЗКЖ во взаимосвязи с изменениями матрицы парных сравнения. Здесь можно отметить, что собственные значения любой матрицы размерности $n \times n$ являются решения алгебраического уравнения n -го порядка. Известно, что в квадратурах такое уравнение можно решить только для $n \leq 4$, а для более высоких порядков следует применять приближенные методы решения. Поэтому в общей ситуации переход к динамическим суждениям в МАИ создает дополнительные трудности исследований СЗКЖ. Но имеется возможность построения графиков для компонент вектора приоритетов, что делает сравнительный анализ критериев СЗКЖ наглядным.

Здесь мы запишем формулы МАИ [15, раздел 5.4] для матрицы 2×2 , которые будут использованы дальше в иллюстративном примере динамики шкал «физический компонент» и «психологический компонент» СЗКЖ на втором уровне иерархии (рис. 1). Мы должны построить матрицу парных сравнений 2-го порядка, и сравнению между собой подлежат критерии РНС и МНС.

Пусть для описания динамики суждений выбрана некоторая функция $a(t)$. Для этого случая $\lambda_{max}(t) \equiv 2$ и, учитывая обратную симметричность матрицы парных сравнений, уравнение (1.2) записывается в виде

$$\begin{aligned} w_1(t) + a(t)w_2(t) &= 2w_1(t), \\ w_1(t)/a(t) + w_2(t) &= 2w_2(t). \end{aligned} \quad (2.3)$$

Тогда из первого уравнения получаем $w_1(t) = a(t)w_2(t)$. Полагая, например, $w_2(t) = 1$, получаем $w_1(t) = a(t)$. Вектором приоритетов будет вектор $w(t) = (w_1(t), w_2(t))$, определенный из уравнения (2.3) после нормализации. Нормализация применяется для наглядности, т. к. степень важности (весовые коэффициенты) критериев удобно рассматривать в диапазоне от 0 до 1. Для уравнений (2.3) вектор приоритетов запишется в виде $w(t)/(a(t) + 1)$. Выбор функции зависит от конкретной задачи.

Весь период жизни человека разобьем на периоды. Эта операция, по-видимому, должна быть характерной для любой динамической задачи, что приведет к последовательности матриц парных сравнений, хотя формально задача записывается одной матрицей парных сравнений с функцией $a(t)$, устроенной по-разному на каждом отрезке времени.

Мы выделяем следующие временные периоды жизненного пути человека:

1. $t \leq 20$ — юность (учеба, выбор профессии);
2. $20 \leq t \leq 40$ — молодость (работа, карьера, семья);
3. $40 \leq t \leq 60$ — первый период зрелости (работа, семья, итоги);
4. $60 \leq t \leq 80$ — второй период зрелости (пенсия, работа, семья);
5. $80 \leq t$ — старость (пенсия, семья).

Примем следующие соглашения. В первом периоде физическая и психическая компоненты СЗКЖ равнозначны. Во втором доминирует физическая компонента. Предполагаем, что максимум доминирования в два раза приходится на 40 лет. После этого доминирование физической компоненты уменьшается, и в 60 лет физическая и психическая

компоненты СЗКЖ снова равнозначны. Далее начинается доминирование психической компоненты, которое нарастает до 80 лет и становится в четыре раза значимее физической. Далее это соотношение сохраняется.

Отметим, что наши рассуждения весьма условны и предназначены лишь для иллюстрации динамических суждений о СЗКЖ. Выбор возрастных периодов может быть изменен без каких-либо методических и вычислительных проблем. Для удобства описание функции в таблице динамических суждений будет сделано так, чтобы она была непрерывной. Разрывы функции из матрицы парных сравнений будут означать катастрофические изменения физического или психического здоровья человека. С теоретической точки зрения проблемы не возникнут, но на практике определить точки таких катастроф, вообще говоря, невозможно. Здесь могут оказаться полезными методы интервального анализа [17]. Мы ставим задачу определения численных соотношений значимости физической и психической компонент СЗКЖ, исходя из, вообще говоря, качественных его характеристик и соглашений.

Решение задачи:

Функция $a(t)$ для матрицы парных сравнений для описанных выше соглашений имеет вид.

- $t \leq 20$ — функция $a(t) = 1$ постоянна;
- $20 \leq t \leq 60$ — функция $a(t) = -(t - 40)^2/400 + 2$ перевернутая и сдвинутая вправо парабола, достигает максимума, равного 2, при $t = 40$;
- $60 \leq t \leq 80$ — сдвинутая вправо парабола, достигает минимума, равного $1/2$, при $t = 80$;
- $80 \leq t$ — функция $a(t) = 1/2$ постоянна.

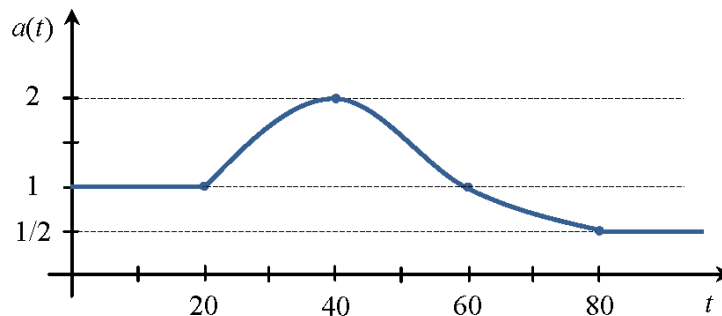


Рис. 2. Функция динамических суждений

График функции $a(t)$ на рис. 2 отражает динамику шкал СЗКЖ в соответствии с принятыми соглашениями, которая, что вообще говоря, может быть выражена другой функцией, отражающей эту динамику. Матрица парных сравнений и формулы для вычисления вектора приоритетов (весовых коэффициентов) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Вычислительные процедуры МАИ

Связанное со здоровьем качество жизни	Физический компонент	Психический компонент	Весовой коэффициент
Физический компонент	1	$a(t)$	$w_1 = a/(1 + a)$
Психический компонент	$1/a(t)$	1	$w_2 = 1/(1 + a)$

Собственные значения матрицы являются решениями уравнения $(1 - \lambda)^2 - 1 = 0$. Их, очевидно, два и $\lambda_{\max}(t) = 2$. Поэтому матрица парных сравнений всегда полностью согласована. Вектор приоритетов (нормированное решение уравнения (2.2)) определяется равенствами

1. $w_1(t) = w_2(t) = 1/2$, $t \leq 20$;
2. $w_1(t) = 1 + 400/((t - 40)^2 - 1200)$, $w_2(t) = -400/((t - 40)^2 - 1200)$, $20 \leq t \leq 60$;
3. $w_1(t) = 1 - 800/((t - 80)^2 + 1200)$, $w_2(t) = 800/((t - 80)^2 + 1200)$, $60 \leq t \leq 80$;
4. $w_1(t) = 1/4$, $w_2(t) = 3/4$, $80 \leq t$.

Графики функций $w_1(t), w_2(t)$ представлены на рис. 3 и делают анализ соотношений шкал физического и психического здоровья достаточно наглядным.

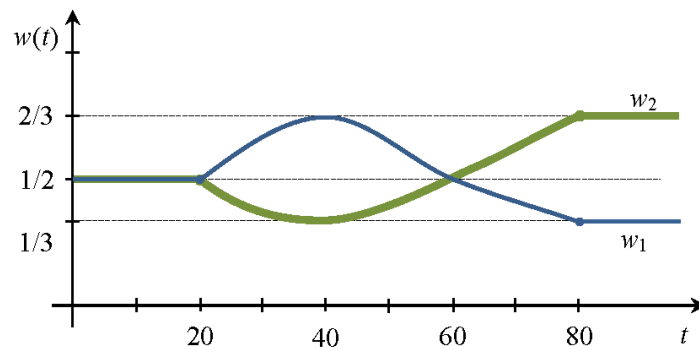


Рис. 3. Динамика вектора приоритетов

3. Заключение

В соответствии с иерархией СЗКЖ, принятой в работе, для построения вектора приоритетов всей системы нужно сформировать и исследовать две матрицы 4-го порядка на третьем уровне иерархии СЗКЖ.

Вектор приоритетов определяет значимость каждой шкалы в структуре СЗКЖ и поэтому может быть использован в качестве весовых коэффициентов для построения интегральных показателей. Это будет скалярная функция (свертка) многих переменных. Такие исследования для стационарного случая проводились в работе [12]. В нашем случае динамических суждений о критериях СЗКЖ интегральный показатель будет еще и функцией времени. Исследование такой функции в качестве целевой является самостоятельной задачей теории оптимизации. Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть использованы для интегральной оценки СЗКЖ индивида как объекта управления в здравоохранении и социальной политики, и для выработки управляющих решений по его улучшению.

References

- [1] Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации», Москва, Кремль, 02.07.2021 № 400, <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107030001>.
- [2] P. J. Allison, D. Locker, J. S. Feine, “Quality of life: A dynamic construct”, *Social Science & Medicine*, **45**:2 (1997), 221–230.
- [3] Н. Л. Перельман, В. П. Колосов, “Многолетняя динамика качества жизни, связанного со здоровьем, у больных бронхиальной астмой”, *Пульмонология*, **28**:6 (2018), 708–714.

- [N.L. Perel'man, V.P. Kolosov, "Long-term change in health-related quality of life in patients with asthma", *Pulmonologiya*, **28**:6 (2018), 708–714 (In Russian)].
- [4] Т. А. Рябкова, Е. В. Бахтерева, Н. Л. Терехов, "Эффективность реабилитационных мероприятий у пациентов с посттравматическими осложнениями на основании анкетирования SF-36", *Профилактическая медицина*, **25**:10 (2022), 79–83. [T.A. Ryabkova, E.V. Bakhtereva, N.L. Terekhov, "Effectiveness of rehabilitation measures in patients with posttraumatic complications based on the SF-36 questionnaire", *Profilakticheskaya Meditsina*, **25**:10 (2022), 79–83 (In Russian)].
 - [5] К. Леджери, Л. Децца, Б. Олтолини, Р. Лембо, Б. Ното, С. М. Вилла, А. Беллетти, Г. Ломбарди, А. Баттаини, Э. Педрини, К. Ф. Дзуккато, А. Дзангрилло, "Долгосрочное качество жизни после лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии (одноцентровое обсервационное исследование)", *Общая реаниматология*, **17**:2 (2021), 72–87; англ. пер.: C. Leggieri, L. Dezza, B. Oltolini, R. Lembo, B. Noto, S.M. Villa, A. Belletti, G. Lombardi, A. Battaini, E. Pedrini, C.F. Zuccato, A. Zangrillo, "Long-term quality of life after intensive care unit admission (a single-center observational study)", *Obshchaya Reanimatologiya = General Reanimatology*, **17**:2 (2021), 72–87.
 - [6] Т. П. Никитина, И. Н. Гладкова, В. Ф. Русаков, Р. А. Черников, Ю. В. Карелина, С. М. Ефремов, Т. И. Ионова, "Качество жизни пациентов с первичным гиперпаратиреозом после хирургического лечения", *Проблемы Эндокринологии*, **68**:1 (2022), 27–39. [T.P. Nikitina, I.N. Gladkova, V.F. Rusakov, R.A. Chernikov, Yu.V. Karelina, S.M. Efremov, T.I. Ionova, "Quality of life in patients with primary hyperparathyroidism after surgery", *Problems of Endocrinology*, **68**:1 (2022), 27–39 (In Russian)].
 - [7] M. Rzeszutek, E. Gruszczyńska, "Consistency of health-related quality of life among people living with HIV: Latent state-trait analysis", *Health Qual Life Outcomes*, **16**:101 (2018), 101(2018).
 - [8] D. Grazulyte, I. Norkiene, E. Kazlauskas, I. Truskauskaitė-Kuneviciene, S. Kolevinskaite, D. Ringaitiene, J. Sipylaite, "Predictors of long-term HRQOL following cardiac surgery: a 5-year follow-up study", *Health Qual Life Outcomes*, **19**(1):197 (2021).
 - [9] T.H. Oreel, D. Borsboom, S. Epskamp, I.D. Hartog, J.E. Netjes, P.T. Nieuwkerk, J.P.S. Henriques, M. Scherer-Rath, H.W.M. van Laarhoven, M.A.G. Sprangers, "The dynamics in health-related quality of life of patients with stable coronary artery disease were revealed: a network analysis", *Journal of Clinical Epidemiology*, **107** (2019), 116–123.
 - [10] Ю. В. Фаронова, А. Р. Ахунов, Т. П. Тельнова, "Пространственно-временная динамика качества жизни населения субъектов РФ", *Успехи современного естествознания*, 2020, № 4, 163–168. [Yu.V. Faronova, A.R. Akhunov, T.P. Telnova, "Space-time dynamics of quality of life of the population of subjects of the Russian Federation", *Advances in Current Natural Sciences*, 2020, № 4, 163–168 (In Russian)].
 - [11] А. В. Мухачёва, А. О. Акулов, Н. Л. Грязнова, Г. А. Подзорова, "Математическое моделирование качества жизни населения: методологические и методические аспекты", *Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление*, 2021, № 1(97), 117–129. [A.V. Mukhacheva, A.O. Akulov, N.L. Gryaznova, G.A. Podzorova, "Mathematical modeling of the quality of life of the population: methodological and methodological aspects", *The Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management*, 2021, № 1(97), 117–129 (In Russian)].
 - [12] И. А. Финогенко, М. П. Дьякович, "Метод анализа иерархий и построение интегральных показателей сложных систем", *Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки*, **22**:6 (2017), 1335–1340. [I.A. Finogenko, M.P. Dyakovich, "Method of analysis of hierarchies and construction integrated parameters for multiple systems", *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki = Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*, **22**:6 (2017), 1335–1340 (In Russian)].
 - [13] M. van Mierlo, C. van Heugten, M.W.M. Post, T. Hoekstra, A. Visser–Meily, "Trajectories of health-related quality of life after stroke: results from a one-year prospective cohort study", *Disability and Rehabilitation*, **40**:9 (2018), 997–1006.
 - [14] A. Barbieri, F. Cousson-Gélie, L. Baussard, S. Gourgou, C. Lavergne, C. Mollevi, "The importance of using ordinal scores for patient classification based on health-related quality of life trajectories", *Pharmaceutical Statistics*, **21**:5 (2022), 919–931.
 - [15] Т. Саати, *Принятие решений. Метод анализа иерархий*, Радио и связь, М., 1993, 278 с. [T. Saati, *Decision Making. Hierarchy Analysis Method*, Radio and Communications Publ., Moscow, 1993 (In Russian), 278 pp.]

- [16] С. И. Севастьянов, “Критерий размерности множеств альтернатив в экспертных оценках, проводимых методом парных сравнений”, *Техника средств связи*, 2020, № 3(151), 80–90. [S. I. Sevastyanov, “Criteria for the dimension of sets of alternatives in expert assessments carried out by the method of paired comparisons”, *Communication Technology*, 2020, № 3(151), 80–90 (In Russian)].
- [17] G. Alefeld, G. Mayer, “Interval analysis: theory and applications”, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, **121** (2000), 421–464.

Информация об авторах

Дьякович Марина Пинхасовна, доктор биологических наук, заведующая кафедрой экономики, маркетинга и психологии управления, Ангарский государственный технический университет; ведущий научный сотрудник, Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований СО РАН, г. Ангарск, Российская Федерация. E-mail: marik914@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5970-5326>

Финогенко Иван Анатольевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, Институт динамики систем и теории управления им. В. М. Матросова СО РАН, г. Иркутск, Российская Федерация. E-mail: fin@icc.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6821-3385>

Поступила в редакцию 11.05.2023 г.

Поступила после рецензирования 30.08.2023 г.

Принята к публикации 12.09.2023 г.

Information about the authors

Marina P. Dyakovich, Doctor of Biological Sciences, Head of Economics, Marketing and Management Psychology Department, Angarsk State Technical University; Leading Researcher, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research SB RAS, Angarsk, Russian Federation. E-mail: marik914@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5970-5326>

Ivan A. Finogenko, Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Chief Researcher, V.M. Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS, Irkutsk, Russian Federation. E-mail: fin@icc.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6821-3385>

Received 11.05.2023

Reviewed 30.08.2023

Accepted for press 12.09.2023