

DOI: 10.12737/12004

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЧАЩИХСЯ ЮГРЫ И РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Д.К. БЕРЕСТИН, Н.А. ЧЕРНИКОВ, Л. С. ШАКИРОВА, А.Л. РОМАНЧУК, А.С. КОЗЛОВ

БУ ВО «Сургутский государственный университет», пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628405

Аннотация. Рассматривается эволюция биосистем на примере изменения антропометрических показателей трех возрастных групп учащихся Югры и Республики Башкортостан с позиции теории хаоса-самоорганизации. Рассчитаны кинематические показатели сложных систем (систем третьего типа) на основе моделирования движения вектора состояния этих систем $x(t)$ в фазовом пространстве состояний. Использован аппарат для расчета движения центров квазиаттракторов (областей фазового пространства, в которых $x(t)$ непрерывно изменяется) и скорости эволюции. Авторами продемонстрированы расчёты объемов КА, координаты их центров, а также скорости движения этих центров и скорость эволюции биосистем в фазовом пространстве состояний. Проведен сравнительный анализ кинематических характеристик, учащихся Югры и Республики Башкортостан, которые показали существенные различия в динамике изменения антропометрических показателей.

Ключевые слова: эволюция биосистем, кинематические характеристики, движение центра квазиаттрактора.

EVOLUTION MODELS OF QUASIATTRACTORS OF ANTHROPOMETRIC PARAMETERS OF PUPILS OF UGRA AND BASHKORTOSTAN REPUBLIC

D.K. BERESTIN, N.A. CHERNIKOV, L.S. SHAKIROVA, A.L. ROMANCHUK, A.S. KOZLOV

Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Summary. The evolution of biological systems on the example of changes in anthropometric indicators of the three age groups of pupils Ugra and Bashkortostan Republic from the perspective of theory of chaos and self-organization is considered. The kinematic parameters of complex systems (systems of third type) based on the motion simulation system of the state vector $x(t)$ in the phase space of state were calculated. A special mathematical apparatus for calculation of the centers of quasi-attractors (areas of phase space in which $x(t)$ changes continuously) and the rate of evolution was used. The authors demonstrated the calculations of the quasi-attractors' volumes, the coordinates of their centers, as well as the velocity of these centers and the rate of evolution of biological systems in the phase space of states. A comparative analysis of the kinematic characteristics of students of Ugra and Bashkortostan Republic showed significant differences in the dynamics of anthropometric parameters.

Key words: evolution of biological systems, kinematic characteristics, movement of center of quasiattractor.

Введение. Физическое развитие (ФР) детей, являясь одним из существенных показателей состояния здоровья ребенка, отражает общий уровень жизни различных групп населения. Как индикатор ФР чувствительно к любым изменениям окружающей среды и социальных условий проживания. Замедление ростовых процессов, уменьшение массы или размеров тела, могут считаться ответом на ухудшение условий жизни, а в экологии человека – показателем давления со стороны окружающей среды. При этом сами эти экономические или экологические факторы тоже испытывают хаотические изменения с течением времени и это складывается с хаосом индивидуального развития организма учащихся, которые исследуются в настоящей работе.

Чувствительность организма к воздействию экологических и социальных факторов не остается постоянной в разные возрастные периоды онтогенеза. Процесс роста и развития наиболее уязвим тогда, когда он характеризуется наибольшей интенсивностью, т.е. максимальной величиной годовых приростов. В нашем случае речь идёт о пубертатном периоде и о его изучении, несомненно, представляющем особый научный интерес.

Вопрос о влиянии природной среды проживания на рост и развитие представляется особенно важным, поскольку он является существенной частью проблемы адаптации ребенка к условиям внешней среды. Эти проблемы занимают одно из центральных мест в комплексе наук о человеке, особенно это актуально в экологии человека. Экологическая дифференциация человечества на жителей отдельных климатических зон обнаруживается уже в детском возрасте, поэтому главная задача нашего исследования связана с сравнением динамики *роста* (H) и *массы* (M) тела школьников Севера и Средней полосы России. Именно эти две динамические переменные дают картину ухудшения или улучшения условий жизни школьников [11].

До настоящего времени не имеется сравнительных модельных (математических) исследований по оценке ростовых процессов в организме детей, проживающих на Севере и в *Республике Башкортостан* (РБ) в рамках изменения H и M с позиций их хаотической динамики. Именно в *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) эта динамика может быть оценена в рамках этих подходов, отличных от традиционных стохастических. Еще в меньшей степени исследованы механизмы формирования

адаптивной реакции на экстремальные условия растущего детского организма. Это составило вторую задачу нашего исследования. В итоге мы сейчас говорим о разных моделях динамики H и M детей разных природно-климатических условий.

Решение указанных вопросов особенно актуально при оценке здоровья детей – северян, при проведении профилактических медицинских осмотров, при разработке оздоровительных программ и при проведении коррекций, направленных на сохранение и укрепление здоровья развивающегося организма. Индивидуальная изменчивость в скорости физического развития может привести к значительному несоответствию между хронологическим и биологическим возрастом развития детей, к нарушению в динамике роста и массы детей. Поэтому так важно знать особенности роста и развития организма детей, по которым можно создавать критерии оценки физического развития и здоровья для той или иной детской возрастной группы.

1. Объект и методы исследования. Антропометрические обследования детей и подростков позволяют не только определять степень физического созревания, но и дать общую оценку состояния здоровья обследуемых детей. Объектом настоящего исследования явились школьники (мальчики) в возрасте от 6 до 16 лет, учащиеся гимназии № 10, лица №3 г. Сургута, а также учащиеся школы №16 г. Приютово (Республика Башкортостан). Из всех 10-ти выбранных групп мы выбрали обследуемые из трех возрастных групп 6, 11, 16 лет ($n=22$ в каждой группе), что обеспечило статистическое различие полученных выборок. Все дети были обследованы по стандартной антропометрической программе. На основе измерений рассчитывались компоненты массы тела и рост, с позиции стохастичности и ТХС. Были использованы методы исследования в виде антропометрии, которая предусматривает измерение параметров тела стандартными измерительными инструментами. Для оценки физического развития в данном сообщении использовались только два антропометрических показателя: рост (H) и масса (M) тела. При измерении и

взвешивании ребенок был раздет до трусов, без обуви. Взвешивание проводилось в определенное время – утром.

Измерение длины тела у детей производится с помощью ростомера в виде доски. Боковая сторона ростомера представляет собой сантиметровую шалу, вдоль которой скользит подвижная поперечная планка. Ребенка укладывают в ростомер на спину так, чтобы его макушка плотно прикасалась к неподвижной поперечной планке ростомера.

Рост ребенка старшего возраста измерялся с помощью вертикального ростомера с откидным табуретом. Измеряемый должен касаться шкалы затылком, межлопаточной областью, крестцом и пятками. Подвижная планка ростомера плотно, но без надавливания соприкасается с верхушечной точкой головы, после чего определяют рост. Измерение массы тела проводилось утром натощак на медицинских весах с точностью до 50 г.

2. Принцип расчета параметров эволюции биосистем. Предлагается построение кинематики сложных систем, *систем третьего типа* (СТТ) на основе моделирования движения вектора состояния этих систем $x(t)$ в *фазовом пространстве состояний* (ФПС). Поскольку доказано, что для СТТ постоянно $dx/dt \neq 0$, а $f(x)$ для любых последовательных выборок (кардиоинтервалов, например) непрерывно изменяется, то разработан аппарат для расчета движения центров *квазиаттракторов* (КА) – областей фазового пространства, в которых $x(t)$ непрерывно изменяется. Вводится понятие скорости и ускорения эволюции.

Общеизвестно, что в естествознании активно используются два базовых подхода для идентификации стационарных режимов: $dx/dt = 0$, или рассчитывается функция $f(x)$, которая условно не изменяется. Фактически, эти же требования используются и при идентификации схожести (однотипности) двух систем или процессов, если по своим параметрам они показывают одинаковость x_i , т.е. $x_i^1 = x_i^2$ по всем $i=1$,

2, ..., m для 1-го (x_i^1) и 2-го (x_i^2) процессов или объектов. Иными словами, понятие стационарного режима в терминах вектора состояния и ФПС обеспечивает идентификацию схожести (подобия) систем, объектов, процессов. Поэтому мы особым образом выделяем это понятие (стационарные режимы) для СТТ, т.к. они не могут продемонстрировать ни $dx/dt=0$, ни сохранение функций распределения $f(x)$ для любой биосистемы даже на коротком интервале времени Δt . В целом, классический подход в оценке стационарных режимов СТТ невозможен в принципе.

Остается проблема определения меры постоянства СТТ, т.е. при каких величинах изменения параметров КА можно считать, что СТТ находится в стационарном режиме? Очевидно и в стохастике мы не можем считать $x(t)$ неизменным (в смысле $x(t_k)=const!$), но там $f(x)$ может существенно не изменяться. Для систем, находящихся в непрерывном хаосе ситуация резко усложняется, т.к. $dx/dt \neq 0$ и $f(x)$ непрерывно меняется. Где критерий устойчивости (или лучше сказать одинаковости) хаоса для СТТ?

Рассмотрим основные критерии ненулевой скорости движения центра КА и критерии существенного или несущественного изменения объема квазиаттрактора V_G . Сразу отметим, что этот объем КА мы находим как произведение вариационных размахов Δx_i по каждой координате x_i , т.е. $\Delta x_i = x_{i\max} - x_{i\min}$ (разность крайне правой координаты $x_{i\max}$ и крайне левой координаты $x_{i\min}$ на оси x_i). Одновременно координаты центра квазиаттрактора x_i^c можно найти из уравнения: $x_i^c = x_{i\min} + ((\Delta x_i)/2) = (x_{i\max} + x_{i\min})/2$. Иными словами объем V_G будем определять из (1):

$$V_G = \prod_{i=1}^m \Delta x_i, \quad (1)$$

а координаты центра квазиаттрактора x_i^c находятся из уравнения (2):

$$x_i^c = (x_{i\max} + x_{i\min})/2. \quad (2)$$

Для дальнейших рассуждений представим определение КА в рамках традиционных математических понятий.

Квазиаттрактор – ненулевое подмножество Q фазового n -мерного пространства $D \ l=1, m$ динамической биологической системы (БДС), являющееся объединением всех значений $f(t_i)$ состояния биологической динамической системы на конечном отрезке времени $[t_j, \dots, t_e]$ ($j \ll e$, где t_j – начальный момент времени, а t_e – конечный момент времени состояний БДС):

$$Q = \bigcup_{l=1}^m \bigcup_{i=j}^e f^l(t_i), \quad Q \neq \emptyset; Q \in D, \quad (3)$$

где m – количество координат x_i пространственных измерений.

В качестве основной меры квазиаттрактора используется объем (V_G) области Q m -мерного пространства, внутри которого заключены все значения $f(t_i)$ состояния биологической динамической системы на промежутке времени $[t_j, \dots, t_e]$

$$V_G = \text{mes}(Q) = \prod_{i=1}^m (\max(f^l(t_j), \dots, f^l(t_e))). \quad (4)$$

На основании понятия *квазиаттрактора*, можно ввести критерий существенных или несущественных различий в параметрах изменения положения центра КА и объемов многомерных КА. Точку отсчета для существенных изменений объемов мы будем определять как двухкратное изменение объема КА биосистемы, если мы сравниваем объем КА до воздействия (до изменений) – V_G^1 и объем КА после воздействия (изменения) – V_G^2 . Иными словами, если $1/2 \leq V_G^1/V_G^2 \leq 2$, то изменения V_G будут несущественными (например, в пределах вариационных размахов). Если же

$$V_G^1/V_G^2 \geq 2 \text{ или } V_G^1/V_G^2 \leq 0,5, \quad (5)$$

то будем говорить о существенном изменении биосистемы по параметрам объема КА. Таким образом, объем V_G^2 может уменьшиться в 2 раза (и более) или увеличиться в 2 раза (и более) по отношению к исходному

V_G^1 и мы будем говорить о значимых изменениях в состоянии биосистемы по параметрам изменения объемов *квазиаттракторов*. Такие существенные изменения мы наблюдаем в геронтологии [4,13,14].

Движение центра КА рассчитывается по координатам. Если по всем координатам x_i мы имеем смещение центра x_i^{c2} на величину R_i^* , превышающую сумму половин исходного вариационного размаха $\Delta x_i^1/2 + \Delta x_i^2/2$ (т.е. центр после смещения вышел за пределы $\Delta x_i^1/2$ размеров исходного радиуса $r_i^1 = \Delta x_i^1/2$), то мы будем говорить о существенных изменениях в биосистеме. При этом эти смещения должны произойти по всем координатам x_i всего ФПС. В целом, необходимо учитывать по координатные радиусы (они составляют половину от вариационного размаха Δx_i) начального квазиаттрактора r_i^1 и конечного квазиаттрактора $r_i^2 = \Delta x_i^2/2$ по каждой координате x_i . Превышение суммы этих радиусов по всем i для реального расстояния R_i^* между центрами исходного и конечного квазиаттракторов (x_i^{c1} и x_i^{c2}) действительно сигнализирует о существенном смещении центра квазиаттрактора за время Δt . Если это наблюдается по отдельным координатам x_i , то мы будем говорить о начале существенного смещения КА в ФПС.

Таким образом, мы сравниваем положение центров *квазиаттракторов* одного и того же объекта (системы) за время Δt по расстояниям смещения центров *исходного квазиаттрактора* (КА¹) и *конечного квазиаттрактора* (КА²). Первоначально мы требуем выхода центра (x_i^{c2}) для КА² за пределы исходного радиуса r_i^1 для КА¹ (это уже первое значимое смещение). Однако, реальный и значимый отсчет различий начинается, если КА² своим радиусом r_i^2 выйдет за пределы исходного радиуса r_i^1 . Это условие соответствует неравенству:

$$R_i = r_i^1 + r_i^2 < R_i^*, \quad (6)$$

где R_i^* соответствует по каждой координате x_i реальному расстоянию между центрами исходного и конечного КА, т.е. в момент времени $t=t_0$ и через интервал Δt при $t=t_1$. Здесь $\Delta t=t_1-t_0$, а $R_i^* = x_i^{c1} - x_i^{c2} > (\Delta x_i^1 + \Delta x_i^2)/2$, что является аналогом (6) (по каждой координате x_i). Если такой выход наблюдается частично (по отдельным x_i), то мы фиксируем время t^* , когда первая (t_1^*) и последняя (t_2^*) координата выходят за пределы исходного *квазиаттрактора*, т.е. когда i -я координата покажет выполнение неравенства (6).

Имеет значение еще куда движется КА². Основные уравнения и неравенства (см. выше) мы привели для движения вправо (на увеличение x_i^{c2} , т.е. должно быть $x_i^{c2} > x_i^{c1}$). Однако, в рамках аналогичных расчетов мы ввели и понятие скорости при движении КА² влево по координате x_i , т.е. когда $x_i^{c2} < x_i^{c1}$, в примерах ниже мы это демонстрируем. ЭВМ по программе, первоначально, определяет тип движения КА и далее выполняет расчет Z и $\langle V \rangle$ по всем x_i . Возможно, ситуация, когда по отдельным координатам x_i КА биосистемы движется вправо, а по другим – влево. Скорость в любом случае тогда считается по модулю Z , но ЭВМ выдает дополнительный протокол, с указанием характера движения (например, такие-то x_i движутся вправо, а другие x_i движутся влево).

В биологии и медицине очень важно знать направление движения КА по всем координатам (для постановки диагноза, например). Таким образом, сейчас мы можем автоматически определять кинематические характеристики эволюции СТТ: куда и как, с какой скоростью, КА движется в ФПС в общем и по отдельным координатам.

Мы вплотную подошли к описанию движения КА биосистем и детализируем понятие стационарного режима СТТ. Теперь, в ТХС, стационарный режим для СТТ это не детерминистское уравнение $dx/dt=0$ и не сохранение вида функции распределения $f(x)$ в стохастике. В ТХС мы требуем, что бы центр КА² биосистемы спустя время

Δt после ее внутренних перестроек или под действием внешних факторов (возмущения или управления) вышел за пределы размеров исходного объема КА¹. Для этого по координатно радиус 1-го КА¹ (r_i^1 по координатно) должен быть меньше расстояния между центрами квазиаттракторов КА¹ и КА², т.е. реального межаттракторного расстояния $x_i^{c2} - x_i^{c1}$ (при движении КА² вправо, т.е. на увеличение x_i). Такое смещение вправо x_i^{c2} по всем $i=1, 2, \dots, m$ подтверждает, что второй КА не мерцает в пределах объема 1-го квазиаттрактора (при движении влево x_i^{c2} лежит левее радиуса r_i^1), а реально начал выход за пределы КА¹.

В целом, стационарный режим теперь будет характеризоваться такими параметрами системы, когда нет существенных изменений в параметрах КА. При этом мы точно регистрируем микрохаос (неопределенность внутри квазиаттрактора), т.к. вектор состояния демонстрирует непрерывное движение в виде $dx/dt \neq 0$, и все $f(x)$ будут непрерывно изменяться (но нет существенных движений центров КА!). Отметим, что если мы имеем дело с нормальными законами распределения для $x_i(t)$ (такое для СТТ наблюдается очень редко), то тогда вся процедура нами используется для доверительных интервалов (вместо Δx_i и r_i) и статистических математических ожиданий $\langle x_i \rangle$ (вместо центров КА). Однако, для биосистем такое можно наблюдать крайне редко. Довольно часто при этом мы также наблюдали как стохастика не дает движения вектору состояния, а в рамках ТХС мы можем наблюдать существенное движение КА (не мерцание). Очевидно, что для биосистем можно в некоторых случаях одновременно считать и статистику, и имеется возможность зарегистрировать параметры квазиаттракторов, если имеется желание получить полную информацию о состоянии сложной биосистемы. Сейчас мы говорим о кооперации стохастики и ТХС, что противоречит закону развития парадигм Т. Куна (новая парадигма отрицает старую). Однако чаще, мы для СТТ имеем

непрерывное мерцание и говорить о стохастике не приходится.

3. Конкретные примеры расчета эволюции СТТ. Особым образом нами исследовалось движение квазиаттракторов вектора состояния организма учащихся по морфометрическим параметрам учащихся Севера и Средней полосы РФ. В этих примерах мы брали только двумерный случай, когда $x_1=H$ и $x_2=M$ (рис. 1, 2).

Анализируя значения площадей КА, полученных в результате обработки антропометрических параметров трех возрастных групп мальчиков 6, 11, 16 лет – учащихся г. Сургута и г. Приютово, представленных на рис. 1 и 2, легко видеть, что площади КА находятся в разных диапазонах. С возрастом объемы квазиаттракторов учащихся (мальчиков) Югры постепенно нарастают от $V_1=284,4$ у.е до $V_2=560,5$ у.е и в конце пубертатного периода до $V_3=1656$ у.е. Однако объемы КА учащихся (мальчиков) Республики Башкортостан достигают абсолютного максимум в 12 лет ($V_2=570$ у.е.), затем незначительно уменьшаются до ($V_3=561$ у.е.). Иными словами динамика изменения параметра V для КА существенно отличается.

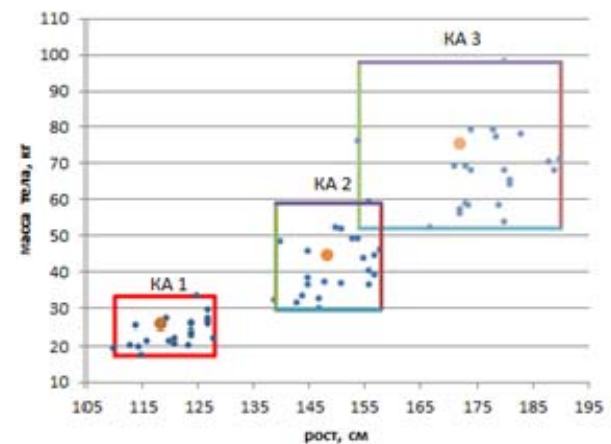


Рис. 1. Квазиаттракторы антропометрических параметров мальчиков, учащихся Югры, в различные возрастные периоды (6, 11, 16 лет)

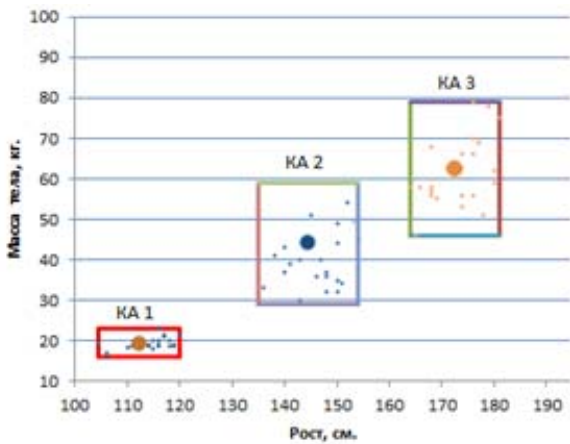


Рис. 2. Квазиаттракторы антропометрических параметров мальчиков, учащихся Республики Башкортостан, в различные возрастные периоды (6, 11, 16 лет)

Таблица 1

Объемы КА антропометрических параметров мальчиков, учащихся мальчиков Югры и Республики Башкортостан по анализу данных антропометрических параметров

	Учащиеся Югры (мальчики)	Учащиеся Республики Башкортостан (мальчики)
Объем 1 КА (у.е.)	284,4	108,5
Объем 2 КА (у.е.)	560,5	570
Объем 3 КА (у.е.)	1656	561

На примере изменения объемов квазиаттракторов рассчитаем критерии существенных или не существенных различий т.е. должно выполняться неравенство (5). Для учащихся (мальчиков) Югры при сравнении 1-й и 2-й возрастных групп $V_G^2/V_G^1 = 1,97$, т.е. очень близко эта величина подходит к пределу существенного изменения КА (предел равен 2), тогда как для 2-й и 3-й возрастных групп $V_G^3/V_G^2 = 2,95$, что является существенным изменением объема КА. Для учащихся (мальчиков) Республики Башкортостан наблюдается совсем иная динамика изменения объемов КА. Для 1-й и

2-й групп $V_G^2/V_G^1 = 5,25$, что является существенным изменением и оно превосходит вариационный размах почти в 3 раза. Однако для 2-й и 3-й групп как $V_G^3/V_G^2 = 0,98$, что говорит о том, что объем КА 3-й группы почти не изменился в сравнении со вторым квазиаттрактором. Налицо существенные различия в динамике изменения роста и веса мальчиков Югры и Республики Башкортостан.

Таблица 2

Значения кинематических характеристик квазиаттракторов учащихся мальчиков Югры и Республики Башкортостан

	учащиеся Югры (мальчики)	учащиеся РБ (мальчики)
$Z_{1,2}$	35,48	40,50
$Z_{2,3}$	38,70	33,56
$Z_{1,3}$	73,02	74,02
r_{x1}^1	8,50	7,75
r_{x2}^1	7,90	3,50
r_{x1}^2	9,50	9,50
r_{x2}^2	14,75	15,00
r_{x1}^3	18,00	8,50
r_{x2}^3	23,00	16,50
$R_{x1}^{1,2*}$	30,00	32,25
$R_{x2}^{1,2*}$	18,95	24,50
$R_{x1}^{2,3*}$	23,50	28,00
$R_{x2}^{2,3*}$	30,75	18,50
$R_{x1}^{1,3*}$	53,50	60,25
$R_{x2}^{1,3*}$	49,70	43

Таким образом, динамика изменения квазиаттракторов учащихся (мальчиков) Югры и Республики Башкортостан заметно различаются, параметры КА1 и КА2 как для учащихся (мальчиков) Югры, так и для учащихся (мальчиков) Республики Башкортостан не перекрывают друг друга, тогда как КА2 и КА3 для учащихся (мальчиков) Югры частично перекрываются, а для учащихся (мальчиков) Республики Башкортостан не пересекаются. Для подтверждения этого те-

зиса в рамках расчетов скорости движения КА представим расчеты кинематических характеристик КА в виде: r_i^k – радиус k -го квазиаттрактора по i -й координате, а R_i^* соответствует по каждой координате x_i реальному расстоянию между центрами исходного и конечного КА, Z_{ij} – межаттракторное расстояния (у.е.) между центрами квазиаттракторов. Этот подход реально демонстрирует скорость эволюции биосистемы в ФПС по параметрам центра КА.

Таким образом, можно наблюдать значимые различия между параметрами квазиаттракторов для учащихся (мальчиков) Югры и Республики Башкортостан согласно неравенству (6), т.е. получаем $r_{x1}^1 + r_{x1}^2 < R_{x1}^{1,2*}$ ($8,50+9,50 < 30,00$ и $7,75+9,50 < 32,25$). Это говорит о том, что КА2 и его центр существенно вышел за пределы $R_{x1}^{1,2*}$ (радиуса первого квазиаттрактора) и за границы КА1 по координате x_1 (для нашего случая – параметры роста учащихся). Для учащихся (мальчиков) Югры по координате x_2 (параметры массы тела учащихся) получим, что сумма радиусов больше расстояния между центрами, т.о. неравенство (6) приобретет вид $r_{x2}^1 + r_{x2}^2 > R_{x2}^{1,2*}$ ($7,90+14,75 > 18,95$) это говорит о том, что квазиаттракторы пересекаются по координате x_2 . Тогда как КА1 и КА2 для учащихся (мальчиков) РБ по координате x_2 расходятся т.е. удовлетворяют неравенству (6) $r_{x2}^1 + r_{x2}^2 < R_{x2}^{1,2*}$ ($3,50+15,00 < 24,50$).

Так же исходя из уравнений и неравенств, представленных выше, можно определить направление движения квазиаттракторов, т.е. для движения вправо по координате должно быть удовлетворено условие $x_i^{c2} > x_i^{c1}$, где x_i^{c1} и x_i^{c2} центры исходного и конечного КА. Центры квазиаттракторов по каждой координате x_1 и x_2 для учащихся (мальчиков) Югры и РБ представлены в табл. 3.

Из табл. 3 можно наблюдать, что центры КА как для учащихся (мальчиков) Югры так и для учащихся (мальчиков) РБ по двум координатам (x_1 – параметры роста, x_2 – параметры массы тела) движутся вправо.

Это говорит о том, что скорость движения центра КА положительная.

Таблица 3

Значения координат центров квазиаттракторов для трех возрастных групп учащихся (мальчиков) Югры и Республики Башкортостан

	Координата x_1 (параметры роста мальчиков)		Координата x_2 (параметры массы тела мальчиков)	
	Учащиеся Югры (мальчики)	Учащиеся РБ (мальчики)	Учащиеся Югры (мальчики)	Учащиеся РБ (мальчики)
Первый КА	118,50	112,25	25,30	19,5
Второй КА	148,50	144,5	44,25	44
Третий КА	172,00	172,5	75,00	62,5

Рассчитав все характеристики квазиаттракторов для групп учащихся (мальчиков) Югры и РБ – можно определить скорость движения центра КА биосистемы в ФПС. Для учащихся (мальчиков) Югры она составляет $v_{1,2}=Z_{1,2}$ у.е./ t лет= $35,48$ у.е./ 5 лет= $7,10$ усл.ед./год, а $v_{2,3}=Z_{2,3}$ у.е./ t лет= $38,7$ у.е./ 5 лет= $7,74$ усл.ед./год, тогда как для учащихся (мальчиков) РБ она будет составлять $v_{1,2}=Z_{1,2}$ у.е./ t лет= $40,5$ у.е./ 5 лет= $8,10$ усл.ед./год, а $v_{2,3} = Z_{2,3}$ у.е./ t лет= $33,56$ у.е./ 5 лет= $6,71$ усл.ед./год.

Из таблицы можно наблюдать, что КА как для учащихся (мальчиков) Югры так и для учащихся (мальчиков) РБ по двум координатам (x_1 – параметры роста, x_2 – параметры массы тела) движутся вправо. Это говорит о том, что скорость КА положительная.

Так же возможно произвести расчет скорости эволюции биосистемы в ФПС по формуле $v_{эв}=V_G^2/V_G^1$ у.е./ t лет. Таким образом скорость эволюции для мальчиков Югры между первым и вторым КА будет равна $g_{эв}^{1,2} = 1,97$ у.е./ 5 лет = $0,39$ у.е./ лет, а для второго и третьего КА получим $g_{эв}^{2,3} = 2,95$ у.е./ 5 лет = $0,59$ у.е./ лет. Для мальчиков РБ скорость эволюции первого и второго КА будет равна

$g_{\text{эв}}^{1,2} = 5,25 \text{ у.е.} / 5 \text{ лет} = 1,05 \text{ у.е.} / \text{лет}$, а для второго и третьего КА получим $g_{\text{эв}}^{2,3} = 0,98 \text{ у.е.} / 5 \text{ лет} = 0,19 \text{ у.е.} / \text{лет}$

Заключение:

1. С позиции *теории хаоса-самоорганизации* показаны примеры расчета параметров движения КА в *фазовом пространстве состояний*. Продемонстрировано движение центра КА и его выход за пределы исходного КА, что представляет собой реальную кинематику СТТ. В рамках этого подхода определены скорость эволюции и ее характер в виде поступательного движения изучаемых КА.

2. Очевидно, что подобные схемы расчета на основе анализа изменения объемов КА и скорости движения центров КА при развитии организма сейчас становятся возможным и к использованию при анализе любых эволюционных процессов сложных биосистем СТТ – *complexity*.

Литература

1. Арнольд В.И. Теория катастроф.– М.: УРСС, 2004.– 128 с.

2. Гавриленко Т.В., Вахмина Ю.В., Зимин М.И., Балтиков А.А., Берестин Д.К. Модели сложных систем с позиции физики и теории хаоса – самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2013.– № 1.– С. 51–59.

3. Гавриленко Т.В., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Химикова О.И., Соколова А.А. Новые методы для геронтологии в прогнозах долгожительства коренного населения Югры // Успехи геронтологии.– 2014.– Т. 27, № 1.– С. 30–37.

4. Даянова Д.Д., Берестин Д.К., Вахмина Ю.В., Игуменов Д.С. Моделирование показателей функциональных систем организма человека на основе двухкластерной трёхкомпарментной системы управления // Вестник новых медицинских технологий.– 2014.– Т. 21, № 4.– С. 7–10.

5. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вахмина Ю.В. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – *complexity* // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон.– 2015.– № 2.– С. 62–73.

6. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Неопределенность в квантовой механике и биофизике сложных систем // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия.– 2014.– № 5.– С. 41–46.

7. Еськов В.М., Еськов В.В., Козлова В.В., Филатов М.А. Способ корректировки лечебного или физкультурно-спортивного воздействия на организм человека в фазовом пространстве состояний с помощью матриц расстояний / патент на изобретение RUS 2432895 от 09.03.2010 г.

8. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Способ корректировки лечебного или лечебно-оздоровительного воздействия на пациента / патент на изобретение RUS 2433788 от 01.02.2010 г.

9. Еськов В.М., Мельников В.А., Хадарцев А.А. Введение в системный синтез. // Вестник новых медицинских технологий.– 2006.– Т. XIII, №3.– С. 11–14.

10. Еськов В.М., Назин А.Г., Русак С.Н., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Системный анализ и синтез влияния динамики климато-экологических факторов на заболеваемость населения севера РФ // Вестник новых медицинских технологий.– 2008.– Т. XV, № 1.– С. 26–29.

11. Еськов В.М., Назин А.Г., Русак С.Н., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Системный анализ и синтез влияния динамики климато-экологических факторов на заболеваемость населения Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий.– 2008.– Т. 15, № 1.– С. 29–32.

12. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова Д.Ю. Неопределенность и непрогнозируемость базовые свойства систем в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2013.– № 1.– С. 67–82.

13. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатова О.Е. Флуктуации и эволюции биосистем – их базовые свойства и характеристики при описании в рамках синергетической парадигмы // Вестник новых медицинских технологий.– 2010.– №1. – С. 17–19.

14. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Филатов М.А.

Complexity - особый тип биомедицинских и социальных систем // Вестник новых медицинских технологий.– 2013.– Т. 20, № 1.– С. 17–22.

15. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине / Том XI. Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем.– Самара: Офорт, 2014.– 192 с.

16. Козлова В.В., Климов О.В., Майстренко Е.В., Умаров Э.Д. Корректировка лечебного или физкультурно-спортивного воздействия на организм человека в фазовом пространстве состояний с помощью матриц расстояний // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.– Т. 18, № 3.– С. 333–334.

17. Eskov V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development, Emergence // Complexity and Self-organization.– 2014.– V. 16, №2.– P. 107–115.

18. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement Techniques.– 2011.– V. 54, № 8.– P. 832–837.

19. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition // Neurophysiology.– 1993.– V. 25, № 6.– P. 420.

20. Eskov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M., Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems // Measurement Techniques.– 2006.– V. 49, № 1.– P. 59–65.

References

1. Arnol'd VI. Teoriya katastrof. Moscow: URSS; 2004. Russian.

2. Gavrilenko TV, Vakhmina YuV, Zimin MI, Baltikov AA, Berestin DK. Modelirovaniye slozhnykh sistem s pozitsii fiziki i teorii khaoosa – samoorganizatsii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;1:51-9. Russian.

3. Gavrilenko TV, Es'kov VM, Khadartsev AA, Khimikova OI, Sokolova AA. Novye metody dlya gerontologii v prognozakh dolgozhitel'stva korennoogo naseleniya Yugry. Uspekhi gerontologii. 2014;27(1):30-7. Russian.

4. Dayanova DD, Berestin DK, Vokhmi-na YuV, Igumenov DS. Modelirovaniye pokazateley funktsional'nykh sistem organizma cheloveka na osnove dvukhklasternoy trekhkompartmentnoy sistemy upravleniya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(4):7-10. Russian.

5. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Vakhmina YuV. Kinematika biosistem kak evolyutsiya: statsionarnye rezhimy i skorost' dvizheniya slozhnykh sistem – complexity. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 3. Fiz. Astron. 2015;2:62-73. Russian.

6. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Zimin MI. Neopredelennost' v kvantovoy mekhanike i biofizike slozhnykh sistem. Vestnik Moskovskogo universi-teta. Seriya 3: Fizika. Astronomiya. 2014;5:41-6. Russian.

7. Es'kov VM, Es'kov VV, Kozlova VV, Filatov MA, inventors; Sposob korrektsirovki lechebnogo ili fizkul'turno-sportivnogo vozdeystviya na organizm cheloveka v fazovom prostranstve sostoyaniy s pomoshch'yu matrits rasstoyaniy. Russian Federation patent RU 2432895. 2010. Russian.

8. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, inventors; Sposob korrektsirovki lechebnogo ili lechebno-ozdorovitel'nogo vozdeystviya na patsienta. Russian Federation patent RU 2433788. 2010. Russian.

9. Es'kov VM, Mel'nikov VA, Khadartsev AA. Vvedeniye v sistemnyy sintez. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(3):11-4. Russian.

10. Es'kov VM, Nazin AG, Rusak SN, Filatova OE, Khadartseva KA. Sistemnyy analiz i sintez vliyaniya dinamiki klima-toekologicheskikh faktorov na zaboлеваe-most' naseleniya severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(1):26-9. Russian.

11. Es'kov VM, Nazin AG, Rusak SN, Filatova OE, Khadartseva KA. Sistemnyy analiz i sintez vliyaniya dinamiki klima-toekologicheskikh faktorov na zaboлеваe-most'

naseleniya Severa RF. Vestnik no-vykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(1):29-32. Russian.

12. Es'kov VM, Filatova OE, Khadartsev AA, Es'kov VV, Filatova DYu. Neopredelennost' i neprognoziruemost'-bazovye svoystva sistem v biomeditsine. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;1:67-82. Russian.

13. Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Filatova OE. Fluktuatsii i evo-lyutsii biosistem – ikh bazovye svoystva i kharakteristiki pri opisaniy v ramkakh sinergeticheskoy paradigmy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;1:17-9. Russian.

14. Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Filatov MA. Complexity – osobyy tip biomeditsinskikh i sotsial'nykh sistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(1):17-22. Russian.

15. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatov MA. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Tom XI. Sistemnyy sintez parametrov funktsiy organizma zhi-teley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosamoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Samara: Ofort; 2014. Russian.

16. Kozlova VV, Klimov OV, Maystrenko EV, Umarov ED. Korrektirovka lechebnogo ili fizkul'turno-sportivnogo vozdeystviya na organizm cheloveka v fazo-vom prostranstve sostoyaniy s pomoshch'yu matrits rasstoyaniy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):333-4. Russian.

17. Eskov VM. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development, Emergence. Complexity and Self-organization. 2014;16(2):107-15.

18. Eskov VM, Eskov VV, Braginskii MYa, Pashnin AS. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort. Measurement Techniques. 2011;54(8): 832-7.

19. Eskov VM, Filatova OE. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition. Neurophysiology. 1993;25(6):420.

20. Eskov VM, Kulaev SV, Po-pov YuM, Filatova OE. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems. Measurement Techniques. 2006;49(1):59-65.